

WANDERSON MATEUS BISPO DA SILVA

POTENCIAL DE COMBINAÇÃO ENTRE LINHAGENS DE TOMATE SANTA CRUZ

(*Solanum lycopersicum* L.)

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 – MG

2024

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da
Universidade Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

S586p
2024
Silva, Wanderson Mateus Bispo da, 1993-
Potencial de combinação entre linhagens de tomate Santa Cruz
(*Solanum lycopersicum* L.) / Wanderson Mateus Bispo da Silva. -
Viçosa, MG, 2024.
1 dissertação eletrônica (73 f.): il. (algumas color.).

Inclui apêndices.

Orientador: Derly José Henriques da Silva.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Biologia Geral, 2024.

Referências bibliográficas: f. 64-69.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2024.467>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Tomate - Melhoramento genético. 2. Produtividade agrícola. 3.
Híbridos. I. Silva, Derly José Henriques da, 1961-. II. Universidade
Federal de Viçosa. Departamento de Biologia Geral. Programa de Pós-
Graduação em Genética e Melhoramento. III. Título.

CDD 22. ed. 631.52

Bibliotecário(a) responsável: Euzébio Luiz Pinto CRB-6/3317

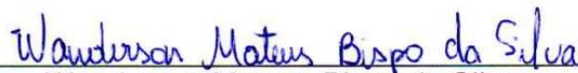
WANDERSON MATEUS BISPO DA SILVA

**POTENCIAL DE COMBINAÇÃO ENTRE LINHAGENS DE TOMATE SANTA CRUZ
(*Solanum lycopersicum* L.)**

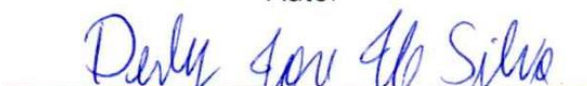
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de Magister *Scientiae*.

APROVADA: 11 de Março de 2024.

Assentimento:


Wanderson Mateus Bispo da Silva

Autor


Derly José Henriques da Silva

Orientador

Aos meus pais Sebastião Manoel Inácio da Silva e Rosa Bispo

(in memoriam)

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela benção da vida.

Agradeço a minha família pelo apoio e colaboração em toda minha trajetória acadêmica, em especial minha irmã Ana Cristina.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento pela oportunidade na realização deste curso de mestrado.

A todos os docentes do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento da UFV, pela colaboração na minha formação científica e profissional.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Derly José Henriques da Silva, pela orientação e apoio, sempre colaborando com suas experiências e conhecimento amplo.

Ao prof. Dr. Leonardo Lopes Bhering que prontamente aceitou ser meu coorientador e que agregou muito aprendizado na construção da pesquisa.

Aos colegas e amigos de laboratório de Manejo de Recursos Genéticos Vegetais, que direta ou indiretamente foram grandes parceiros de trabalho e colaboradores da pesquisa.

Aos colegas e amigos do Grupo de Estudos em Genética e Melhoramento (Genmelhor), ao qual faço parte.

Aos meus amigos pessoais que sempre foram grandes incentivadores na minha formação

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

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão da bolsa garantindo minha permanência durante esse período.

Aos membros da banca, pela disponibilidade e sugestões.

Enfim, a todos que de alguma maneira contribuíram para este trabalho e para minha formação pessoal e profissional, o meu muito obrigado.

RESUMO

Silva, Wanderson Mateus Bispo da, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2024. **Potencial de Combinação entre linhagens de tomate Santa Cruz (*Solanum lycopersicum* L.)**. Orientador: Derly José Henriques da Silva. Coorientador: Leonardo Lopes Bhering.

O tomate é uma hortaliça de grande relevância econômica global. Sua adaptação às condições edafoclimáticas permite o cultivo em diversas regiões. O tomate é usado tanto para consumo *in natura* quanto como matéria-prima na indústria. O Brasil se destaca como um dos maiores produtores mundiais da hortaliça. Nesse contexto, o melhoramento genético da cultura surgiu como uma alternativa para aumentar a produtividade, resistência a doenças e adaptabilidade, utilizando técnicas e aplicação genética para desenvolver novas cultivares de alta qualidade. O objetivo deste trabalho foi selecionar híbridos em F1 de tomate Santa Cruz com base em características previamente escolhidas. Essa seleção foi realizada por meio de análise dialélica, considerando as capacidades de combinação entre os progenitores, divididas em capacidade geral e específica de combinação. O trabalho foi conduzido na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão (UEPE – Horta Velha) em Viçosa-MG. Foram selecionadas 09 linhagens de tomate Santa Cruz, as quais foram divididas em dois grupos e submetidas ao dialelo 4 x 5. Durante o estágio de florescimento das plantas foram realizados cruzamentos controlados. As flores hermafroditas foram emasculadas para evitar autofecundação. O pólen de flores masculinas foi depositado nas flores emasculadas, resultando em frutos. Após a colheita dos frutos, as sementes foram obtidas por meio de maceração deles. Foram obtidos 20 híbridos originados das combinações. Posteriormente, esses híbridos foram transplantados em campo para avaliação. Os caracteres avaliados foram divididos em três grupos: arquitetura de planta, qualidade do fruto e características agrônômicas. Foram processadas análise de variância, análise dialélica, testes de médias Skott-Knott, Tukey, seleção dos melhores híbridos através do Índice Livre de Peso e Parâmetros, e análise das correlações genotípicas e fenotípicas. Houve efeitos estatisticamente significativos dos cruzamentos para quase todas as variáveis avaliadas. Com base nas capacidades geral e específica de combinação foram selecionadas as melhores combinações para cada caractere e, por meio delas, foram determinados os híbridos com melhor desempenho. Os caracteres de maior interesse foram produtividade estimada, número de frutos por planta, peso médio do fruto, Ph, Sólidos Solúveis Totais e Firmeza. Baseado na seleção unicaractere e por índice os melhores híbridos foram: H9, L5, H11, H19, H7 e H12. Os híbridos selecionados demonstram relevância biológica significativa. Isso se refletiu tanto na contribuição genotípica quanto na expressão de características fenotípicas relevantes para a produção comercial de tomate. Além disso, as linhagens genitoras, mesmo após passarem por seleções anteriores, ainda exibiram ampla variação genética.

Palavras-chave: Tomate; Melhoramento genético; Capacidade de combinação; Dialelo; Híbridos; Produtividade.

ABSTRACT

Silva, Wanderson Mateus Bispo da, M.Sc., Federal University of Viçosa, March 2024.
Combination Potential between Santa Cruz tomato lines (*Solanum lycopersicum* L.).
Advisor: Derly José Henriques da Silva. Co-supervisor: Leonardo Lopes Bhering

Tomato is a globally significant horticultural crop. Its adaptability to various edaphoclimatic conditions allows for cultivation in diverse regions. Tomatoes are used both for fresh consumption and as a raw material in the industry. Brazil stands out as one of the world's largest producers of this vegetable. In this context, genetic improvement of the crop emerged as an alternative to increase productivity, disease resistance, and adaptability, utilizing genetic techniques and applications to develop new high-quality cultivars. The objective of this study was to select F1 tomato hybrids from the Santa Cruz variety based on previously chosen characteristics. This selection was carried out through diallel analysis, considering the combining abilities between parents, divided into general and specific combining ability. The work was conducted at the Teaching, Research, and Extension Unit (UEPE - Horta Velha) in Viçosa-MG. Nine Santa Cruz tomato lines were selected, divided into two groups and subjected to a 4 x 5 diallel. Controlled crosses were performed during the plant flowering stage. Hermaphrodite flowers were emasculated to prevent self-fertilization. Pollen from male flowers was deposited on emasculated flowers, resulting in fruits. After fruit harvest, seeds were obtained through maceration. Twenty hybrids were obtained from the combinations. Subsequently, these hybrids were transplanted into the field for evaluation. The evaluated characters were divided into three groups: plant architecture, fruit quality, and agronomic characteristics. Analysis of variance, diallel analysis, Skott-Knott and Tukey mean tests, selection of the best hybrids through the Free Weight and Parameters Index, and analysis of genotypic and phenotypic correlations were processed. There were statistically significant effects of crosses for almost all variables evaluated. Based on the general and specific combining abilities, the best combinations for each character were selected, and through them, the hybrids with the best performance were determined. The most interesting characters were estimated productivity, number of fruits per plant, average fruit weight, pH, Total Soluble Solids, and firmness. Based on single-character selection and by index, the best hybrids were: H9, L5, H11, H19, H7, and H12. The selected hybrids demonstrate significant biological relevance. This was reflected both in the genotypic contribution and in the expression of phenotypic characteristics relevant to commercial tomato production. In addition, the parental lines, even after previous selections, still exhibited wide genetic variation..

Keywords: Tomato; Genetic improvement; Combination capacity; Diallel; Hybrids; Productivity.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Linhagens selecionadas com identificação de resistência das principais doenças. Resistentes (R); suscetível (S); heterozigoto (HT); desconhecido (?) do grupo Santa Cruz.	21
Tabela 1.2 - Análise de solo das camadas 0 - 20cm e 0 - 40cm da área experimental.	25
Tabela 1.3 - Quantidades de fertilizantes utilizados nas fertirrigação em kg.....	26
Tabela 2.1 - Resumo da análise de variância de dialelo parcial com as estimativas dos quadrados médios referentes à CGC E CEC da hibridação de linhagens do tomate Santa Cruz.....	35
Tabela 2.2 - Resumo da análise de variância de dialelo parcial com as estimativas dos quadrados médios referentes à CGC E CEC da hibridação de linhagens do tomate Santa Cruz.....	37
Tabela 2.2.1 - Resumo da análise de variância de dialelo parcial com as estimativas dos quadrados médios referentes à CGC E CEC da hibridação de linhagens do tomate Santa Cruz, parâmetros de cor.	38
Tabela 2.3 - Resumo da análise de variância de dialelo parcial com as estimativas dos quadrados médios referentes à CGC E CEC da hibridação de linhagens do tomate Santa Cruz para características agrônômicas.	40
Tabela 2.4 - Estimativas dos efeitos da CGC e CEC de cruzamentos em dialelo parcial com linhagens de tomate Santa Cruz, para o caráter Sólidos Solúveis Totais em °Brix.	41
Tabela 2.5 - Estimativas dos efeitos da CGC e CEC de cruzamentos em dialelo parcial com linhagens de tomate Santa Cruz, para o caráter potencial Hidrogeniônico (pH).	42
Tabela 2.6 - Estimativas dos efeitos da CGC e CEC de cruzamentos em dialelo parcial com linhagens de tomate Santa Cruz, para o caráter Firmeza (kgf/cm ²).	43
Tabela 2.7 - Estimativas dos efeitos da CGC e CEC de cruzamentos em dialelo parcial com linhagens de tomate Santa Cruz, para o caráter número de frutos por planta...	44

Tabela 2.8 - Estimativas dos efeitos da CGC e CEC de cruzamentos em dialelo parcial com linhagens de tomate Santa Cruz, para o caráter peso médio de fruto.	44
Tabela 2.9 - Estimativas dos efeitos da CGC e CEC de cruzamentos em dialelo parcial com linhagens de tomate Santa Cruz, para o caráter produtividade.	46
Tabela 2.10 - Análise de variância com estimativas dos quadrados médios relacionados aos caracteres de arquitetura da planta.	47
Tabela 2.11 - Análise de variância com estimativas dos quadrados médios relacionados aos caracteres de qualidade do fruto.	48
Tabela 2.12 - Análise de variância com estimativas dos quadrados médios relacionados a características agronômicas de produção.	49
Tabela 2.13 - Estimativa das médias dos principais caracteres desejáveis, avaliados em 20 híbridos de tomateiro, agrupadas utilizando o teste de Scott-Knott (5%).	52
Tabela 2.14 - Progênies selecionadas pelo Índice livre de pesos e parâmetros de Elston.	55
Tabela 2.17 - Características morfológicas do tomateiro.	61

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

UEPE = Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão
FV = fonte de variação
GL = graus de liberdade
CV = coeficiente de variação
Xo = média original de todos os híbridos
Xs = média dos indivíduos selecionados
h²% = herdabilidade
GS = Ganho de seleção
GS % = Porcentagem de ganho de seleção
PCD = número de folhas para primeira inflorescência
CF = comprimento de folha (cm)
LF = largura de folha (cm)
DE = diâmetro do entrenó (cm)
CE = comprimento do entrenó (cm)
DEF = diâmetro equatorial do fruto (mm)
DPF = diâmetro polar do fruto (mm)
DEF/DPF = razão entre o diâmetro equatorial e polar
FMZ = firmeza (kgf/cm²)
COL-L = luminosidade
COL-A = eixo verde/vermelho
COL-B = eixo amarelo/azul
COL-C = valor de saturação (croma)
COL-H = ângulo de tonalidade
pH = potencial Hidrogeniônico
ATT = acidez titulável (%)
SST = sólidos solúveis totais (°Brix)
STT/ATT = grau de maturação dos frutos (ratio)
VSC = Viscosidade (mm 10s⁻¹)
FPP = frutos por planta
FPPT = frutos por parcela totais
PPP = Produção por planta (kg)
PMF = peso médio de fruto (g)
FPC = frutos por cacho
PPC = produção por cacho
AT = altura de planta (cm)
NL = número de lóculos
PTPP = produção total por parcela (kg)
PDT = produtividade estimada (t/ha)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	13
2.1. Origem e domesticação do tomate	13
2.2. Aspectos botânicos	14
2.2.1. Taxonomia.....	14
2.2.2. Morfologia.....	15
2.3. Tomate Santa Cruz	17
2.4 <i>Análise Dialélica</i>	19
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1. Obtenção de sementes híbridas	20
3.2. Plantio e condução do experimento.....	25
3.3. Análises dos genótipos	28
3.3.1. Precocidade	29
3.3.2. Características morfológicas.....	29
3.3.3. Qualidade dos frutos	29
3.3.4. Produção, produtividade e peso de frutos	30
3.4. Seleção dos melhores genótipos.....	31
3.5. Análise dos dados	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1. Análise Dialélica	33
4.2. Análise de desempenho dos híbridos.....	46
4.3. Seleção baseada no Índice livre de pesos e parâmetros.....	53
4.4. Análise de correlações genotípicas e fenotípicas.....	57
4.5. Características morfológicas dos genitores e híbridos	62
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
6. REFERÊNCIAS.....	64
APÊNDICES.....	70

1. INTRODUÇÃO

O Tomate é uma das hortaliças de maior importância econômica para o Brasil, pertencendo à família das solanáceas. A cultura possui ciclo relativamente curto até atingir seu grau de maturação (BORGES, 2018). Além disso, as condições edafoclimáticas de adaptação que a cultura possui permitem que possa ser cultivado em ambientes variados em todas as regiões do país (GOMES et al., 2022). Sua produção é direcionada para dois setores distintos: o consumo *in natura* que possibilita sua fácil incorporação em diversos pratos e a indústria, onde ele serve de matéria-prima para processamento (FURQUIM; NASCIMENTO, 2021).

O tomate também é rico em nutrientes, tais como a vitamina C, que fortalece o sistema imunológico; o potássio que contribui para o controle da pressão arterial; e o licopeno atuando como antioxidante e protegendo as células contra os danos causados pelos radicais livres (BECKER et al., 2016). Esses nutrientes atuam em conjunto, promovendo o transporte adequado de oxigênio pelo sangue, o que é essencial para a saúde cardíaca (COSTA; VENTURA 2010). Os tomatocultores buscam características que garantam aceitação comercial do fruto, como a ausência de deformações, firmeza, coloração uniforme, alta produtividade, boas condições de adaptação, resistência a pragas e doenças, além de custo de produção reduzido (PEIXOTO et al., 2017; TAKAHASHI et al., 2018;).

A cultura do tomate desempenha papel crucial tanto para a segurança alimentar global quanto para a economia agrícola. No que diz respeito à produção, o Brasil se destaca como um dos maiores produtores mundiais dessa hortaliça. Em 2022, foram produzidas 3.8 milhões de toneladas em uma área de aproximadamente 54 mil hectares, com rendimento médio de 70 kg por hectare. No cenário internacional, a liderança na produção é mantida por países com alto desenvolvimento econômico e tecnológico, liderado por Estados Unidos, Índia e China como os principais produtores. Além disso, a produção de tomate desempenha um papel fundamental na geração de milhares de empregos diretos e indiretos. Agricultores, trabalhadores rurais, indústrias de processamento, setor de transporte, comércio e serviços são beneficiados, contribuindo significativamente para a dinâmica econômica do setor (IBGE, 2023).

Com objetivo de aumentar a produtividade de tomate e incorporar maior número de genes de resistência contra pragas e doenças, as técnicas de melhoramento

genético têm sido aprimoradas para possibilitar a produção de novas variedades (RONGA et al., 2015). O melhoramento genético também busca aprimorar os ciclos de cultivo e a adaptabilidade dos tomateiros a fatores bióticos e abióticos, sempre prevendo a qualidade dos frutos (COLOMBO; GALMARINI, 2017). O sequenciamento do genoma do tomate revolucionou a pesquisa nessa cultura, permitindo identificar os genes responsáveis por características agrônômicas de grande importância, como o tamanho do fruto, o teor de sólidos solúveis e a resistência a doenças (PADILHA, 2019). Essa nova compreensão genética possibilita o desenvolvimento de cultivares mais adaptadas às demandas do mercado e aos desafios impostos pelas mudanças climáticas. A etapa de avaliação e seleção de genitores é possivelmente a mais importante em um programa de melhoramento, uma vez que a escolha de genitores com características superiores pode mitigar as vulnerabilidades às quais a cultura está susceptível. Dessa forma, realizar a seleção de genitores que transmitam maior número de genes de resistência é essencial para o sucesso de um programa de melhoramento, especialmente ao considerar a vulnerabilidade do tomate à incidência de patógenos. Além disso, um genitor eficaz fornecerá características que possibilitam que a progênie tenha um desempenho agrônômico satisfatório, atendendo às necessidades comerciais. Entre as características indispensáveis no melhoramento do tomate, a aparência dos frutos destaca-se como uma das mais importantes, pois influencia diretamente na escolha do consumidor final que consome o produto *in natura* (OLIVEIRA et al., 2021). Essa atenção à qualidade estética dos frutos é crucial para garantir a aceitação no mercado e satisfazer as demandas dos consumidores.

O mercado de sementes de tomate é predominantemente abastecido por híbridos F1, uma vez que esses oferecem vantagens como alta produtividade característica que atrai produtores que visam otimizar a produção. (CARVALHO et al., 2014). Estudos mostram que o melhoramento genético do tomateiro tem alcançado resultados expressivos, destacando a importância da pesquisa no desenvolvimento de cultivares. Nesse sentido, aprimorar as técnicas de hibridação representa uma etapa crucial no processo de desenvolvimento de novas variedades de tomate. Para isso, contar com uma seleção criteriosa de progenitores é extremamente importante.

A hibridação se mostra essencial para mitigar as perdas significativas na produção de tomate causadas por doenças e pragas. Essa técnica permite a introdução de genes de resistência, além de possibilitar o desenvolvimento de

cultivares com frutos maiores, mais saborosos e com maior teor de nutrientes, atendendo às demandas do mercado e dos consumidores.

Uma hibridação controlada nas linhagens de tomate, incorporando genes de resistência contra pragas e doenças, juntamente com a seleção criteriosa de características de interesse, resultará em genótipos superiores, proporcionando maior produtividade, qualidade do fruto e resistência aos estresses bióticos e abióticos. A diversidade genética gerada por meio da hibridação serve como uma base sólida para o desenvolvimento de cultivares mais adaptadas, capazes de enfrentar os desafios crescentes na agricultura moderna. A hibridação em F₁ favorece o desenvolvimento de frutos ricos em nutrientes, contribuindo para o aumento na produtividade com elevação na qualidade dos frutos.

O presente trabalho teve como objetivo selecionar híbridos F₁ de tomate Santa Cruz que apresentem melhor desempenho com base nas características selecionadas previamente, estimadas por meio de análise dialélica proveniente de cruzamentos controlados, as capacidades de combinação entre os progenitores, que é dividida entre capacidade geral e específica de combinação.

2. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

2.1. Origem e domesticação do tomate

Diversos estudos têm buscado definir a verdadeira origem do tomateiro, e a teoria mais aceita é que sua localização primária seja na área que abrange países da América do Sul e Central, como Chile, Colômbia, Bolívia Peru e Equador, além da região da Cordilheira dos Andes (PERALTA et al., 2008; BOTA et al., 2014). Após o surgimento de variedades silvestres, o tomate disseminou-se para o México, onde começou a ser utilizado na alimentação pelo povo asteca. A colonização das Américas pelos europeus levou-o para diversas outras nações (SALIM et al., 2020). Atualmente, é uma das espécies mais difundidas no globo e é utilizado de diversas formas na alimentação, tanto para consumo natural quanto para a produção industrial (MAGGIO, 2018).

A origem da palavra "tomate" é asteca, sendo que a pronúncia era "tomatl", que significa "fruta que incha". Após a difusão do tomate em outras culturas, a palavra foi adotada em diversas línguas, como no português por volta do século XVI, no inglês

"tomato", no italiano "pomodoro" e no francês "tomate" (GUALAZZI, 1997). Não há registros de uma data específica para a sua domesticação, mas estima-se que tenha ocorrido por volta de 500 aC pelos astecas (PAZINATO; GALHARDO, 1997). Evidências arqueológicas indicam que, no período pré-hispânico, o tomate já era cultivado e utilizado na alimentação, sugerindo que os povos mesoamericanos da época já o cultivavam antes da chegada dos espanhóis à região (SAAVEDRA; FIGUEROA; CAUIH, 2016).

Historicamente, os espanhóis ou os italianos foram considerados os principais disseminadores do tomate, levando variedades silvestres para a Europa. Os frutos despertaram curiosidade pela cor e consistência da polpa (PERALTA; SPOONER, 2007). O primeiro registro fora do continente americano data de 1544, na Itália, onde inicialmente o cultivo não tinha fins alimentícios, pois o tomate era considerado venenoso, mas sim para fins ornamentais (CORRADO et al., 2014). As espécies iniciais coletadas pelos espanhóis eram a *Solanum pimpinellifolium* e a *S. lycopersicum* var. cerasiforme, ambas silvestres em processo de domesticação, encontradas no norte do Peru e Equador, e no México, respectivamente (BAUCHET; CAUSSE, 2012; BLANCA et al., 2012).

Com o processo de domesticação na América do Sul e Central, o tomateiro desenvolveu-se rapidamente e tornou-se amplamente conhecido (EGEA et al., 2022). Posteriormente, com sua introdução na Europa, o desenvolvimento da cultura ocorreu de forma acelerada, e em pouco tempo o tomate já era cultivado em diversos países. O uso alimentar do fruto ocorreu após o processo de domesticação, com uma forte relação comercial entre Itália e Espanha, permitindo a seleção das melhores variedades e enriquecendo a culinária local (GARCÍA-MARTÍNEZ et al., 2013). A partir do século XX, o tomate alcançou status de uma das principais hortaliças cultivadas globalmente. Devido aos esforços de estudiosos e agricultores, novas cultivares permitiram ganhos significativos em suas características morfológicas.

2.2. Aspectos botânicos

2.2.1. Taxonomia

Pertencente ao gênero *Solanun*, o tomate é uma planta dicotiledônea, integrando a família das Solanáceas (FILGUEIRA, 2003). Carl Von Linnaeus, em

1753, foi um dos primeiros estudiosos a classificar o tomateiro no gênero *Solanum*. No entanto, em 1768, o pesquisador e botânico Philip Miller propôs que o tomate formasse seu próprio gênero devido à taxonomia peculiar apresentada. O novo gênero seria *Lycopersicon*, resultando em uma alteração na nomenclatura original para *Lycopersicon esculentum*. (SPOONER et al., 2005). No entanto, estudos subsequentes baseados nas características genéticas do tomate indicaram que ele se aproxima mais de espécies do gênero *Solanum*. Assim, o tomateiro passou por uma nova classificação, recebendo o nome atual de *S. lycopersicum* L. (PERALTA; KNAPP; SPOONER, 2006)

A espécie *Solanum lycopersicum* L. tem ciclo de crescimento perene, mas que pode se comportar como planta anual. O tomate é diploide com 24 cromossomos em suas células somáticas ($2n=2x=24$). Por ser uma planta diploide, a identificação de genes de interesse para o melhoramento da cultura é facilitada, e o acesso a uma gama de espécies torna possível que o processo de seleção seja preciso e eficiente (MELO, 2017). Entretanto, apesar de existirem muitas variedades silvestres, o percentual explorado delas para o desenvolvimento de novas cultivares é relativamente baixo, diminuindo, assim, a diversidade genética da cultura.

2.2.2. Morfologia

A planta do tomateiro é uma espécie herbácea, caracterizada por caule inicialmente flexível na fase juvenil, que, ao amadurecer, adquire textura fibrosa (MELO, 2017). Há variedades com crescimento indeterminado e determinado que podem ser cultivadas normalmente, sendo comumente utilizadas em plantios rasteiros (MARCIEL et al., 2016). Os melhoristas buscam valorizar comercialmente a cultura, aumentando a qualidade do produto final e considerando formas de condicionar a relação custo-benefício, tornando o cultivo menos oneroso para os produtores (SEABRA JUNIOR et al., 2022).

A arquitetura da planta é importante para o tipo de cultivo, ou seja, a destinação final do produto pode determinar que tipo de hábito de crescimento deverá ser selecionado no cultivo do tomateiro. As plantas de crescimento indeterminado são tutoradas periodicamente e sofrem constante processo de poda. Geralmente, o caule pode atingir 2,5 metros de altura, mas se as plantas não forem podadas, o crescimento pode ocorrer indefinidamente (BECKER et al., 2016). Os tomateiros de crescimento

indeterminado são indicados para o consumo *in natura*, pois produzem frutos de maior qualidade comercial, geralmente com maior tamanho, formato uniforme e cor vibrante, características que despertam o interesse dos consumidores (KINGSLEY, 2015).

Já os tomateiros de crescimento determinado têm outras características relacionadas ao formato do fruto, pois essas plantas normalmente são cultivadas para produção industrial. A característica principal dessas plantas é que são de porte baixo, adaptadas para o cultivo rasteiro (PÁDUA et al., 2010). Os tomateiros de crescimento determinado também são alvos de programas de melhoramento, pois as indústrias buscam elevar a produtividade e alcançar características que facilitem o processamento do fruto (FURQUIM et al., 2020).

A planta possui flores do tipo hermafrodita, ou seja, com estruturas reprodutoras de ambos os sexos: pistilo (contendo os óvulos) e o estame (contendo o pólen). As sépalas são verdes, e as pétalas são amarelas (GAGLIANONE et al., 2015). As anteras da flor se fundem originando uma estrutura cônica que envolve o estigma da flor. As flores tendem a apresentar inflorescências racemosas agrupadas devido à variabilidade numérica que possuem (DUSI et al., 2003). Quanto aos frutos, são descritos como do tipo baga, carnosos, com as sementes compartimentadas por lóculos. A massa fresca é suculenta, e ao chegar na maturidade, a cor é vermelha ou alaranjada. O tamanho e formato do fruto dependem principalmente do tipo de cultivar (FILGUEIRA, 2003). A quantidade de lóculos encontradas em cada cultivar determina se o tomate será classificado como bilocular, trilocular ou plurilocular, e as sementes encontradas em seu interior são pilosas, envoltas em uma mucilagem (SHIRAHIGE et al., 2009).

As características ambientais podem dificultar o desenvolvimento do tomateiro, incluindo luminosidade, temperatura, umidade relativa e carência de nutrientes no solo (PEIXOTO et al., 2017). A parte mais afetada da planta geralmente é a parte aérea, e a alta incidência de luminosidade pode causar efeitos negativos, como queimaduras nas folhas, danificando as células e resultando em manchas e necrose (CARMO; CALIMAN, 2010). O excesso de luminosidade pode acelerar a transpiração da planta, aumentando a perda de água e causando estresse hídrico se a planta não conseguir absorver água suficiente para compensar essa perda (CORRÊA et al., 2012). O excesso de luminosidade também pode afetar a eficiência da fotossíntese devido ao ponto de saturação que toda planta tem em relação à luz.

A temperatura é um fator importante no cultivo do tomateiro, sendo indicado para climas amenos, com temperaturas entre 18 e 25 °C durante o dia e 13 e 24 °C durante a noite (FERREIRA et al., 2010). O tomateiro é adaptado a climas tropicais e subtropicais, e temperaturas fora dessa faixa podem causar danos nas estruturas celulares da planta, inibindo processos metabólicos essenciais para o crescimento dos frutos. Durante a floração, a planta não requer condições especiais, ocorrendo em qualquer condição que permita o crescimento da cultura (DIACONO et al., 2018).

No entanto, durante a fase de germinação e pegamento do fruto, a exposição a temperaturas inferiores a 10 °C pode comprometer o desenvolvimento da planta. Baixas temperaturas podem levar ao encurtamento forçado dos entrenós, diminuição na altura da planta e, em casos extremos, inibição da formação dos frutos, resultando em um início tardio da colheita (KUTZ, 2018). Temperaturas acima de 28 °C podem diminuir a qualidade dos frutos desenvolvidos, afetando a firmeza e a cor devido à inibição da síntese de licopeno. Durante a noite, temperaturas superiores a 32 °C podem levar ao abortamento das flores, reduzindo a produção de pólen e retardando o desenvolvimento do fruto (MELO; LOPES; GIORDANO, 2005).

2.3. Tomate Santa Cruz

O grupo Santa Cruz foi obtido inicialmente por agricultores, sem a intervenção de trabalhos específicos de melhoramento genético. A teoria mais aceita sobre o surgimento do cultivar supõe que ele foi devido ao cruzamento natural de duas variedades conhecidas, o tomate Rei Humberto e Redondo Japonês ou Chacareiro (NAGAI, 1993). A variedade Santa Cruz teve sua origem no município de Suzano, em São Paulo, por volta dos anos 1930. O nome “Santa Cruz” foi atribuído ao cultivar porque se desenvolveu e tornou-se conhecido no município de Santa Cruz, no Rio de Janeiro (NAGAI, 1993). Foi lá que os trabalhos de melhoramento foram continuados, com o objetivo de fornecer hortaliças para o mercado local e da capital. Assim, o tomate Santa Cruz ganhou destaque no mercado, saindo de uma produção localizada para se destacar em todo o estado do Rio de Janeiro (NAGAI, 1993).

Por volta de 1945, as cultivares mais conhecidas no município de São Paulo eram Rei Humberto e o Redondo Japonês. No entanto, com a chegada do tomate Santa Cruz essas variedades foram gradualmente perdendo espaço comercial,

enquanto o segmento Santa Cruz se tornava o principal (NAGAI, 1993). Os frutos do Santa Cruz inicialmente apresentavam características distintas das cultivares genitoras. Enquanto as variedades "Rei Humberto" e "Redondo Japonês" não tinham frutos de tamanho expressivo ou formato circular, o Santa Cruz concentrava essas características. Além disso, o Santa Cruz era mais firme que as demais cultivares, geralmente apresentando diâmetros de 60 mm longitudinalmente e 50 mm transversalmente, com massa média entre 60 e 70 g, e a sua porção interna era completamente preenchida. (NAGAI, 1993; DELLA VECCHIA; KOCH, 2000).

De acordo com Dias (1960) o Santa Cruz era o resultado de uma combinação de linhagens puras, onde pequenas diferenças entre elas se evidenciaram nos atributos dos frutos da suposta progênie, originando um tipo varietal de qualidade superior. As características que tornaram o Santa Cruz a variedade mais aceita no mercado incluíam o tamanho superior dos frutos em comparação com outras variedades de mesa. A planta era considerada de grande porte, produzindo entre 10 e 12 cachos, com média de 5 a 6 frutos por cacho, e a produção de sementes era em média 100 sementes por fruto (NAGAI, 1993). A maior vantagem do Santa Cruz em relação aos demais era a resistência pós-colheita, permitindo o transporte por períodos mais longos e a locais mais distantes sem danos aos frutos (MARQUES, 2018). Para garantir a qualidade pós-colheita, os frutos precisavam ser colhidos antes de atingir o grau máximo de amadurecimento, geralmente na fase intermediária de mudança de coloração (PEDROSA et al., 2011).

Os trabalhos de melhoramento realizados com o Santa Cruz foram essenciais para o desenvolvimento da cultura, resultando em significativo ganho de massa média do fruto, além de outras características superiores. O Santa Cruz dominou o mercado por muitos anos, mas, a partir do final dos anos 1990, começou a perder espaço para novos tipos varietais, como os híbridos Santa Clara, que conseguiram triplicar o valor da massa média do fruto (SHIRAHIGE, 2009).

O Santa Cruz é descrito como um fruto de formato oblongo-alongado, ligeiramente achatado na região apical. A sua polpa é considerada firme e é caracterizada por um pH entre 4,0 e 4,9, o que faz dela um alimento levemente ácido. A acidez contribui para o seu sabor característico e também tem implicações para a conservação e processamento do tomate. Portanto, o controle do pH é um aspecto importante na produção de tomate, especialmente para fins industriais (MELO, 2017). O teor de Brix varia entre 4,5 e 5,5, tornando-o ideal para consumo in natura e

processamento. Essa combinação de características físicas e químicas contribui para maior qualidade do Santa Cruz, apreciado por consumidores, e o que lhe garante valorização no mercado (LIBÂNIO, 2010).

2.4 Análise Dialélica

Os estudos dialélicos são amplamente utilizados por melhoristas devido à sua precisão como ferramenta para analisar o potencial de combinação entre progenitores. Através dessas avaliações, é possível prever quais híbridos se mostram promissores. Um dialelo pode ser definido como um delineamento genético no qual o principal objetivo é investigar os índices de herança e, assim, analisar as prováveis influências genéticas, com o propósito de selecionar o método de melhoramento mais adequado ao experimento (GARDNER; EBERHART, 1966).

Para obter os melhores genótipos em populações de melhoramento, a estratégia de seleção por meio da hibridação é uma opção eficaz, permitindo cruzamentos entre os genitores que possuem um maior número de características desejadas. Em populações de melhoramento, é essencial determinar as melhores combinações entre os genitores, pois é por meio delas que os híbridos mais promissores são selecionados. Nesse contexto, uma ferramenta prática e eficiente é a análise dialélica que possibilitará a melhor tomada de decisão (CRUZ et al., 2012).

Os programas de melhoramento genético têm um objetivo geral: proporcionar à cultura estudada os meios para que seu desenvolvimento ocorra em grau máximo. Para o desenvolvimento de uma cultura pelos melhoristas, os métodos empregados podem diferir de acordo com os objetivos específicos de cada programa. Nas análises dialélicas baseadas nos modelos de Griffing e Gardner & Eberhart, o objetivo principal não se resume a identificar o melhor híbrido; geralmente, busca-se constatar qual combinação de genitores garante o maior ganho de características por meio do incremento de alelos favoráveis (GRIFFING, 1956; GARDNER; EBERHART, 1966).

Os genitores são analisados com base na capacidade de combinação, que determina a melhor combinação para formar uma população inicial. Essa análise é dividida em capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC). A CGC indica o quão bom um indivíduo é em passar suas características para a próxima geração, em geral. Já a CEC mostra como dois

indivíduos específicos se combinam, podendo gerar resultados surpreendentes ou não, dependendo da interação entre seus genes. (CRUZ et al., 2012). Ao avaliar a CEC, os melhoristas podem direcionar seus esforços para os cruzamentos mais promissores, otimizando o uso de recursos. (CRUZ et al., 2012).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Obtenção de sementes híbridas

O estudo foi conduzido na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão (UEPE – Horta Velha) (20°45'14" S de latitude e 42°52'53" O de longitude), da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG. Em estudos anteriores, 200 linhagens F₈ foram obtidas a partir do cruzamento entre os híbridos comerciais Santyno (Agristar), do grupo Salada, e Mascot F1 (Agristar), do grupo cereja. As linhagens foram submetidas à genotipagem por marcadores moleculares para identificar a presença ou ausência de alelos de resistência aos seguintes patógenos:

- Nematóide-das-galhas, *Meloidogyne* incógnita;
- *Fusarium oxysporum*, raças 1, 2 e 3;
- *Verticillium albo-atrum*;
- Vírus do enrolamento amarelo da folha do tomateiro, Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV), raças 1 e 2;
- Vírus do mosaico manchado do tomateiro, Tomato Spotted Wilt Virus (TSWV), sorotipos Sw-7 e Sw-5;
- Vírus do mosaico do tomateiro, Tomato Mosaic Virus (ToMV), sorotipos Tm2 e Tm2a.

Por meio da análise dos dados obtidos após genotipagem foram selecionadas nove linhagens do grupo Santa Cruz para comporem um dialelo parcial na proporção 4 × 5, divididas entre genitores 1 (doadores) e 2 (receptores). Com base nas combinações realizadas, espera-se obter o maior número de genes de resistência e as melhores características produtivas. O estudo foi desenvolvido em casa de vegetação. Logo abaixo, pode ser observado os genes de resistência de cada linhagem (Tabela 1), e no esquema é indicado as combinações geradas (Esquema 1).

Tabela 1 - Linhagens selecionadas com identificação de resistência das principais doenças. Resistentes (R); suscetível (S); heterozigoto (HT); desconhecido (?) do grupo Santa Cruz.

Linhagens	Nematode, Meloidogyne incognita (Mi23) - SNP09M3R	Fusarium oxysporum (I3) - SNP10B	Fusarium oxysporum (I2) - SNP13Q	Verticillium albo-atrum (Ve) - SNP16F	(TYLCV) (Ty-1) - SNP02	(TYLCV) (Ty-2) - SNP6702	Wilt Virus (Sw-7) - SNP150	Wilt Virus (Sw-5) - SNP25H	Fusarium Crown & Root Rot {FCCR(Frl)} -SNP38D	Mosaic Virus (ToMV) (Tm2) - SNP176F	Mosaic Virus (ToMV) (Tm2a) - SNP14G	
Grupo 1	125	S	R	R	S	R	S	S	S	S	S	S
	157	S	S	R	R	R	HT	S	R	R	R	R
	272	?	S	R	S	S	HT	R	S	R	R	R
	314	S	S	R	S	R	S	R	S	S	S	S
Grupo 2	60	R	S	R	R	S	HT	S	R	S	S	S
	219	R	S	R	R	S	S	S	S	S	S	S
	234	S	S	R	R	S	S	R	R	S	S	S
	293	S	S	R	S	R	HT	S	HT	R	R	R
	401	S	R	R	S	R	?	S	R	S	S	S

Fonte: Dados do autor (2024).

Esquema 1 - Esquema de combinações entre grupos 1 e 2 para formação de híbridos.

	Grupo 1				
	(1) - 125	(2) - 157	(3) - 272	(4) - 314	
Grupo 2	(1) - 60	125 x 60 = H1	157 x 60 = H5	272 x 60 = H9	314 x 60 = H13
	(2) - 219	125 x 219 = H2	157 x 219 = H6	272 x 219 = H10	314 x 219 = H14
	(3) - 234	125 x 234 = H3	157 x 234 = H7	272 x 234 = H11	314 x 234 = H15
	(4) - 293	125 x 293 = H4	157 x 293 = H8	272 x 293 = H12	314 x 293 = H16
	(5) - 401	125 x 401 = H17	157 x 401 = H18	272 x 401 = H19	314 x 401 = H20

Fonte: Dados do autor (2024).

Quadro 1 - Híbridos com identificação de resistência às principais doenças. Resistentes (R); suscetível (S); heterozigoto (HT); desconhecido (?) do grupo Santa Cruz.

HIB	Nematode, Meloidogyne incognita (Mi23) - SNP09M3R	Fusarium oxysporum (I3) - SNP10B	Fusarium oxysporum (I2) - SNP13Q	Verticillium albo-atrum (Ve) - SNP16F	(TYLCV) (Ty-1) - SNP02	(TYLCV) (Ty-2) - SNP6702	Wilt Virus (Sw-7) - SNP150	Wilt Virus (Sw-5) - SNP25H	Fusarium Crown & Root Rot {FCCR(FrI)} - SNP38D	Mosaic Virus (ToMV) (Tm2) - SNP176F	Mosaic Virus (ToMV) (Tm2a) - SNP14G
H1	HT	HT	R	HT	S	50%HT/50%S	S	HT	S	S	S
H3	S	HT	R	HT	HT	S	HT	HT	S	S	S
H4	S	HT	R	S	S	50%HT/50%S	S	50%HT/50%S	HT	HT	HT
H6	HT	S	R	R	HT	50%HT/50%S	S	HT	HT	HT	HT
H7	S	S	R	R	HT	50%HT/50%S	HT	R	HT	HT	HT
H9	50%R/50%?	S	R	HT	S	TH	HT	HT	HT	HT	HT
H10	50%R/50%?	S	R	HT	S	50%HT/50%S	HT	S	HT	HT	HT
H11	50%?/50%S	S	R	HT	S	50%HT/50%S	R	HT	HT	HT	HT
H12	50%?/50%S	S	R	S	HT	HT	HT	50%HT/50%S	R	R	R
H13	HT	S	R	HT	HT	50%HT/50%S	HT	HT	S	S	S
H14	HT	S	R	HT	HT	S	HT	S	S	S	S
H16	S	S	R	S	R	50%HT/50%S	HT	50%HT/50%S	HT	HT	HT
H18	S	HT	R	HT	R	50%HT/50%?	S	R	HT	HT	HT
H19	50%?/50%S	HT	R	S	HT	50%HT/50%?	HT	HT	HT	HT	HT
H20	S	HT	R	S	R	50%?/50%S	HT	HT	S	S	S

Após a seleção das linhagens realizou-se a hibridação para obtenção da geração F1. O processo de hibridação ocorreu em viveiro, onde foram plantadas cinco mudas de cada uma das linhagens previamente selecionadas. Utilizaram-se bandejas de poliestireno com 128 células contendo substrato para hortaliças. Após 30 dias da sementeira, as plantas foram transferidas para vasos de 10 litros contendo calcário, esterco e terra. O Esquema 1 mostra as combinações entre os genitores dos grupos 1 e 2, onde cada genitor do grupo 1 foi cruzado com todos os genitores do grupo 2.

Os vasos foram organizados em três linhas, cada uma com três parcelas, contendo cinco plantas por parcela, respeitando o espaçamento de 1,0 x 0,5 m. As plantas foram irrigadas periodicamente, conduzidas com uma haste e tutoradas com fitilho para sustentação. Foi realizada a retirada das brotações laterais semanalmente, e a fertirrigação ocorreu a cada 15 dias (FILGUEIRA, 2008).

Os trabalhos de hibridação foram iniciados durante o estágio de florescimento das plantas. Como as flores do tomateiro são hermafroditas foi crucial realizar um trabalho completo de remoção de flores adjacentes nas plantas genitoras femininas que não receberam pólen, a fim de evitar o risco de autofecundação. Para os cruzamentos, utilizou-se o método proposto por Chetelat e Peacock (2013), escolhendo flores que estavam a três dias antes da antese, priorizando aquelas nas fases um e dois, indicadas por pétalas começando a amarelar.

A emasculação foi realizada com o auxílio de uma pinça, removendo as pétalas da genitora feminina para evitar danos às partes essenciais. O pólen foi obtido de uma flor madura do genitor masculino, sendo imediatamente depositado nos estigmas das flores emasculadas. Posteriormente, as flores não emasculadas foram removidas, deixando de 25 a 50 frutos por planta. As flores emasculadas e fertilizadas foram identificadas com fios coloridos, atribuindo a cada genitor masculino uma cor para facilitar a identificação dos cruzamentos bem-sucedidos.

Após a conclusão de todos os cruzamentos, foi realizado um trabalho contínuo de manutenção do ambiente para garantir o pleno desenvolvimento dos frutos. A coleta dos frutos ocorreu quando atingiram o estágio de maturação fisiológica, evidenciado pela coloração vermelha, indicando que estavam maduros. Essas coletas eram realizadas semanalmente, com a identificação dos genitores.

A obtenção de sementes foi realizada por meio do processo de maceração dos frutos. Após a coleta, os frutos foram reservados em potes ou baldes, macerados e deixados para fermentar por 48 horas para remover a mucilagem das sementes, em

condições de temperatura ambiente. Após esse período, o material foi levado para pias com água corrente. Utilizando duas peneiras, uma com furos maiores e outra com furos menores, o material foi lavado para a retirada das sementes. Na figura 1 todas as etapas podem ser observadas.

Figura 1 - Condução de experimento na UEPE – Horta Velha. A – semeadura, B – crescimento de plântulas, C - transplântio, D – tutoramento, E – cruzamentos, F – pegamento de cruzamentos, G – coleta de híbridos, H – fermentação dos frutos, I – sementes.



As sementes foram, em seguida, transferidas para sacos de pano e caixas metálicas para secagem em uma centrífuga. Após o período na centrífuga, as sementes foram retiradas e armazenadas em envelopes devidamente identificados, para posterior armazenamento em câmara fria no Banco de Germoplasma.

3.2. Plantio e condução do experimento

Na condução do experimento, os híbridos resultantes dos cruzamentos foram levados a campo para análise de desempenho agrônomico. Inicialmente, uma área de 326,4 m² foi selecionada para o plantio da cultura, seguindo-se os passos:

- i. **Demarcação da área:** A área foi delimitada com estacas e mourões para facilitar o controle das operações de preparo e a demarcação das linhas de plantio;
- ii. **Aração:** O solo foi revolvido com um arado, promovendo a incorporação de resíduos orgânicos e facilitando a penetração de água e raízes;
- iii. **Gradagem:** O nivelamento do solo foi realizado com uma grade, que também auxiliou na quebra de torrões maiores e na eliminação de plantas daninhas;
- iv. **Correção da acidez:** Aplicação de calcário para corrigir a acidez do solo, aumentando seu pH;
- v. **Adubação:** Com base nas análises de solo (Tabela 1.2), realizou-se a adubação para fornecer nutrientes essenciais ao crescimento e desenvolvimento das plantas.

A área do experimento foi 326,4 metros quadrados com 19,2 metros de largura por 17 metros de comprimento, que foi submetida a análise de solo. Amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0 a 20 cm e de 0 a 40 cm para análise dos nutrientes presentes. Os resultados da análise estão apresentados abaixo (Tabela 1.2).

Tabela 1.2 - Análise de solo das camadas 0 - 20cm e 0 - 40cm da área experimental.

Camada	pH (H ₂ O)	P (mg/dm ³)	K (mg/dm ³)	Ca ²⁺ (cmlc/dm ³)	Mg ²⁺ (cmlc/dm ³)	A1 ³⁺ (cmlc/dm ³)	H + A1 (cmlc/dm ³)
0-20cm	5,4	55,3	98	2,36	0,40	0,1	3,30
0-40cm	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)
0-20cm	3,01	3,11	6,31	47,7	3,2	2,7	0,02
0-40cm	2,88	2,88	5,19	55,5	0,0	2,3	0,02

Para garantir o desenvolvimento adequado das mudas, a acidez do solo da área experimental foi corrigida com a aplicação de calcário (PRNT = 82,67%) a lanço, em área total, e incorporado na camada de 0 a 30 cm, 34 dias antes do plantio. O método de Alvarenga (2013) foi utilizado para determinar a necessidade de calagem (NC) na área experimental. A fórmula $NC = [T(V2 - V1)]/100$, com $T = 6,31$, $V1 = 47,7$ e $V2 = 75\%$, resultou em uma NC de 1,722 t/ha. Essa quantidade de calcário foi aplicada para corrigir a acidez do solo e otimizar o crescimento das plantas. A fórmula de Ribeiro (1999) foi utilizada para determinar a quantidade de calcário (QC) necessária para corrigir a acidez do solo na área experimental. A fórmula $QC = NC \times \frac{SC}{100} \times \frac{PF}{20} \times \frac{100}{PRNT}$, com $NC = 1,722$ t/ha, $SC = 3,264\%$, $PF = 30$ cm e $PRNT = 82,67\%$, resultou em uma QC de 101,98 kg. Essa quantidade de calcário foi aplicada para garantir o desenvolvimento adequado das mudas

A quantidade de fertilizantes utilizada na adubação de plantio foi de 563 g de cloreto de potássio, 27,9 kg de super triplo, 16,3 kg de formulado NPK 6-30-6, 587 g de bórax e 326 g de sulfato de zinco. Essa quantidade foi estabelecida com base na análise de solo e nas recomendações técnicas para a cultura. O manejo da nutrição das plantas na área experimental foi realizado por meio de fertirrigação a cada 15 dias conforme recomendado (ALVARENGA, 2013), utilizando-se as quantidades de fertilizantes mostradas na (Tabela 1.3).

Tabela 1.3 - Quantidades de fertilizantes utilizados nas fertirrigação em kg.

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

DAT: dias após o transplante; MAP: fosfato monoamônico

As sementes obtidas inicialmente em casa de vegetação através dos cruzamentos entre os genitores dos grupos 1 e 2 foram plantadas em bandejas de 128 células com substrato apropriado para a germinação de sementes de hortaliças. As mudas foram desenvolvidas nas bandejas até atingirem o estágio de quatro folhas definitivas e, posteriormente às 544 plantas, foram transplantadas para a área selecionada.

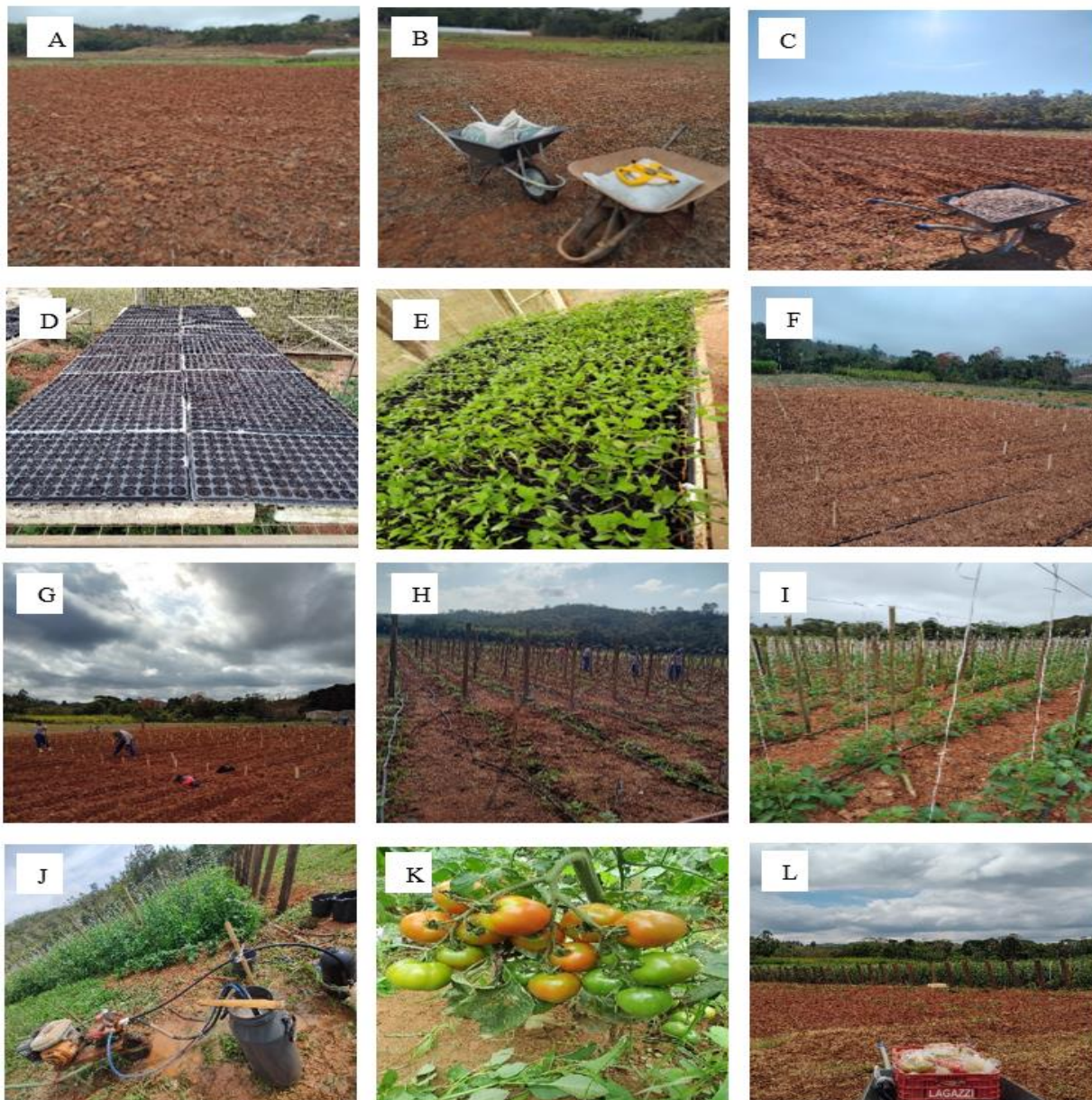
Adotou-se um delineamento de blocos ao acaso com 30 tratamentos e 3 repetições. Cada parcela consistia de 6 plantas, abrangendo as 9 linhagens, 20 progênies obtidas por hibridação e 1 testemunha, que foi a cultivar Santyno (Agristar).

Cada linha do experimento continha 5 parcelas de 6 plantas cada, com uma planta extra nas extremidades, totalizando 32 plantas por linha. Os blocos eram compostos por 5 linhas cada, com duas linhas extras nas extremidades para bordadura, totalizando 17 linhas.

As plantas foram conduzidas utilizando um fitilho, que foi amarrado na base do caule. O fitilho foi enrolado ao longo do caule e amarrado na ponta a um arame horizontal, sustentado por estacas a uma altura de 1,7 m. Cada planta foi conduzida com uma haste principal, com a remoção de todos os brotos que surgiram ainda pequenos.

As hastes principais foram podadas acima da primeira folha após o 6º cacho, conforme o método recomendado (ALVARENGA, 2013). A seguir na figura 2, pode ser observados as etapas realizadas ao decorrer da pesquisa.

Figura 2 - Condução do experimento na UEPE – Horta Velha. A – Demarcação, aração e gradagem da área, B – Correção de pH do solo (calcário), C - Adubação, D – Semeadura, E – Plantulas no 15º dia, F – Instalação de sistema de irrigação, G – Transplanto em campo, H – Instalação de estacas e mourões, I – Tutoramento, J – Fertirrigação, K – Análises de campo, L – Coleta de frutos para análise.



3.3. Avaliação dos genótipos

As avaliações foram realizadas considerando as três linhas centrais de cada parcela, onde foi obtida a média entre elas. Já para as avaliações relacionadas à qualidade dos frutos foram coletados os frutos do 3º cacho, estágio de maturação para as análises.

3.3.1. Precocidade

Após a formação do primeiro cacho em cada planta, realizou-se a contagem do número de folhas emitidas antes do cacho, servindo como medida de precocidade dos genótipos.

3.3.2. Características morfológicas

Foi examinado o padrão de crescimento de cada genótipo, priorizando os de crescimento indeterminado neste programa de melhoramento. A classificação do 3º cacho das plantas foi realizada considerando a quantidade de ramificações apresentadas. A detecção da presença ou ausência de "ombro verde" nos frutos foi avaliada. Os diâmetros equatorial e polar de quatro frutos representativos foram medidos com um paquímetro digital, e a média foi calculada. Os frutos foram cortados ao meio, perpendicularmente, para avaliar a quantidade de lóculos presentes.

Observou-se a presença ou ausência de brotos vegetativos em folhas e cachos, sendo um aspecto relevante a considerar, uma vez que a existência de brotos pode resultar em aumento da mão-de-obra nos trabalhos de desbrota. Com o auxílio de uma fita métrica ou trena, procedeu-se à conferência do comprimento da primeira folha acima do 3º cacho, considerando desde a junção do pecíolo ao caule até a extremidade do último folíolo. Foi medida também a largura, abrangendo as duas extremidades dos maiores folíolos (SCHWARZ; KLÄRING, 2006). O comprimento entre a primeira e a segunda folha após o terceiro cacho foi mensurado com uma trena.

3.3.3. Qualidade dos frutos

A coloração do tegumento de seis frutos foi avaliada por meio de um colorímetro digital, e a média dos valores obtidos será calculada. Já a firmeza do pericarpo de quatro frutos foi medida utilizando um penetrômetro digital, com diâmetro da ponteira de 5,8 mm e área da ponteira de 0,264074. Os frutos foram perfurados em dois pontos opostos, seguindo uma linha perpendicular ao eixo que passa pelos polos. A média das oito medidas resultantes foi calculada e empregada nas análises estatísticas.

Após esses procedimentos, cerca de seis frutos de cada parcela foram triturados em um liquidificador para obter uma polpa homogeneizada. O pH da polpa homogeneizada foi determinado por meio de um pHmetro digital. O teor de sólidos solúveis totais (SST) na polpa homogeneizada foi mensurado utilizando um refratômetro digital, e os valores foram expressos em graus Brix.

Retirou-se 5 gramas da polpa homogeneizada de cada amostra e colocados em balões volumétricos de 100 ml, os quais foram preenchidos com água desmineralizada até atingirem a marca de 100 ml, formando uma solução. Uma porção de 10 ml dessa solução de cada amostra foi transferida, utilizando uma pipeta, para um Erlenmeyer, e duas gotas de fenolftaleína foram adicionadas a cada um deles. O Erlenmeyer correspondente a cada amostra foi titulado com uma solução de NaOH 0,005 mol/L até que a solução adquiriu uma coloração arroxeadada, e o volume utilizado da solução de NaOH foi registrado e empregado no cálculo da acidez titulável da polpa homogeneizada.

Cerca de 300 ml da polpa homogeneizada foram examinados por meio de um Consistômetro de Bostwick para verificação da viscosidade. Nesse processo, um compartimento é preenchido com a polpa, o compartimento é aberto, e mede-se a distância percorrida pela polpa em um intervalo de 10 segundos.

3.3.4. Produção, produtividade e peso de frutos

A colheita dos frutos de cada planta foi realizada semanalmente, durante um mês e meio. Os frutos foram pesados e contados, e os dados foram registrados. Ao final do ciclo, os dados semanais foram somados para obter a produção total (em kg) e a quantidade total de frutos por parcela.

Para obter a produção por planta (kg/planta) e quantidade de frutos por planta, os valores de cada parcela foram divididos por 3 (3 plantas/parcela). Para obter a produção por cacho e quantidade de frutos por cacho, os valores de cada parcela foram divididos (6 cachos/planta x 3 plantas/parcela). 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.

3.4. Seleção dos melhores genótipos

Para selecionar os melhores genótipos com base nos caracteres elencados previamente, foi necessário realizar a seleção simultânea de todas as características de interesse. Para isso o modelo escolhido foi a seleção baseada no Índice livre de pesos e parâmetros, proposto por Elston em 1963 (Elston, 1963). Esse modelo faz uma seleção simultânea por meio das médias das características e conforme as métricas desejadas, estabelece os melhores híbridos. Resumidamente, um índice de seleção consiste na organização dos valores fenotípicos de forma linear, que origina uma grandeza de representatividade do conjunto de valores de um ensaio, mostrando medidas positivas e negativas de cada genótipo (GARCIA, 1998).

Em 1963, Elston apresentou um modelo de índice de seleção multiplicativo para se realizar a seleção de genótipos classificando-os conforme os caracteres de interesse. A diferença para outros modelos é que índice livre de pesos e parâmetros permite que o melhorista realize a seleção de forma mais simplificada, sem necessitar partir de pressuposto de estimativas e pesos declarados, uma vez que esses valores podem ser desconhecidos. O método de Elston, utilizado para seleção de indivíduos superiores, baseia-se em três etapas principais. Primeiramente, as características de interesse são padronizadas, subtraindo-se a média e dividindo-se pelo desvio padrão, garantindo que estejam na mesma escala para comparação. Em seguida, calcula-se o índice de Elston para cada indivíduo, somando os valores padronizados de suas características, sem a necessidade de pesos ou coeficientes. Por fim, os indivíduos com os maiores índices são selecionados para a próxima geração, podendo ser feito de forma direta, escolhendo-os diretamente, ou indireta, utilizando o índice como critério em cruzamentos.

3.5. Análise dos dados

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software GENES versão 1990.2023.45 (CRUZ, 2013).

Inicialmente os dados de cada característica avaliada foram submetidos a testes de normalidade e homogeneidade das variâncias para verificar a possibilidade de realização de análises de variância (ANOVA). Foi então realizada uma ANOVA

para cada característica avaliada com as 20 parcelas de híbridos, nove linhagens que geraram as combinações e a testemunha, com a significância testada pelo teste F a 1% e 5% de probabilidade.

O modelo estatístico foi o seguinte:

$$Y_{(ij)k} = \mu + g_{(ij)} + b_k + \varepsilon_{ij}$$

Onde:

$Y_{(ij)k}$ representa o valor fenotípico da ij -ésima observação referente ao i -ésimo genótipo no k -ésimo bloco;

μ é a média geral;

$g_{(ij)}$ é o efeito do ij -ésimo genótipo;

b_k é o efeito do k -ésimo bloco;

ε_{ij} é o resíduo experimental.

Para avaliação do potencial das linhagens como progenitores em programas de melhoramento, os dados experimentais foram submetidos a uma análise dialélica. Utilizou-se dois métodos para análise de dialelo parcial: Método de Griffing modificado por Geraldi e Miranda Filho (1988); e o Método de Gardner e Eberhart modificado por Geraldi e Miranda Filho (1984). Estes métodos forneceram os valores de CGC das linhagens e CEC dos híbridos, além de estimar os efeitos de heterose, heterose média, heterose de cada grupo de linhagens, e heterose de cruzamentos específicos (CRUZ, REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

O dialelo parcial com as combinações das hibridações em F_1 seguiu o seguinte modelo estatístico:

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

Onde:

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;

Y_{i0} : é a média do i -ésimo progenitor do primeiro grupo ($i = 0, 1, \dots, p$);

Y_{0j} : é a média do j -ésimo progenitor do segundo grupo ($j = 0, 1, \dots, q$);

d_1 e d_2 : referem-se aos contrastes entre 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 para descrever a interação entre os progenitores específicos (de ordem i no primeiro grupo e j do segundo);

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

Os testes de Skott-Knott e Tukey foram realizados, ao nível de 5% de probabilidade para comparar as médias dos tratamentos com as médias da testemunha.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise Dialélica

Na análise de variância do dialelo parcial foi evidenciado que existiram efeitos estatisticamente significativos dos cruzamentos para quase todas as variáveis avaliadas. Os caracteres foram agrupados em três categorias: arquitetura da planta, qualidade do fruto, características agrônômicas (Tabelas 2.1; 2.2; 2.2.1; e 2.3). Tais resultados acompanham os níveis de significância expressos pelo teste F, $P < 0.05$ e $P < 0.01$ (significativo a 5 e 1% de probabilidade).

Foi observada diferenças genéticas entre as hibridações, possibilitando que a partir desse pressuposto fosse observado a decomposição do efeito dos tratamentos referente a capacidade geral de combinação (CGC) e a capacidade específica de combinação (CEC).

As estimativas dos quadrados médios da análise mostram que para o conjunto de características de arquitetura da planta, os dois grupos de genitores apresentam

significância na maioria dos caracteres para CGC, com exceção apenas do número de folhas para a primeira inflorescência (PCD), que denotaria a possibilidade de desenvolvimento precoce, tal caractere apresenta significância apenas entre os genótipos e na (CEC) decorrente dos cruzamentos entre os grupos 1 e 2 (Tabela 2.1), isso sugere que nas combinações entre as linhagens selecionadas, os genitores apresentam menor divergência quanto o caractere em questão uma vez que a CGC não foi significativa.

A composição estrutural da planta é caracterizada pelo posicionamento espacial das suas partes. Assim, a arquitetura é determinada primariamente pelas características herdáveis dos genótipos e moldada a partir das condições ambientais (AGUIAR, 2014). Além de garantir o transporte de nutrientes, a arquitetura da planta é essencial para a sustentação; plantas mais altas potencializam o desenvolvimento de mais flores e frutos. Entretanto, o desenvolvimento tardio das folhas afeta na eficiência da planta quanto a captura de recursos, a produção de fitohormônios e a regulação da transpiração.

Os demais caracteres como altura de planta, comprimento de entrenó, diâmetro de entrenó, largura de folha e comprimento de folha também apresentaram significância para CEC entre os grupos 1 x 2 à $P < 0.01$, o que pode ser atribuído a fenômenos epistáticos ou desvios de dominância relacionados aos efeitos gênicos não-aditivos. Os caracteres descritos possuem alta correlação genotípica com a produção final, conforme estudo de Rodrigues et al. (2010), que observaram que a união de características de arquitetura desejáveis, contribui para escolha assertiva em um programa de melhoramento que visa aumentar as taxas de produtividade.

O diâmetro e comprimento do entrenó quando elevados permitem que a planta consiga ter resistência maior para sustentar os cachos com frutos (SCHMIDT et al., 2018). Entretanto é sabido que plantas que contêm comprimento e diâmetro mais curtos, propiciam maior número de inflorescências, e caso essa planta passe por indução no florescimento, ela desenvolverá novos cachos a cada três folhas (SAMACH; LOTAN, 2007). O efeito negativo é que plantas mais curtas podem ser acometidas por acamamento e apresentar sombreamento das folhas, enquanto porte elevado garante mais área foliar recebendo luminosidade (JESUS, 2015).

Tabela 2.1 - Resumo da análise de variância de dialelo parcial com as estimativas dos quadrados médios referentes à CGC E CEC da hibridação de linhagens do tomate Santa Cruz.

FV	GL	AT	CE	DE	LF	CF	PCD
Trat.	28	1105,27**	8,71**	4,12**	35,0677**	32,44**	0,76*
Grupos	1	1125,98**	2,15*	1,95**	0,0416 ^{ns}	26,01**	1,35 ^{ns}
CGC G1	3	1643,54**	15,01**	0,62*	61,9311**	79,06**	0,3 ^{ns}
CGC G2	4	2278,33**	6,14**	8,10**	48,7912**	34,6**	0,50 ^{ns}
CEC 1x2	20	788,89**	8,61**	3,95**	36,1947**	25,33**	0,84*
Resíduo	56	0,66	0,52	0,16	1,12	1,18	0,38

FV = fonte de variação, GL = graus de liberdade, ns = não significativo, * e ** = significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. AT = altura de planta (cm), CE = comprimento do entrenó (cm), DE = diâmetro do entrenó (cm), LF = largura de folha (cm), CF = comprimento de folha (cm), PCD = número de folhas para primeira inflorescência.

Para os caracteres de qualidade de fruto a hipótese nula de que todos os tratamentos não diferem estatisticamente entre si não se aplica, pois os valores observados para CEC foram significativos. Para diâmetro polar do fruto, diâmetro equatorial do fruto, número de lóculos sólidos solúveis totais, pH, acidez titulável, grau de maturação dos frutos obtido através da relação entre SST/ATT, e viscosidade, apenas firmeza obteve nível de significância a 5% (Tabela 2.2). Desse modo a pressuposição de variabilidade genética é aceita, analisando a CGC, CEC entre 1x2, o grupo 1 apresenta alta significância em todos os caracteres, ou seja, existe diferença de pelo menos um dos indivíduos dos grupos 1 e 2 para tais características,. Para a relação entre os grupos 1 e 2 na CEC, somente diâmetro polar, equatorial, °Brix e pH tiveram significância (tabela 2.2).

Resultados similares foram encontrados nos estudos de Galvão et al. (2018) que apresentaram coeficientes de variação bastante similares para os caracteres principais como Brix, pH, firmeza e viscosidade. O estudo em questão reforça a confiabilidade dos dados pois foi desenvolvido em ambiente e condições semelhantes com ênfase na condução amostral para Análises de potencial físico-químico do tomateiro. Características como a firmeza tem grande importância na produção do

tomate. Aliada a outros fatores, a firmeza é responsável por garantir que o fruto tenha maior resistência durante o transporte, potencializando maior durabilidade no período de pós-colheita (MACHADO, 2023).

Para os caracteres relacionados à cor de fruto foram observados níveis de significância somente em relação a CGC do grupo 1 para COL-A, COL-B, mostrando que não existe diferença significativa entre os genótipos analisados, enquanto a variável COL-C que carrega o valor de saturação do fruto, apresenta significância entre os genótipos, para CGC do grupo 1 e para CEC 1x2 (Tabela 2.2.1). Os quadrados médios de luminosidade e do ângulo de coloração não tiveram significância em nenhuma das fontes de variação.

A análise dos componentes quadráticos da CGC e da CEC é fundamental para determinar se os efeitos aditivos ou não-aditivos são mais relevantes no controle genético de uma característica (CARVALHO, 2011). A identificação de coloração de polpa pode mostrar os teores de licopeno presentes no fruto (ARIAS et al., 2000), por sua vez, o licopeno tem propriedades que podem atuar na proteção da saúde humana. Assim frutos com alto percentual de licopeno são os mais desejados pela indústria (MELO; VILELA, 2005).

Tabela 2.2 - Resumo da análise de variância de dialelo parcial com as estimativas dos quadrados médios referentes à CGC E CEC da hibridação de linhagens do tomate Santa Cruz.

FV	GL	DPF	DEF	NL	SST	pH	ATT	SST/ATT	FMZ	VSC
Trat.	28	52,2659**	68,0847**	1,7521**	1,0131**	0,0892**	0,0115**	7,5799**	14,8744*	32,4443**
Grupos	1	57,9668**	50,6164**	1,1459 ^{ns}	0,9359**	0,0845 ^{ns}	0,0086 ^{ns}	0,3926 ^{ns}	8,9582 ^{ns}	26,0115 ^{ns}
CGC G1	3	118,7774**	318,1349**	10,5031**	0,687**	0,3085**	0,0536**	25,6976**	34,6035**	79,0699**
CGC G2	4	198,3916**	16,9863*	1,4458**	4,0131**	0,0148 ^{ns}	0,024**	10,1225 ^{ns}	13,917 ^{ns}	34,637 ^{ns}
CEC 1x2	20	12,779**	41,6702**	0,5309 ^{ns}	0,4659**	0,0713**	0,0028 ^{ns}	4,7131 ^{ns}	12,4024 ^{ns}	25,3336 ^{ns}
Resíduo	56	4,1301	5,2721	0,3875	0,1189	0,0239	0,0027	3,6466	8,0624	1,1839

FV = fonte de variação, GL = graus de liberdade, ns = não significativo, * e ** = significativo a 5% e 1% pelo Teste F, respectivamente. DPF = diâmetro polar do fruto (mm), DEF = diâmetro equatorial do fruto (mm), NL = número de lóculos, SST = sólidos solúveis totais (°Brix), pH = potencial Hidrogeniônico, ATT = acidez titulável (%), SST/ATT = grau de maturação dos frutos (ratio), FMZ = firmeza (kgf/cm²), VSC = Viscosidade (mm 10s⁻¹).

Tabela 2.2.1 - Resumo da análise de variância de dialelo parcial com as estimativas dos quadrados médios referentes à CGC E CEC da hibridação de linhagens do tomate Santa Cruz, parâmetros de cor.

FV	GL	COL-L	COL-A	COL-B	COL-C	COL-H
Trat.	28	4,8622 ^{ns}	9,4052 ^{ns}	12,7382 ^{ns}	17,6272*	3,5987 ^{ns}
Grupos	1	1,6798 ^{ns}	16,0928 ^{ns}	1,1147 ^{ns}	25,3398 ^{ns}	0,1396 ^{ns}
CGC G1	3	7,6938 ^{ns}	17,6616*	32,5187**	25,9536*	3,9568 ^{ns}
CGC G2	4	3,6123 ^{ns}	6,878 ^{ns}	11,437 ^{ns}	13,4747 ^{ns}	1,3562 ^{ns}
CEC 1x2	20	4,8465 ^{ns}	8,3377 ^{ns}	10,6126 ^{ns}	16,8231*	4,1664 ^{ns}
Resíduo	56	4,8465	5,6216	7,8274	9,0717	5,7842

FV = fonte de variação, GL = graus de liberdade, ns = não significativo, * e ** = significativo a 5% e 1% pelo Teste F, respectivamente. COL-L = luminosidade, COL-A = eixo verde/vermelho, COL-B = eixo amarelo/azul, COL-C = valor de saturação (croma), COL-H = ângulo de tonalidade.

Na análise do contraste entre os dois grupos, as características agrônômicas relacionadas a produção, foi observada diferença significativa a 1% para todas as variáveis, exceto peso médio de fruto que teve nível de significância a 5%. O contraste se refere às diferenças de médias encontradas nos indivíduos de cada grupo, desse modo, considera-se importante o fato de que os dados foram significativos, pois isso sugere que apesar de os genitores serem oriundos de linhagens já selecionadas que passaram por processo de identificação e busca dos melhores genótipos, o presente material ainda apresenta potencial de valor biológico, ou seja, a CGC e CEC pode elencar bons híbridos.

Em programas de melhoramento de plantas uma das características mais desejadas é o ganho de produção, a seleção dos melhores indivíduos dentro de uma população base é um processo intermitente, que através das gerações aumenta a frequência alélica sem causar perdas drásticas para a variabilidade do material genético (BORÉM et al., 2017; BERNARDO, 2020). O nível de complementação entre os genótipos é essencial para o sucesso da hibridação. Características como desenvolvimento precoce da planta, quantidade de inflorescências por planta, peso médio de fruto e quantidade de frutos por cacho potencializam o aumento de produção. Em um sistema de cultivo eficiente, os parâmetros de produção precisam ser bem definidos. Um cultivar com características superiores precisa fornecer genótipos que elevem de densidade produtiva com plantas mais compactas e vigorosas.

Para CGC, o grupo 1 possui menos significância quando comparado ao grupo 2. O grupo 1 só foi superior quanto ao carácter de peso médio de fruto. Ele apresentou alta significância, enquanto o grupo 2 não foi significativo (Tabela 2.3). O mesmo foi observado quanto a CEC entre 1 x 2; características como produtividade estimada, produção por planta e frutos por planta não foram significantes (Tabela 2.3), o fato sugere que domínio do caractere advém de genes de ação aditiva. Com base nesses resultados pode-se sugerir que apesar dos valores de CEC não terem sido significantes, os genótipos ainda são importantes, uma vez que para características como peso médio de fruto e produção por parcela, tiveram alta significância. O grupo 1 pode ser mais adequado para cultivares que priorizam o tamanho dos frutos, enquanto o Grupo 2 pode ser mais vantajoso para cultivares com foco na produtividade.

Tabela 2.3 - Resumo da análise de variância de dialelo parcial com as estimativas dos quadrados médios referentes à CGC E CEC da hibridação de linhagens do tomate Santa Cruz para características agrônômicas.

FV	GL	PMF	FPP	FPPT	PPP	PTPP	PDT
Tratamentos	28	268,0497**	200,9641**	1808,702**	1,4317**	18,8394**	397,9529**
Grupos	1	625,3469*	1066,1603**	9593,3847**	9,4749**	139,665**	2637,6401**
CGC G1	3	523,7274**	60,942 ^{ns}	548,5525 ^{ns}	1,9865*	20,11**	552,7752*
CGC G2	4	175,5616 ^{ns}	479,7327**	4318,2583**	2,0493*	17,7971**	570,1932*
CEC 1x2	20	230,3308**	122,9538 ^{ns}	1106,579 ^{ns}	0,8228 ^{ns}	12,816**	228,2972 ^{ns}
Resíduo	56	97,8443	90,8508	817,6047	0,5605	2,0691	155,77

FV = fonte de variação, GL = graus de liberdade, ns = não significativo, * e ** = significativo a 5% e 1% pelo Teste F, respectivamente. PMF = peso médio de fruto (g), FPP = frutos por planta, FPPT = frutos por parcela totais, PPP = Produção por planta (kg), PTPP = produção total por parcela (kg), PDT = produtividade estimada (t/há).

A relação das estimativas dos efeitos da CGC e da CEC (Tabela 2.4) foi realizada considerando-se os principais caracteres de interesse para o presente estudo. As variáveis selecionadas como essenciais para a escolha assertiva das melhores combinações de genitores entre os grupos 1 e 2 e para os melhores híbridos resultantes foram, SST °Brix, pH, firmeza, número de frutos por planta, peso médio de fruto, e produtividade estimada.

Para o caráter de Sólidos Solúveis Totais °Brix, os melhores genitores do grupo 1 foram o 1 e 3. Considera-se que apesar dos valores obtidos para CGC não terem apresentado contrastes significativos, os indivíduos selecionados apresentam valores positivos. No grupo 2, o único genitor que apresenta valor positivo é o 3, ou seja, o melhor do grupo. Entretanto, ao analisar o chaveamento de combinações é observado que na CEC, dos maiores valores obtidos o genitor 3 do grupo 2 é um dos selecionados, respeitando o pressuposto de que a CEC deve estar diretamente ligada com os resultados da CGC, para escolha de melhor híbrido da característica discutida. Optou-se por selecionar o cruzamento entre 1 e 3 que gerou a progênie H3 com 7 de °Brix, o maior entre os indivíduos analisados (Tabela 2.4).

Tabela 2.4 - Estimativas dos efeitos da CGC e CEC de cruzamentos em dialelo parcial com linhagens de tomate Santa Cruz, para o caráter Sólidos Solúveis Totais em °Brix.

Genitores	CEC**					CGC G1* ↓
	1	2	3	4	5	
1	0,1618	-0,0553	0,783	-1,2228	-0,3074	0,0676
2	0,7218	0,048	0,2464	3,2972	0,7926	- 0,0361
3	-0,0852	0,6077	-0,4373	0,3235	0,0589	0,1713
4	0,4885	-0,5186	2,1497	-1,2128	-0,7007	- 0,2028
CGC G2 * →	- 0,0417	- 0,25	0,70	- 0,3292	- 0,0792	-

ns: não significativo, * e **: significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo Teste F

Os teor de sólidos solúveis em (°Brix) representa parâmetro importante para estimar a qualidade do fruto, especialmente para cultivares que são destinadas ao processamento industrial (FERREIRA; FREITAS; LAZZARI, 2004), e podem apresentar variação de acordo com a variedade cultivada, adubação, e condições ambientais (CLEMENTE; BOITEUX, 2012). Para o processamento industrial, os frutos de tomate ideias devem apresentar a partir de 4,50 °Brix, o caractere relaciona-se a

estimação do rendimento da matéria-prima com a produção de derivados, sendo preferíveis frutos adocicados (SANTOS, 2018).

Para o caráter pH (Tabela 2.5), caso o interesse seja frutos para produção industrial, o foco é que os frutos tenham pH mais baixo. Nesse caso a melhor combinação de genitores deverá ser encontrada nos indivíduos que obtiveram menor valor de efeito da CGC. O pH é uma medida de acidez, envolvida em características como o sabor, a conservação, e a proteção contra ação de patógenos. Quanto menor o pH, mais ácido será o fruto. No grupo 1 o melhor genitor é o 4 e no grupo 2 é o 4 também, essa combinação 4 x 4 deu origem ao híbrido H16 que apresenta menor valor de pH (Tabela 2.5).

Tabela 2.5 - Estimativas dos efeitos da CGC e CEC de cruzamentos em dialelo parcial com linhagens de tomate Santa Cruz, para o caráter potencial Hidrogeniônico (pH).

Genitores	CEC**					CGC G1* ↓
	1	2	3	4	5	
1	-0,1054	- 0,1266	0,0234	- 0,0041	0,0538	0,1188
2	0,0676	- 0,017	0,013	0,1455	0,1201	- 0,0042
3	0,0665	0,1086	0,1152	0,2244	0,1057	- 0,1397
4	- 0,075	- 0,1396	0,1071	- 0,2571	0,0375	0,0251
CGC G2* →	0,0309	- 0,0378	- 0,0045	0,0063	0,0051	-

ns: não significativo, * e **: significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo Teste F

Para o caráter firmeza, os efeitos de CGC mostram que no grupo 1 o genitor 3 possui valor positivo e é superior aos demais, já no grupo 2 o melhor genitor foi o 1. Desse modo, a combinação de genitores 3 x 1 confere a progênie H9 o melhor desempenho para firmeza do fruto, que é confirmado pelos resultados da CEC (Tabela 2.6).

Devido ao maior tamanho de seus frutos, a testemunha apresentou maior firmeza do que todos os genitores e progênies avaliados no estudo. Mas ao analisar o desempenho das progênies diante dos genitores é possível constatar a superioridade da maioria dos híbridos.

Tabela 2.6 - Estimativas dos efeitos da CGC e CEC de cruzamentos em dialelo parcial com linhagens de tomate Santa Cruz, para o caráter Firmeza (kgf/cm²).

Genitores	CEC**					CGC G1* ↓
	1	2	3	4	5	
1	- 1,3866	- 0,7728	1,8939	3,4034	-0,6495	- 0,7756
2	0,0734	- 0,4661	0,5272	0,1701	2,0705	- 0,889
3	2,8649	- 2,278	- 1,2213	1,2583	1,0787	1,5629
4	- 3,114	0,7998	0,0231	2,9594	- 0,2969	0,1018
CGC G2* →	0,9862	- 1,0975	0,1358	0,2363	- 0,2608	-

ns: não significativo, * e **: significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo Teste F

Os caracteres referentes a produção revelam as linhagens e progênes com maior potencial de exploração para alta produção. Considera-se que os híbridos apresentam um bom desempenho ainda que não tenha superado a testemunha em alguns caracteres. Para o caractere número de frutos por planta, a testemunha mostra ter quantidades de frutos inferiores quando comparamos os híbridos e linhagens.

A análise do CGC evidencia que no grupo 1 existem dois genitores com desempenho positivo (1 e 3), e no grupo 2 três genitores promissores (1, 3, 5). Analisando as combinações de genitores, os melhores resultados para CEC apontam para o cruzamento entre 1 x 1 que originou a progênie H1. Para a seleção do melhor híbrido é importante destacar que a melhor combinação será encontrada a partir das métricas de seleção, é necessário definir quais são as características principais buscadas no ensaio e quais as secundárias, que atuam como características acessórias.

Os genótipos com maior número de frutos por planta diferiram dos que apresentaram maior produção em kg por planta, mostrando que a complementação de características como tamanho médio de fruto é extremamente importante para determinar as combinações que culminam nas melhores taxas de produtividade. A fim de avaliar e comparar o potencial das características que demonstram superioridade dentro do grupo de seleção, é necessário realizar um ranking dos genótipos, permitindo assim identificar aqueles que apresentam o melhor desempenho (SEUS, 2015), sendo necessário a realização novos cultivos em campo em ambientes que difiram do primário para assim identificar como esses genótipos se comportam, uma

vez que maior parte das características recebe influência direta ou indireta do ambiente ao qual está inserida (FUMES, 2020).

Tabela 2.7 - Estimativas dos efeitos da CGC e CEC de cruzamentos em dialelo parcial com linhagens de tomate Santa Cruz, para o caráter número de frutos por planta.

Genitores	CEC**					CGC G1* ↓
	1	2	3	4	5	
1	9,7454	1,0929	-10,5458	2,01	,8142	1,9224
2	3,834	5,9581	1,9827	2,4285	11,0127	-1,7194
3	-0,1194	,7848	1,7027	-1,7448	-11,8273	0,1206
4	-3,7853	-3,9911	3,7001	0,3693	2,9535	-0,3235
CGC G2* ➔	1,6559	0,4184	1,9472	-7,7187	3,6972	-

ns: não significativo, * e **: significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo Teste F

Para o caráter número de frutos por planta, a CGC mostra que no grupo 1 o melhor genitor é o 3, e que no grupo alguns indivíduos têm potencial magnitude positiva (1, 3, 4). A melhor combinação entre eles foi para 3 x 4 que na CEC mostrou um excelente resultado. Outros resultados possíveis poderiam selecionar o cruzamento 3 x 1 que também obteve resultado positivo (Tabela 2.7). A característica peso médio de fruto é muito significativo para determinar outras métricas como produção Para a indústria é preferível que os frutos apresentem um bom peso médio de fruto (Tabela 2.8).

Tabela 2.8 - Estimativas dos efeitos da CGC e CEC de cruzamentos em dialelo parcial com linhagens de tomate Santa Cruz, para o caráter peso médio de fruto.

Genitores	CEC**					CGC G1* ↓
	1	2	3	4	5	
1	-5,4084	-5,2371	,0979	-1,76	2,4929	-0,9412
2	1,7416	-1,0571	5,8479	3,2033	1,3762	-3,4079
3	5,6094	4,1473	3,229	10,5977	16,724	6,431
4	12,879	5,4903	5,0419	-2,406	-5,3164	-2,0819
CGC G2* ➔	1,5361	-2,3352	3,3598	0,5744	-3,1352	-

ns: não significativo, * e **: significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo Teste F

Com base nos resultados pode-se observar que apesar da superioridade dos híbridos em diversos aspectos quando comparados com a testemunha, a característica de peso de frutos ainda é um desafio a ser alcançado, ao comparar o peso médio dos frutos, observou-se que a testemunha apresentou um desempenho superior, com frutos entre 180 e 190 gramas, diferentemente dos híbridos mais promissores, cujos frutos pesaram, em média, entre 70 e 80 gramas, mas cabe ressaltar que o desempenho dos híbridos apesar de inferior a testemunha, ainda foi superior quando comparado com os seus genitores, ou seja, houve uma ganho de peso de fruto a partir das combinações híbridas.

Para o caráter produtividade, os grupos 1 e 2 obtiveram nível de significância a 5% para CGC. Verificando individualmente o desempenho de cada indivíduo dentro dos efeitos da CGC de cada grupo, no grupo 1 o genótipo com melhor desempenho foi o 3 que apresentou superioridade em relação aos demais. O genótipo 1 do grupo 1 também obteve valor positivo, mas pela diferença entre os valores alcançados, denota-se que o genótipo 3 carrega quantidade maior de alelos favoráveis para alta produtividade (Tabela 2.4), enquanto os demais genótipos do grupo não apresentam valores significativos. Tal pressuposição é confirmada ao conferir os melhores híbridos selecionados através do Índice livre de pesos e parâmetros de Elston – 1963. A respeito do grupo 2, os genótipos que apresentaram maior valor foram o 1 e o 3.

A análise da CEC mostra que com as combinações realizadas por meio das hibridações, o melhor híbrido para o caráter produtividade é o híbrido do cruzamento entre os genitores 3 x 1, que deu origem a progênie H9 (Tabela 2.9). Embora outros híbridos tenham obtido resultados de maior valor para o caráter de interesse, ao analisar a CGC que seleciona os melhores genitores, verifica-se que as combinações híbridas com resultados superiores pegaram parentais com menor potencial e ambas se complementam, ou seja, a união de material de baixa variabilidade garantiu que o híbrido tivesse um resultado relativamente positivo. Entretanto, esses genótipos continuam demonstrando apresentar baixo valor de alelos de interesse.

A combinação 3 x 1 selecionou o melhor do grupo 1 com o segundo melhor do grupo 2, outras combinações viáveis que ainda garantiriam um alto rendimento seriam entre os indivíduos 3 x 3, os melhores de cada grupo dando origem ao híbrido H11. A definição dos melhores híbridos é determinada a partir do que é buscado pelo melhorista, caso o foco seja elevar os valores de um caractere, essa combinação trará indivíduos com estimadores positivos, se o foco é diminuir o valor do caractere a

seleção priorizará estimativas negativas (PONTELO, 2020). Os valores trazidos pelas estimativas são parâmetros relacionados à CGC, que determina a quantidade de alelos favoráveis, quanto maior for o índice, maior a presença de alelos de interesse (CRUZ et al., 2012). Já na CEC, tem-se valores que estão intrinsecamente relacionados ao incremento dos alelos e efeitos gênicos não aditivos, dessa forma, a magnitude de complementação alélica é regida pelo seu nível (CRUZ et al., 2012).

Tabela 2.9 - Estimativas dos efeitos da CGC e CEC de cruzamentos em dialelo parcial com linhagens de tomate Santa Cruz, para o caráter produtividade.

Genitores	CEC**					CGC G1* ↓
	1	2	3	4	5	
1	3,196	-4,170	-10,006	0,709	4,290	0,617
2	4,023	3,066	7,007	5,149	10,417	-4,439
3	7,357	6,687	4,434	5,911	5,621	6,035
4	9,746	1,742	8,546	-1,580	-3,316	-2,212
CGC G2* →	3,138	-1,980	5,978	-6,734	-0,402	-

ns: não significativo, * e **: significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente,

Para compreender o panorama geral das contribuições da CGC e da CEC para uma escolha assertiva de genótipos com características superiores, deve-se considerar que genótipos com alta CGC são valiosos como pais porque tendem a produzir descendentes superiores em uma variedade de cruzamentos. No entanto, a CEC permite identificar combinações específicas de genótipos que produzem descendentes excepcionais. Em geral, a seleção baseada na CGC é mais eficaz para características controladas principalmente por efeitos aditivos de genes, enquanto a seleção baseada na CEC é mais eficaz para características controladas por efeitos não aditivos.

4.2. Análise de desempenho dos híbridos

Na análise de variância, todos os caracteres avaliados mostram efeitos significativos dos genótipos (Tabela 2.10, 2.11 e 2.12), o que sugere que há diferença de performance entre as progênes resultantes das hibridações.

Tabela 2.10 - Análise de variância com estimativas dos quadrados médios relacionados aos caracteres de arquitetura da planta.

FV	GL	AT	CE	DE	LF	CF	PCD
Blocos	2	2,565951	1,51021	0,148778	4,348893	27,581154	0,092991
Trat.	29	1067,996464**	8,613946**	4,07464**	38,25792**	31,505091**	0,737818*
Resíduo	58	0,69336	0,526345	0,170845	1,107457	1,199014	0,376722
Média		161,785111	9,307333	11,585556	40,561	39,518556	5,904222
Mínimo		99,00	6,0	9,0	30,00	29,67	5,0
Máximo		207,0	16,00	14,00	48,00	48,67	7,67
CV (%)		0,514684	7,794889	3,567665	2,594506	2,770837	10,395563

FV = fonte de variação, GL = graus de liberdade, CV = coeficiente de variação, ns = não significativo, * e ** = significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente. AT = altura de planta (cm), CE = comprimento do entrenó (cm), DE = diâmetro do entrenó (cm), LF = largura de folha (cm), CF = comprimento de folha (cm), PCD = número de folhas para primeira inflorescência.

Tabela 2.11 - Análise de variância com estimativas dos quadrados médios relacionados aos caracteres de qualidade do fruto.

FV	GL	DPF	DEF	NL	SST	PH	ACT	SST/ACT	FMZ	VSC
Blocos	2	5,5001	12,9267	1,2333	0,0671	0,3427	0,0104	10,9102	56,5362	1512,6778
Trat.	29	77,5738**	150,3156**	1,9115**	1,1079**	0,0865**	0,0113**	7,6282**	14,7343*	2003,8559**
Resíduo	58	4,3794	6,9376	0,3827	0,11499	0,0231	0,0027	3,5521	7,8128	628,7352
Média		41,7637	50,9603	2,9	5,5011	4,8931	0,4550	12,3445	11,3235	150,8444
Mínimo		33,01	39,76	2,0	3,9	4,11	0,2223	7,72	4,36	80,0
Máximo		61,76	87,89	6,0	7,2	5,26	0,1891	25,19	20,74	220,0
CV (%)		5,0109	5,1686	21,3336	6,16257	3,1095	11,343	15,2677	24,6844	16,6228

FV = fonte de variação, GL = graus de liberdade, CV = coeficiente de variação, ns = não significativo, * e ** = significativo a 5% e 1% pelo Teste F, respectivamente. DPF = diâmetro polar do fruto (mm), DEF = diâmetro equatorial do fruto (mm), NL = número de lóculos, SST = sólidos solúveis totais ($^{\circ}$ Brix), pH = potencial Hidrogeniônico, ATT = acidez titulável (%), STT/ATT = grau de maturação dos frutos (ratio), FMZ = firmeza (kgf/cm^2), VSC = Viscosidade ($\text{mm } 10\text{s}^{-1}$).

Tabela 2.12 - Análise de variância com estimativas dos quadrados médios relacionados as características agrônômicas de produção.

FV	GL	PMF	FPP	FPPT	PPP	PTPP	PDT
Blocos	2	0,6608	266,0981	2394,5333	0,7724	6,9882	215,5361
Trat.	29	1899,9443**	341,8745**	3076,7758**	1,5134**	19,3686**	420,5741**
Resíduo	58	96,0167	88,8202	799,3264	0,5589	2,1563	155,2951
Média		62,5133	63,6116	190,8333	3,8069	11,421	63,4481
Mínimo		30,44	23,33	70,0	1,58	4,73	26,28
Máximo		192,95	92,67	278	5,91	17,72	98,45
CV (%)		15,6747	14,8155	14,8152	19,6389	12,8572	19,6408

FV = fonte de variação, GL = graus de liberdade, ns = não significativo, * e ** = significativo a 5% e 1% pelo Teste F, respectivamente. PMF = peso médio de fruto (g), FPP = frutos por planta, FPPT = frutos por parcela totais, PPP = Produção por planta (kg), PTPP = produção total por parcela (kg), PDT = produtividade estimada (t/há).

Os caracteres contidos na Tabela 2.13, detalham o desempenho dos híbridos quando comparados com a testemunha. Através do teste Scott-Knott com um grau de significância a 5%, os genótipos foram agrupados e distribuídos em três grupos, híbridos que não se distinguiram estatisticamente da testemunha identificados com a letra (a), híbridos que tiveram desempenho inferior a testemunha (b), híbridos superiores a testemunha (c).

Foi definido valores de corte para cada grupo, no caractere firmeza de polpa, todos os genótipos que obtiveram um resultado estatisticamente igual ao resultado da testemunha foram agrupados no grupo A, com um percentual de 57,14% dos genótipos (entre 10 e 13 kgf/cm²), no grupo B foi adicionado os genótipos com desempenho abaixo da testemunha (menor que 10 kgf/cm²), que correspondeu a 23,81% dos híbridos, já no grupo C, o ponto de corte selecionou todos com desempenho superior (acima de 14 kgf/cm²), que obteve 19,05%. A firmeza dos frutos é um indicador da sua resistência a lesões físicas, frutos com maior firmeza são mais resistentes a impactos, vibrações e outros tipos de estresse que podem ocorrer durante o transporte e armazenamento, além disso, conservam por mais tempo, pois são menos propensos a apodrecimento e outras deteriorações (SOARES; RANGEL, 2012).

Para o caractere de Sólidos Solúveis Totais, como o °Brix da testemunha é relativamente baixo, todos os híbridos demonstram possuir um percentual de açúcares igual ou superior a testemunha, a proporção foi de 90,48% dos genótipos com °Brix superior (grupo C) ao da testemunha e 9,52% iguais (grupo A). Resultados similares foram encontrados na literatura, com a descrição da ação genética aditivo e não aditiva para o caractere estudado (SST) (HANNAN et al., 2007), a interação entre os alelos faz que na maioria dos casos a ação de efeitos não aditivos tenha maior percentual (EL-GABRY et al., 2014). E como consequência básica interações alélicas geram alteração nos teores de (SST) (SOLIEMAN et al., 2013). Diversos autores corroboram que a variação no teor de SST entre genótipos é um fenômeno esperado, resultado da influência de fatores genéticos na assimilação e transporte de fotoassimilados para os frutos.

Com relação ao pH, os resultados foram similares, contudo, para grupos diferentes, enquanto 90,48% não se diferenciaram da testemunha, 9,52% foram superiores, ou seja, apresentaram melhor valor estatístico. Para viscosidade 76,19% foram estatisticamente inferiores à testemunha quanto ao teste (grupo B), o que é algo

positivo tendo em vista que o interesse industrial é por frutos que apresente um grau menor de viscosidade sendo mais consistentes, e 23,81% são estatisticamente iguais a testemunha (grupo A). O estudo demonstra que os genitores do grupo 1 possuem genes que favorecem a acidez da polpa do tomate, A pesquisa corrobora a importância da seleção de genitores com características desejáveis para o pH da polpa do tomate, visando a obtenção de frutos com maior acidez natural e, conseqüentemente, maior qualidade para processamento. Para evitar a proliferação de microrganismos e reduzir o tempo de esterilização durante o processamento, o pH do tomate idealmente deve ser inferior a 4,5 que contribui para a obtenção de produtos finais com maior qualidade e segurança alimentar, (Monteiro et al., 2008).

A estimativa das médias revelou ainda que para o caráter número de frutos por planta, nenhum dos genótipos foi inferior a testemunha, que apresenta em média 26 frutos por planta, como todos os genótipos foram bastante superiores, considera-se um ponto positivo. A produção por planta revelou que estatisticamente 23,81% dos genótipos tiveram produção similar à da testemunha (H9, H11, H15, H19) (Tabela 2.13), o que é algo significativo considerando que a massa média da testemunha é muito superior, os outros 76,19% compõem o grupo B por terem sido estatisticamente inferiores.

O número de frutos por planta é um indicador importante da produtividade, mas não é o único fator a ser considerado, a produção por planta é influenciada por diversos fatores, como número de frutos, massa média dos frutos e vigor da planta. Nesse caso, a escolha dos genótipos mais promissores deve levar em consideração todas as características relevantes para o objetivo do cultivo.

Tabela 2.13 - Estimativa das médias dos principais caracteres desejáveis, avaliados em 20 híbridos de tomateiro, agrupadas utilizando o teste de Scott-Knott (5%).

Gen	FMZ	STT	PH	VSC	FPP	PPP
H01	10,06 a	5,47 c	4,93 a	161,67 b	78 c	4,16 b
H02	8,59 b	5,83 c	4,84 a	170 a	68,11 b	3,41 b
H03	12,49 a	6,93 c	5,03 a	175 a	58 b	3,54 b
H04	14,10 c	5,1 c	5,01 a	193,33 a	60,89 b	3,42 b
H05	11,4 a	6,0 c	4,98 a	153,33 b	68,45 b	3,91 b
H06	8,78 b	5,47 c	4,83 a	158,33 b	69,33 b	3,55 b
H07	11,01 a	6,2 c	4,89 a	126,67 b	66,89 b	4,26 b
H08	10,75 a	5,3 c	5,04 a	148,33 b	57,67 b	3,39 b
H09	16,65 c	5,97 c	4,85 a	160 b	66,33 b	4,74 a
H10	9,43 b	5,77 c	4,82 a	148,,33 b	66 b	4,39 b
H11	11,72 a	6,27 c	4,86 a	146,67 b	68,45 b	4,74 a
H12	14,29 c	5,67 c	4,98 a	133,33 b	55,33 b	4,06 b
H13	9,21 b	5,4 c	4,87 a	128,33 b	62,22 b	4,39 b
H14	11,04 a	5,3 c	4,74 c	143,33 b	60,78 b	3,6 b
H15	11,5 a	6,3 c	5,02 a	107,67 b	70 c	4,49 a
H16	14,54 c	4,93 a	4,66 c	143,33 b	57,00 b	3,12 b
H17	9,55 b	5,13 c	5,07 a	180 a	71,11 c	4,02 b
H18	12,16 a	5,77 c	5,01 a	168,33 b	77,67 c	4,08 b
H19	13,62 a	5,93 c	4,86 a	143,33 b	56,67 b	4,42 a
H20	10,78 a	5,17 c	4,96 a	125 b	71,00 c	3,39 b
TES	13,19 a	4,4 a	4,96 a	206,67 a	26,44 a	4,91 a

Gen = genótipos, Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. FMZ = firmeza (kgf/cm²), SST = sólidos solúveis totais (°Brix), PH = potencial hidrogeniônico, VSC = viscosidade (mm 10s⁻¹), FPP = frutos por planta, PPP= produção por planta (kg).

4.3. Seleção baseada no Índice livre de pesos e parâmetros

A seleção para determinar os melhores híbridos foi delimitada pelos seguintes caracteres em ordem de relevância: produtividade estimada com híbridos que obtiveram produção acima de 60 t/ha, número de frutos por planta com ponto de corte em no mínimo 50 frutos, peso médio de fruto, selecionando aqueles com mais de 50 gramas por fruto, ph com híbridos que obtiveram taxa de ph abaixo de 5, sólidos solúveis totais com ^oBrix acima de 5 e firmeza acima de 10 kgf/cm². Uma vez calculados os índices, eles são normalizados e ajustados com base na relevância dada a cada característica. Além disso, é viável determinar um valor ideal e um valor mínimo aceitável para a seleção de cada característica (CRUZ, 2006). A seleção de genótipos pode ser realizada de maneira eficiente através do índice multiplicativo, que, embora produza resultados comparáveis aos do índice linear, dispensa a necessidade de atribuir pesos aos caracteres e de calcular variâncias e covariâncias, simplificando assim o processo em relação aos índices lineares ou paramétricos (GARCIA, 1998).

A partir da inserção dos dados no software Genes, realizou-se o teste de ganhos por seleção e índices para seleção dos melhores indivíduos entre os genótipos. As variáveis foram então ranqueadas e foi gerado o índice que definiu por meio da multiplicação de todas as médias que os melhores genótipos para as características conjuntas foram (H9, L5, H11, H19, H7 e H12) (Tabela 2.14). Para as características de interesse a progênie H9 obteve o melhor desempenho, tanto para caracteres isolados quanto para caracteres conjuntos, observa-se que o desempenho das progênies foi bastante superior aos genitores, mostrando que o material dispõe de uma variância genética com potencial exploratório.

Ao comparar os genótipos selecionados com a testemunha, percebeu-se que eles obtiveram desempenho superior para diversos caracteres de interesse industrial. Para o caráter SST, 83,3% dos genótipos obtiveram resultados acima do ponto de corte na seleção, já para Firmeza foi 73,33%, para peso médio de fruto 80%, frutos por planta 93.33% e para produtividade estimada 60%. Caso o interesse fosse realizar uma seleção mais restrita, esses parâmetros poderiam ser mais afinados para aumentar o nível de precisão dos resultados.

O índice de livre de pesos e parâmetros forneceu também os valores de ganho por seleção e o percentual de herdabilidade para todas as características (Tabela 2.15). A característica de peso médio de fruto obteve alta taxa de herdabilidade

(94,95%) e ganho de seleção expressivo (12,11%), indicando grande potencial de ganho genético para essa característica. A produção total por parcela obteve herdabilidade alta (88,86%) e GS considerável (19,97%), evidenciando a viabilidade de melhorar essa característica através da seleção. Caracteres de maior interesse como sólidos solúveis totais alcançou a taxa de herdabilidade de (89,62%) e GS de (9,3%), pelas médias originais é possível identificar o crescimento, enquanto a média de todos os híbridos fica em torno de (5,5) a média dos selecionados passa de (6,0).

A observação de um ganho de seleção mais elevado em caracteres relacionados à produção do tomate, como peso médio do fruto, produção por planta e produtividade estimada, são indicadores do potencial promissor dos híbridos selecionados para utilização em novos estudos no melhoramento genético da cultura. Para a produtividade estimada a herdabilidade se concentrou em (74,94%) enquanto o GS em (11,43%). O GS demonstra a efetividade das estratégias de seleção utilizadas no estudo. Isso significa que os métodos utilizados para identificar genótipos superiores foram eficazes, resultando em um progresso genético significativo, a escolha de caracteres relacionados à produção como foco da seleção foi bem-sucedida, evidenciando o potencial de aprimorar a produtividade do tomateiro, a existência de genótipos com alto potencial para produtividade dentro da população estudada abre portas para o desenvolvimento de novas cultivares superiores.

Entretanto outras características de interesse não tiveram ganho de seleção, com resultados negativos e para uma visão holística do processo de seleção é necessário considerar a importância desses resultados também. Para maior eficiência dos resultados é crucial interpretar os mecanismos de correlações genotípicas entre as variáveis estudadas, uma vez que a seleção de um único carácter prioritário pode afetar os caracteres secundários.

A ampla gama de valores observados para as diferentes variáveis evidencia a diversidade genética presente no material, o que permite explorar diferentes combinações genéticas para alcançar os objetivos de seleção. A presença de genótipos com características desejáveis, como alta produtividade e frutos de maior qualidade, fornece uma base sólida para o desenvolvimento de novos estudos que visem atender às demandas do mercado e dos consumidores. No entanto, é importante ressaltar que a variabilidade genética não é uniforme em todo o material. A análise de diferentes populações e a identificação de genótipos com características singulares são essenciais para o sucesso do programa de melhoramento genético.

Tabela 2.14 - Progênies selecionadas pelo Índice livre de pesos e parâmetros de Elston.

HIB	PCD	CF	LF	DE	CE	DEF	DPF	DEF/DPF	AT	COL-L	COL-A	COL-B	COL-C	COL-H
9	6,67	37,33	41,56	11,73	9,22	59,75	46,75	1,28	181,44	32,61	33,12	43,77	54,93	52,93
25	6,11	37,55	37,89	10,27	7,61	50,95	46,1	1,11	156,33	29,41	30,96	39,07	49,9	51,73
11	5,22	39,89	39,78	12,4	8,83	57,1	48,93	1,17	158,22	28,82	30,09	38,99	49,31	52,33
19	5,67	37,67	31,11	13,63	7,06	56,06	42,67	1,31	153,33	31,43	33,33	42,51	54,06	51,91
7	5,78	39,33	41,89	10,8	9,83	49,29	43,5	1,13	175,44	33,44	33,89	46,3	57,38	53,84
12	6,11	40,33	42	10,83	10,22	55,93	46,51	1,2	171,44	29,3	31,44	39,69	51,75	51,18
pH	ACT	SST	STT/ATT	VSC	FMZ	FPPT	FPP	PPP	PMF	FPC	PPC	NL	PTPP	PDT
4,85	0,54	5,97	11,13	160	16,65	199	66,33	4,74	71,65	11,06	790,02	3,33	15,89	79
4,81	0,54	6,4	11,93	121,67	11,48	229,33	76,44	4,76	62,51	12,74	793,39	2,67	14,28	79,34
4,86	0,56	6,27	11,3	146,67	11,72	205,33	68,44	4,74	71,1	11,41	789,2	3	14,58	78,92
4,86	0,57	5,93	10,67	143,33	13,62	170	56,67	4,42	78,09	9,44	737,24	4	13,28	73,72
4,89	0,48	6,2	13,06	126,67	11,01	200,67	66,89	4,26	63,88	11,15	710,17	2,33	12,82	71,02
4,98	0,46	5,67	12,34	133,33	14,3	166	55,33	4,06	75,68	9,22	676,85	3	13,07	67,69

PCD = número de folhas para primeira inflorescência, CF = comprimento de folha (cm), LF = largura de folha (cm), DE = diâmetro do entrenó (cm), CE = comprimento do entrenó (cm), DEF = diâmetro equatorial do fruto (mm), DPF = diâmetro polar do fruto (mm), DEF/DPF = razão entre o diâmetro equatorial e polar, FMZ = firmeza (kgf/cm²), COL-L = luminosidade, COL-A = eixo verde/vermelho, COL-B = eixo amarelo/azul, COL-C = valor de saturação (croma), COL-H = ângulo de tonalidade, pH = potencial Hidrogeniônico, ATT = acidez titulável (%), SST = sólidos solúveis totais (°Brix), STT/ATT = grau de maturação dos frutos (ratio), VSC = Viscosidade (mm 10s⁻¹), FPP = frutos por planta, FPPT = frutos por parcela totais, PPP = Produção por planta (kg), PMF = peso médio de fruto (g), FPC = frutos por cacho, PPC = produção por cacho, AT = altura de planta (cm), NL = número de lóculos, PTPP = produção total por parcela (kg), PDT = produtividade estimada (t/há).

Tabela 2.15 - Estimativas de herdabilidade (h^2), com ganhos de seleção e média de desempenho dos genótipos selecionados, baseado no índice livre de pesos e parâmetros.

VARIÁVEL	Xo	Xs	h^2 %	GS	GS %
PCD	5,9038	5,9261	49,0395	0,0109	0,18
CF	39,5185	38,6851	96,1946	-0,8016	-2,03
LF	40,5610	39,0374	97,1031	-1,4794	-3,65
DE	11,5855	11,6111	95,8071	0,0244	0,21
CE	9,3073	8,7961	93,8942	-0,4800	-5,16
DEF	50,9593	54,8463	95,3845	3,7076	7,28
DPF	41,7636	45,7430	94,3571	3,7547	8,99
DEF/DPF	1,2264	1,1994	93,7899	-0,0253	-2,06
FMZ	11,3235	13,1298	46,9469	0,8480	7,49
COL-L	31,0454	30,8361	28,5461	-0,0597	-0,19
COL-A	32,8803	32,1388	41,1687	-0,3052	-0,93
COL-B	41,9981	41,7207	39,7362	-0,1102	-0,26
COL-C	53,2676	52,8877	50,9408	-0,1935	-0,36
COL-H	52,0303	52,3194	0	0	0
PH	4,8931	4,8744	73,2408	-0,0136	-0,28
ATT	0,4550	0,5232	76,4481	0,0521	11,47
SST	5,5011	6,0722	89,6267	0,5118	9,3
SST/ATT	12,3445	11,7372	53,4349	-0,3245	-2,63
VSC	150,8444	138,611	68,6237	-8,3949	-5,57
FPPT	190,8333	195,055	74,0206	3,1253	1,64
FPP	63,6111	65,0185	74,0206	1,0417	1,64
PPP	3,8068	4,4968	63,0757	0,4352	11,43
PMF	62,5133	70,4856	94,9459	7,5693	12,11
FPC	10,6018	10,8364	74,0209	0,1736	1,64
PPC	634,4778	749,478	63,0756	72,5373	11,43
AT	161,7852	166,0370	99,9351	4,2490	2,63
NL	2,9	3,0555	79,9759	0,1244	4,29
PTPP	11,4206	13,9866	88,8642	2,2802	19,97
PDT	63,4477	74,9478	63,0756	7,2537	11,43
GANHO					
TOTAL				95,51164	100,01

Xo = média original de todos os híbridos, Xs = média dos indivíduos selecionados, $h^2\%$ = herdabilidade, GS = Ganho de seleção, GS % = Porcentagem de ganho de seleção, PCD = número de folhas para primeira inflorescência, CF = comprimento de folha (cm), LF = largura de folha (cm), DE = diâmetro do entrenó (cm), CE = comprimento do entrenó (cm), DEF = diâmetro equatorial do fruto (mm), DPF = diâmetro polar do fruto (mm), DEF/DPF = razão entre o diâmetro equatorial e polar, FMZ = firmeza (kgf/cm²), COL-L = luminosidade, COL-A = eixo verde/vermelho, COL-B = eixo amarelo/azul, COL-C = valor de saturação (croma), COL-H = ângulo de tonalidade, pH = potencial Hidrogeniônico, ATT = acidez titulável (%), SST = sólidos solúveis totais (°Brix), STT/ATT = grau de maturação dos frutos (ratio), VSC = Viscosidade (mm 10s⁻¹), FPP = frutos por planta, FPPT = frutos por parcela totais, PPP = Produção por planta (kg), PMF = peso médio de fruto (g), FPC = frutos por cacho, PPC = produção por cacho, AT = altura de planta (cm), NL = número de lóculos, PTPP = produção total por parcela (kg), PDT = produtividade estimada (t/há).

4.4. Análise de correlações genotípicas e fenotípicas

Com base na análise de correlação genotípica foi observado que o peso médio de fruto (g) possui correlação positiva com firmeza, viscosidade e com diâmetro polar e equatorial do fruto (Figura 3), a seleção simultânea para esses caracteres pode ser eficiente na obtenção de tomates com qualidade superior. Entretanto, o desenvolvimento do fruto está condicionado à capacidade que a planta tem de fornecer nutrientes, assim conforme a planta tem mais frutos o tamanho médio do fruto tende a ser menor, como apresentado na correlação negativa entre este caractere e o número de frutos por planta (correlação negativa acima de 0,70), índices similares são observados na correlação fenotípica (Figura 4).

Plantas que produzem mais frutos por cacho ou por planta podem estar investindo menos energia em cada fruto individual, resultando em frutos mais leves (SANTOS, 2018). Essa correlação apresentada pode estar relacionada ao ambiente de cultivo. Em condições mais favoráveis (por exemplo, estufas), as plantas podem investir mais energia em cada fruto, resultando em maior peso médio. Em ambientes mais desafiadores, a planta pode priorizar a produção de mais frutos, mesmo que sejam mais leves (ISSA, 2021). Cabe ressaltar que, a magnitude da correlação indica a força da relação entre os caracteres estudados. E o sinal da correlação indica se a relação é positiva (direta) ou negativa (inversa), já a significância da correlação indica a probabilidade de a relação ser real e não aleatória.

Com base nas estimativas observadas, percebeu-se que o caractere viscosidade de fruto apresenta correlação positiva com número de lóculos e diâmetro do fruto, o que indica que indiretamente possa haver controle genético similar ou influência de fatores fisiológicos comuns para esses caracteres, um fruto com maior número de lóculos contribui para uma maior quantidade de mucilagem, que torna a polpa do fruto mais viscosa, e esse aumento do diâmetro torna o volume da polpa maior, conseqüentemente mais viscoso .

Por outro lado, não foi observado uma relação com caracteres de interesse como pH, STT, ATT, isso sugere que não existe relação genotípica entre a viscosidade com essas características, todavia, para uma conclusão definitiva, seria ideal identificar os genes específicos que estão envolvidos nessas correlações para assim entender os mecanismos moleculares subjacentes.

Foi verificado que o número de folhas para primeira inflorescência (entre 5 e 6 folhas) interage negativamente com diâmetro de fruto, pH, estágio de maturação do fruto, produção por planta, altura de planta e produtividade estimada (Figura 3), sugerindo que o desenvolvimento precoce possibilita melhores resultados, caso o interesse seja agilizar o período produtivo. O mesmo padrão não foi observado nas estimativas de correlações fenotípicas (Figura 4).

A compreensão das correlações entre PCD e outros caracteres pode ser útil para o desenvolvimento de novas variedades de tomate com características superiores, através do cruzamento e seleção de genótipos com características favoráveis, é possível obter tomates com baixo número de folhas até a primeira inflorescência, ao mesmo tempo, frutos de bom tamanho, pH ideal, maturação adequada, alta produção e plantas compactas.

A compreensão da relação entre correlação genotípica e fenotípica é fundamental para o melhoramento genético, pois permite estimar a herdabilidade de uma característica, prever a resposta à seleção e identificar possíveis genótipos pleiotrópicos. A escolha da melhor estratégia de seleção depende do conhecimento da correlação entre os genes e das demais informações sobre as características de interesse, com a identificação dos valores genéticos aditivos dos caracteres estudados é possível avaliar como os genes compartilhados influenciam nessas características tanto positivamente quanto negativamente.

Figura 3 - Estimativas de correlação genotípica entre caracteres de arquitetura de planta, qualidade de fruto e produção

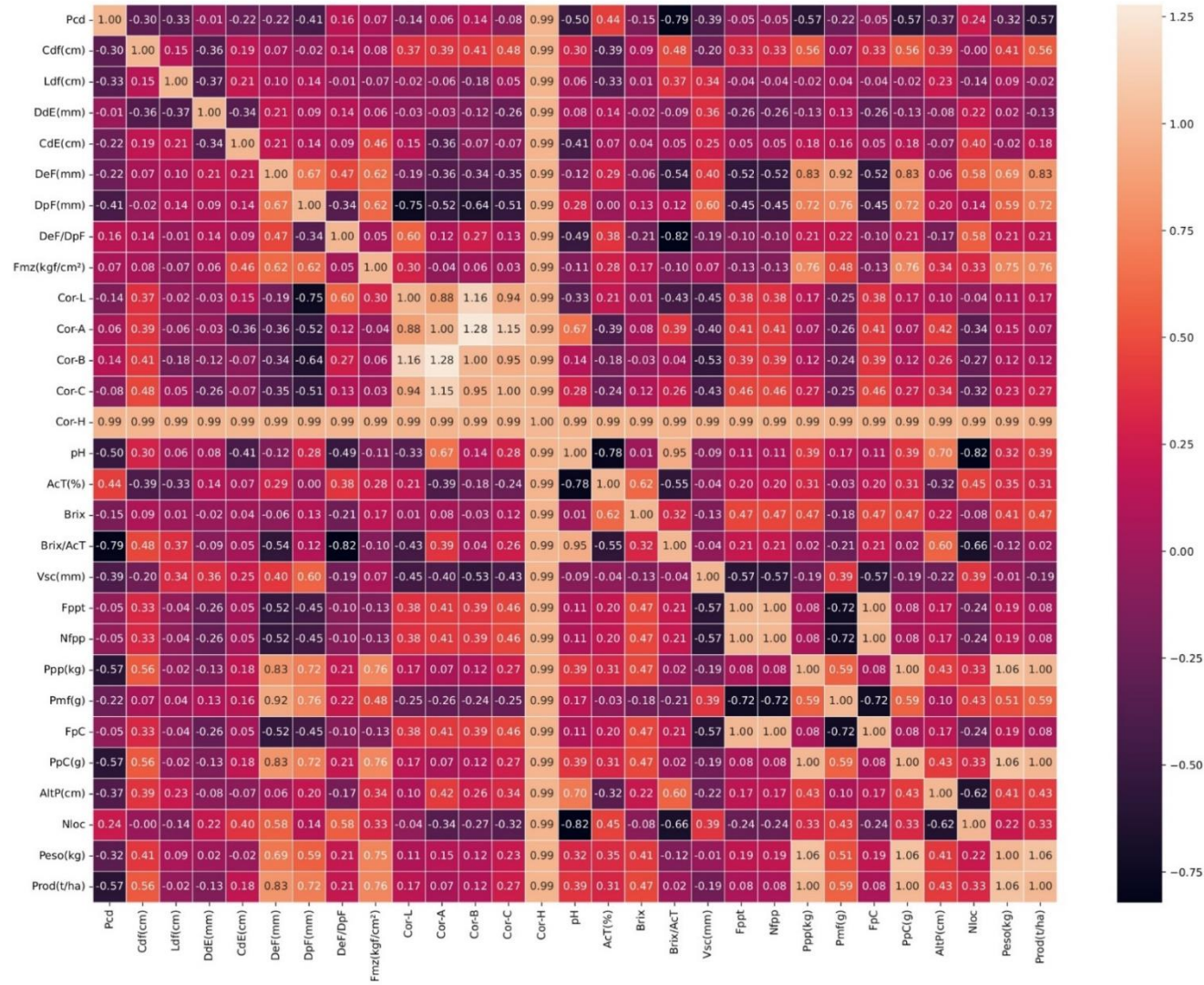


Figura 4 - Estimativas de correlação fenotípica entre caracteres de arquitetura de planta, qualidade de fruto e produção

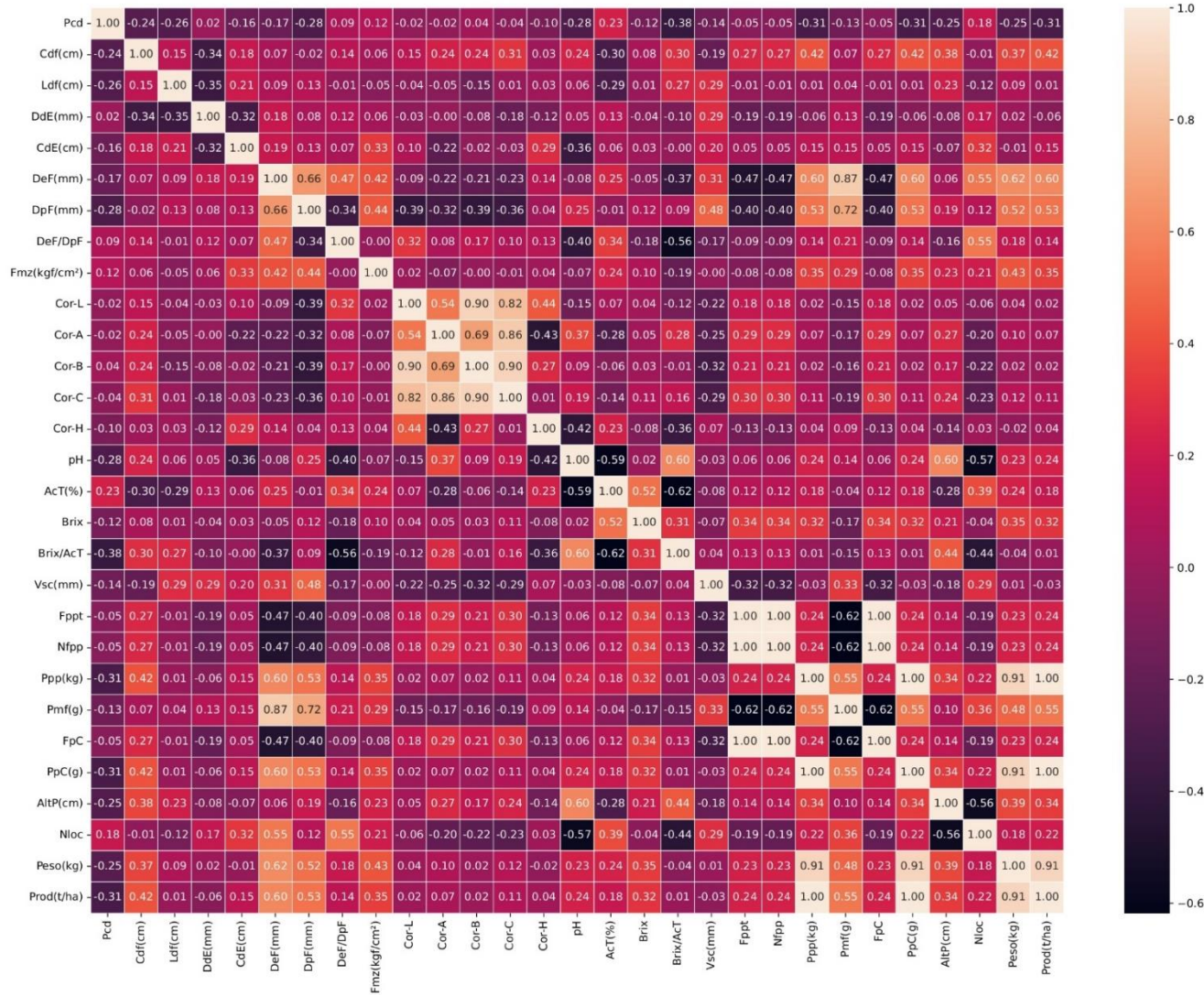


Tabela 2.17 - Características morfológicas do tomateiro.

Gen	Características gerais da planta			Características gerais do fruto		
	Hábito de crescimento	Brotações nas folhas	Tipo de cacho	Calibre do Fruto	Ombro verde	Cor de fruto maduro
H1	Indeterminado	Não	Monopodial	Pequeno	Não	Ver. Intenso
H2	Indeterminado	Não	Monopodial	Pequeno	Sim	Vermelho
H3	Indeterminado	Não	Monopodial	Pequeno	Não	Ver. intenso
H4	Indeterminado	Sim	Monopodial	Pequeno	Não	Vermelho
H5	Indeterminado	Não	Dicasial	Médio	Não	Vermelho
H6	Indeterminado	Não	Dicasial	Médio	Sim	Vermelho
H7	Indeterminado	Sim	Simpodial	Médio	Sim	Vermelho
H8	Indeterminado	Sim	Monopodial	Pequeno	Não	Vermelho
H9	Indeterminado	Não	Monopodial; Dicasial	Grande	Sim	Ver. intenso
H10	Indeterminado	Não	Dicasial	Grande	Sim	Vermelho
H11	Indeterminado	Não	Monopodial	Médio	Sim	Vermelho
H12	Indeterminado	Não	Monopodial	Médio	Não	Vermelho
H13	Indeterminado	Sim	Policasial	Pequeno	Sim	Vermelho
H14	Indeterminado	Sim	Monopodial	Médio	Sim	Ver. intenso
H15	Indeterminado	Sim	Simpodial	Médio	Sim	Laranja
H16	Indeterminado	Sim	Dicasial	Médio	Sim	Laranja
H17	Indeterminado	Não	Monopodial	Médio	Não	Ver. intenso
H18	Indeterminado	Sim	Dicasial	Médio	Não	Ver. intenso
H19	Indeterminado	Não	Dicasial	Médio	Sim	Vermelho
H20	Indeterminado	Sim	Simpodial	Médio	Não	Ver. intenso
L1	Indeterminado	Não	Monopodial	Médio	Não	Ver. intenso
L2	Indeterminado	Não	Monopodial	Pequeno	Não	Ver. intenso
L3	Determinado	Não	Monopodial	Médio	Sim	Vermelho
L4	Indeterminado	Sim	Monopodial	Pequeno	Sim	Laranja
L5	Indeterminado	Sim	Simpodial	Médio	Sim	Vermelho
L6	Determinado	Não	Dicasial	Médio	Sim	Laranja
L7	Determinado	Não	Dicasial	Pequeno	Não	Vermelho
L8	Indeterminado	Sim	Monopodial	Pequeno	Sim	Vermelho
L9	Indeterminado	Não	Monopodial	Pequeno	Não	Ver. intenso
TS	Indeterminado	Não	Monopodial	Grande	Não	Vermelho

H = híbridos, L = linhagens, TS = testemunha.

4.5. Características morfológicas dos genitores e híbridos

Durante a condução do experimento as características morfológicas dos híbridos foram analisadas para posteriormente serem comparadas com as características das linhagens que atuaram como genitores do Dialelo, os resultados constam na tabela 2.17. Os caracteres observados foram, hábito de crescimento, presença de brotações nas folhas, tipo de formação do cacho (ramificações), calibre do fruto, presença de ombro verde, cor do fruto no estado de maturação. Todos os híbridos apresentam hábito de crescimento indeterminado, o que sugere que o alelo que determina a expressão do carácter é recessivo, ou seja, tem um efeito aditivo, foi observado um contraste significativo referente aos tipos de cachos, apresentando uma ampla diversidade quanto às ramificações na estrutura, houve uma variação quanto ao calibre do fruto que pela classificação em função do diâmetro transversal (equatorial), ordena os frutos em três calibres (pequeno, médio e grande), P = entre 40 e 50 mm, M = entre 50 e 60 mm e G = maior que 60 mm, como o formato dos frutos é oblongo, acaba não entrando a medida GG que afere apenas frutos redondos, foi apresentado também variação quanto a presença de ombro verde nos frutos, uma característica secundária que tem seu valor morfológico.

O Hábito de crescimento indeterminado pode ser considerado característica positiva, uma vez que potencializa maiores índices de produtividade, por outro lado, plantas de crescimento indeterminado possuem algumas implicações para a produção, tais como: necessidade de tutoramento para manter a arquitetura da planta ereta, produção dos frutos por um período mais longo, e crescimento contínuo da planta que pode levar a uma carência de nutrientes, situações que elevam os custos da produção, devido a necessidade de maior mão de obra e materiais de cultivo. A presença de ombro verde carece de uma análise mais específica sobre possível importância para o mercado, uma vez que, comercialmente a presença de ombro verde nos frutos pode ser uma característica indesejada por deixar os frutos mais suscetíveis a rachaduras.

Os resultados obtidos demonstram que há diversidade morfológica presente nos híbridos de tomateiro. Essa diversidade pode ser explorada para o desenvolvimento de novas cultivares com enfoque na potencialização das características de maior interesse comercial. É importante considerar que os

resultados obtidos neste experimento são específicos para o conjunto de híbridos e condições avaliadas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo mostrou que os híbridos selecionados apresentam grande valor biológico, seja na contribuição dos genótipos ou na expressão de características fenotípicas de interesse comercial na produção de tomate. As linhagens participantes como genitoras, apesar de já terem passado por processos anteriores de seleção, ainda revelam ter grande valor de variação genética.

Características de grande interesse como peso médio de fruto, maior nível de SST, menor índice de acidez, e maior firmeza dos frutos, estão entre as principais que podem vir a ser exploradas em uma criação de população base para novos estudos.

O aumento da produtividade do tomateiro não é incompatível com a obtenção de frutos saborosos. Através da adoção de técnicas de manejo cultural adequadas, como a irrigação eficiente, a adubação focada e o controle de pragas e doenças, é possível alcançar altos rendimentos sem comprometer as características sensoriais dos frutos. A escolha de cultivares com características desejáveis, como resistência a doenças e sabor agradável, também é um fator importante para o sucesso da produção.

A diversidade morfológica dos híbridos de tomateiro abre um leque de possibilidades para o desenvolvimento de novas cultivares com características desejáveis. Entretanto, a escolha do cultivar ideal dependerá de diversos fatores, como o sistema de produção, o mercado consumidor e as características de interesse do produtor. Novas pesquisas podem ser necessárias para confirmar esses resultados e ampliar o conhecimento sobre as características alcançadas pelos híbridos.

O melhoramento genético do tomateiro é um campo científico que está em constante evolução. Impulsionado por pesquisas inovadoras, visa desvendar os segredos da constituição genética da planta e aplicar esse conhecimento para o desenvolvimento de cultivares superiores. Essa busca por variedades de tomate mais resistentes, produtivas e adaptadas às condições ambientais tem sido crucial para a segurança alimentar e a sustentabilidade agrícola.

6. REFERÊNCIAS

- AGUIAR, C. **Arquitetura de Plantas**. Escola Superior Agrária de Bragança, p. 1-46, 2014.
- ALVARENGA, M. A. R. **Origem, Botânica e descrição da planta**. In: ALVARENGA, M. A. R. (Ed.). **Tomate: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia**. 2.ed. rev. e ampl. Lavras: Editora Lavras, 2013. cap.1, p. 11-21.
- ARIAS, R. et al. Correlation of Lycopene Measured by HPLC with the L*, a*, b* Color Readings of a Hydroponic Tomato and the Relationship of Maturity with Color and Lycopene Content. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 5, p. 1697–1702, maio 2000.
- BAUCHET G.; CAUSSE, M. **Genetic Diversity in Tomato (*Solanum lycopersicum*) and Its Wild Relatives**, Genetic Diversity in Plants, Prof. Mahmut Caliskan (Ed.), ISBN: 978–953–51–0185–7, 2012.
- BLANCA, J. et al. Variation revealed by SNP genotyping and morphology provides insight into the origin of the tomato. **PloS One**, v. 7, n. 10, p.e48198, 2012.
- BECKER, W. F. et al. **Sistema de produção integrado para o tomate tutorado em Santa Catarina**. 1. ed. Florianópolis: Epagri, p. 149, 2016.
- BERNARDO, R. **Breeding for Quantitative Traits in Plants**. 2ª edição. Stemma Press, p.422, 2020.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V.; FRITSCHÉ-NETO R. Sistemas Reprodutivos das Espécies Cultivadas. In: **Melhoramento de Plantas**. Ed 7º, p. 52, 2017.
- BORGES, S. R. S. **Alterações fisiológicas, bioquímicas e morfológicas durante a maturação de sementes híbridas de tomate**. 2018. 145p. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Brasília, Distrito Federal, DF, 2018.
- BOTA, J. et al. Characterization of a landrace collection for Tomàtiga de Ramellet (*Solanum lycopersicum* L.) from the Balearic Islands. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 61, n. 6, p. 1131–1146, 2014.
- CARMO, C. A. S.; CALIMAN, L. F. Clima, época de plantio e cultivar. In: Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. **Tomate**. 1ª ed. Vitória: Incaper, 2010.
- CARVALHO; R. C. P.; TOBAR; L. L. M; DIANESE, E. DE C.; FONSECA, M. E. DE N.; BOITEUX, L. S. **Melhoramento genético do tomateiro para resistência a doenças de etiologia viral: avanços e perspectivas**. RAPP, v. 22, p. 280–361, 2014.
- CARVALHO, L. C. B. Cruzamentos dialélicos visando à obtenção de populações produtivas e biofortificadas para os teores de ferro, zinco e proteína em feijão-caupi. 2011.
- CHETELAT, R.; PEACOCK, S. Guidelines for emasculating and pollinating tomatoes, 2013. Disponível em:

https://tgrc.ucdavis.edu/Guidelines_Emasculating_and_Pollinating_Tomatoes.pdf

Acesso em: 27 de novembro. 2023.

CLEMENTE, F.M.V.T., BOITEUX, L.S. **Produção de tomate para processamento industrial**. Embrapa, v. 344, 2012.

COLOMBO, N.; GALMARINI, C. R. The use of genetic, manual and chemical methods to control pollination in vegetable hybrid seed production: a review. **Plant Breeding**, v. 136, n. 3, p. 287–299, 2017.

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

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

COSTA, H.; VENTURA, J. A. **Tomate**. Vitória: Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, 2010. p. 227-314.

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

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4. Ed. Viçosa: Editora UFV. p.514. 2012.

CRUZ, C. D. **Programa GENES: análise multivariada e simulação**. Viçosa, MG: UFV, 2006. 175 p.

DELLA VECCHIA, P.T.; KOCH, P.S. Tomates longa vida: o que são, como foram desenvolvidos? **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, n.1, p.3-4, 2000.

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

DIAS, M.S. **Produção de sementes híbridas F₁ no tomateiro**. Viçosa: Universidade Rural do Estado de Minas Gerais, 1960. 3p. (Hortaliças: cultura do tomateiro, 6). (mimeografado).

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

EGEA, I.; ESTRADA, Y.; FLORES, F.B.; BOLARIN, M.C. Improving production and fruit quality of tomato under abiotic stress: Genes for the future of tomato breeding for a sustainable agriculture. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v.204, 105086 2022, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2022.105086>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098847222003082>. Acesso em: 07 nov. 2023.

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

ELSTON, R. C. A weight free index for the purpose of ranking of selection with respect to several traits at a time. **Biometrics**, 19(1), p. 85-87, 1963.

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

FERREIRA, S. M. R.; FREITAS, R. J. S. DE; LAZZARI, E. N. Padrão de identidade e qualidade do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) de mesa. **Ciência Rural**, v. 34, p. 329–335, fev. 2004.

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

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2008. 421p.

FUMES, L. A. A. **Obtenção e avaliação de híbridos de tomates com gene de nanismo visando o processamento industrial dos frutos**. (Tese de doutorado). Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento. 2020.

FURQUIM, M. G. D.; REIS N. A., SOUZA, C. B. General overview of tomatoculture in the State in Goiás: a descriptive analysis from a bibliographic survey. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v.9, n.7, e955974310, 2020. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4310>.

FURQUIM, M. G. D.; NASCIMENTO, A. R. Aspectos relevantes para o entendimento da cadeia do tomate de mesa no Brasil. **Estudos em Agronegócio: participação brasileira nas cadeias produtivas**, v. 5, p. 173-196, 2021.

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

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

GARDNER, C. O.; EBERHART, S. A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. *Biometrics*, p. 439-452, 1966.

GUALAZZI, Ruben J. V. " *Lycopersicum esculentum*": una breve historia del tomate. **Alquibla: Revista de investigación del Bajo Segura**, n. 3, p. 105-111, 1997.

GOMES, D. A et al. Dwarf tomato plants allow for managing agronomic yield gains with fruit quality and pest resistance through backcrossing. **Agronomy**, v. 12, n. 12, pág. 3087, 2022.

HANNAN, M. M.; BISWAS, M. K.; AHMED, M. B.; HOSSAIN, M.; ISLAM, R. Combining ability analysis of yield and yield components in tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.). **Turkish Journal of Botany**, v. 31, n. 6, p. 559-563, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Produção Agrícola: Tomate. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/tomate/br> . Acesso em 26 de novembro de 2023.

ISSA, C. G. C. **Desenvolvimento inicial de plantas de tomateiro em resposta a bioestimulantes**. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Olericultura), Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos. 2021.

JESUS, F. A. **Caracterização de uma variação genética natural de *Solanum galapagense* controlando o comprimento do entrenó e arquitetura foliar em tomateiro**. 2015. Tese (Doutorado)- Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2015.

KINGSLEY, O. ***Studies on genetic variability in agronomic and fruit quality traits among some tomato (*solanum lycopersicum* l.) genotypes***. Tese de Doutorado—University of Ghana: Ghana, 2015. 184 p.

KUTZ, T. S. **Caracterização morfológica e molecular de genótipos de tomateiro do banco ativo de germoplasma da utfpr – pato branco**. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2018. 77 p.

LIBÂNIO, R. A. *Cultivares e densidades de plantio em cultivo orgânico de tomate*. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia (Produção Vegetal)) – Universidade Federal de Lavras: Lavras–MG. 2010. 70 p.

MACHADO, T. **Recuperação do genitor recorrente após dois retrocruzamentos em tomateiro anão do tipo Santa Cruz**. [s.l.] Universidade Federal de Uberlândia, 31 jul. 2023.

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

MACIEL, Gabriel M. et al. Potencial agrônômico de híbridos de minitomate com hábito de crescimento determinado e indeterminado. **Horticultura Brasileira**, v. 34, p. 144-148, 2016.

MAGGIO, M. A. Qualidade de frutos e produtividade de tomateiro enxertado. 2018. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Jaboticabal. 2018.

MELO, P. C. T. D. **Desenvolvimento tecnológico para o cultivo do tomateiro de mesa em condições agroecológicas tropicais e subtropicais**. Fitotecnia—Piracicaba: Universidade de São Paulo, 30 jan. 2017.

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

MELO, P. C. T. DE; VILELA, N. J. **Desafios e perspectivas para a cadeia brasileira do tomate para processamento industrial**. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 1, p. 154–157, mar. 2005.

MONTEIRO, C. S.; BALBI, M. E.; MIGUEL, O. G.; PENTEADO, P. D. S.; HARACEMIV, S. M. C. Qualidade nutricional e antioxidante do tomate “tipo italiano”. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 19, n. 1, p. 25-31, 2008.

NAGAI, H. 1993. **Tomate**. In: FURLANI, A. M. C. & VIÉGAS, G. P. (eds.) O melhoramento genético de plantas no Instituto Agronômico. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas.

OLIVEIRA, C. S. de et al. Selection of F 2 RC 1 saladette-type dwarf tomato plant populations for fruit quality and whitefly resistance. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, p. 28-35, 2021.

PADILHA, A. A. **Controle genético do teor de sólidos solúveis e do sabor em tomate**. 2019. 81 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) –Universidade Estadual de Ponta Grossa, Paraná, 2019.

PÁDUA, T. R. P et al. Capacidade combinatória de híbridos de tomateiro de crescimento determinado, resistentes a Begomovirus e Tospovirus. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 818-825, 2010.

PAZINATO, B.C; GALHARDO, R.C. **Processamento artesanal de tomate**. 2a. impressão. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1997. 30p. PEDROSA, M. W. et al. Desempenho de cultivares de tomate em sistema orgânico de produção. **Anais do 51º Congresso Brasileiro de Olericultura**, Viçosa–MG, p. 5, 2011.

PEIXOTO, J. V. M. et al. Tomaticultura: Aspectos morfológicos e propriedades físico-químicas do fruto. **Revista Científica Rural**, v. 19, n.1, p.??? 2017.

PERALTA, I.E.; SPOONER, D.M. History, origin and early cultivation of tomato (*Solanaceae*). pp 1-27. In: **Genetic improvement of Solanaceous crops**, v.2: Tomato. RAZDAN, M.K.; MATTOO, A.K. (eds.), Science Publishers, Enfield, USA. 2007.

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

PERALTA, I.E.; KNAPP, S.; SPOONER, D.M. Nomenclature for wild and cultivated tomatoes. **Tomato Genetic Cooperative Report**, Gainesville, v.56, p.6-12, 2006.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15th ed. Piracicaba, SP: FEALQ, 2009.

PONTELO, I. O. **Piramidação de genes para resistência a doenças em tomateiro para processamento industrial com fenótipo braquítico**. (Tese de doutorado). Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento. 2020.

RONGA, D. et al. Physiological responses of processing tomato in organic and conventional Mediterranean cropping systems. **Scientia Horticulturae**, v. 190, p. 161–172, 2015.

SALIM, M. Mahbubar Rahman et al. Caracterização morfológica de genótipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). **Jornal da Sociedade Saudita de Ciências Agrícolas**, v. 19, n. 3, pág. 233-240, 2020.

SAAVEDRA, Tarsicio Medina; FIGUEROA, Gabriela Arroyo; CAUIH, Jorge Gustavo Dzul. Origem e evolução da produção de tomate *Lycopersicon esculentum* no México. **Ciência Rural**, v. 47, 2016.

SAMACH, A; LOTAN, H. The transition to flowering in tomato. **Plant Biotechnology**, Oxford, v. 24, p.71-82, 2007.

SANTOS, L. V. D. **Produtividade e qualidade de híbridos de tomateiro do segmento salada de crescimento semideterminado em função de sistemas de poda e espaçamento**. Mestrado em Fitotecnia—Piracicaba: Universidade de São Paulo, 16 jan. 2018.

SCHMIDT, J.; MENEGHELLI, C. M.; KRAUSE, M. R.; HELL, M. V.; OLIVEIRA, M. L.; COLOMBO, J. N.; HADDADE, I. R. 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.

SCHWARZ, D.; KLÄRING, H.-P. ALLOMETRY TO ESTIMATE LEAF AREA OF TOMATO. **Journal of Plant Nutrition**, v. 24, n. 8, p. 1291–1309, 2001.

SCOTT, A. J., & KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*, 30(3), p.507-512, 1974.

SEABRA JUNIOR et al. Selection of thermotolerant Italian tomato cultivars with high fruit yield and nutritional quality for the consumer taste grown under protected cultivation. **Scientia Horticulturae**, v.291, 110559, 2022.

SEUS, R. **Introgressão de nanismo em germoplasma de tomate industrial**. (Tese de doutorado). Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento. 2015.

SHIRAHIGE, F. H et al. Yield and qualitative characterization of fresh market tomato hybrids of Italian and Santa Cruz types. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.821, p.81-88, 2009.

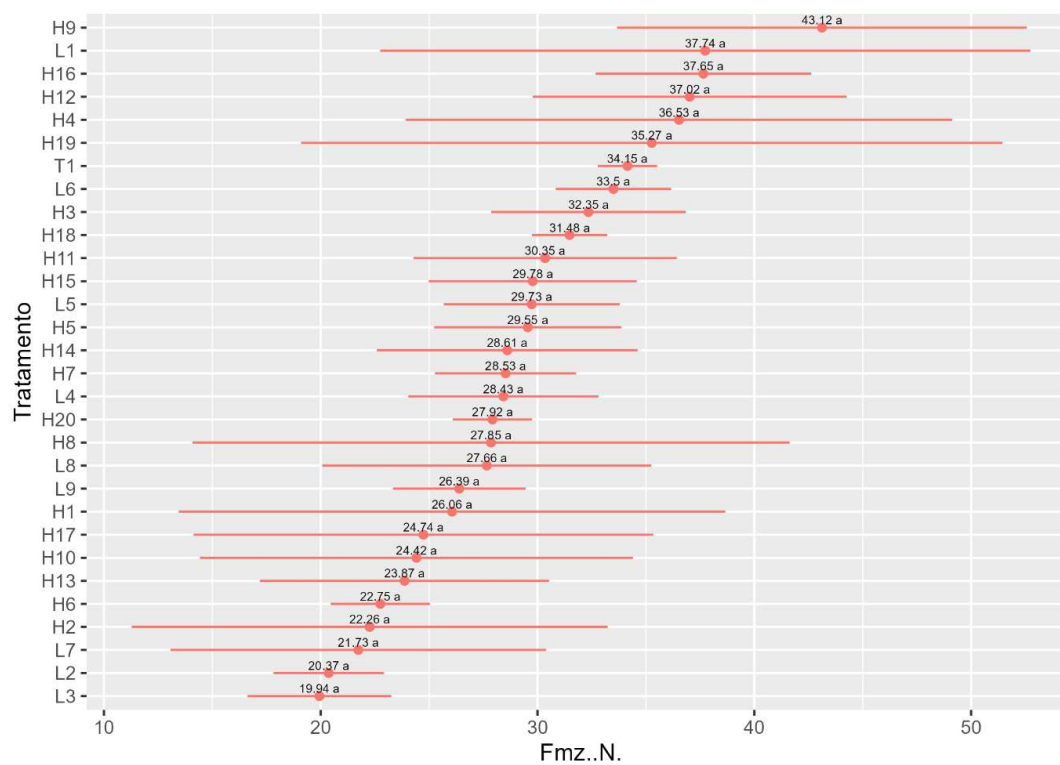
SHIRAHIGE, F. H. Produtividade e qualidade de híbridos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) dos segmentos Santa Cruz e Italiano em função do raleio de frutos, em ambiente protegido. 2009. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2009.

SOLIMAN, T. H. I.; EL-GABRY, M. A. H.; ABIDO, A. I. Heterosis, potency ratio and correlation of some important characters in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). **Scientia Horticulturae**, v. 150, p. 25-30, 2013.

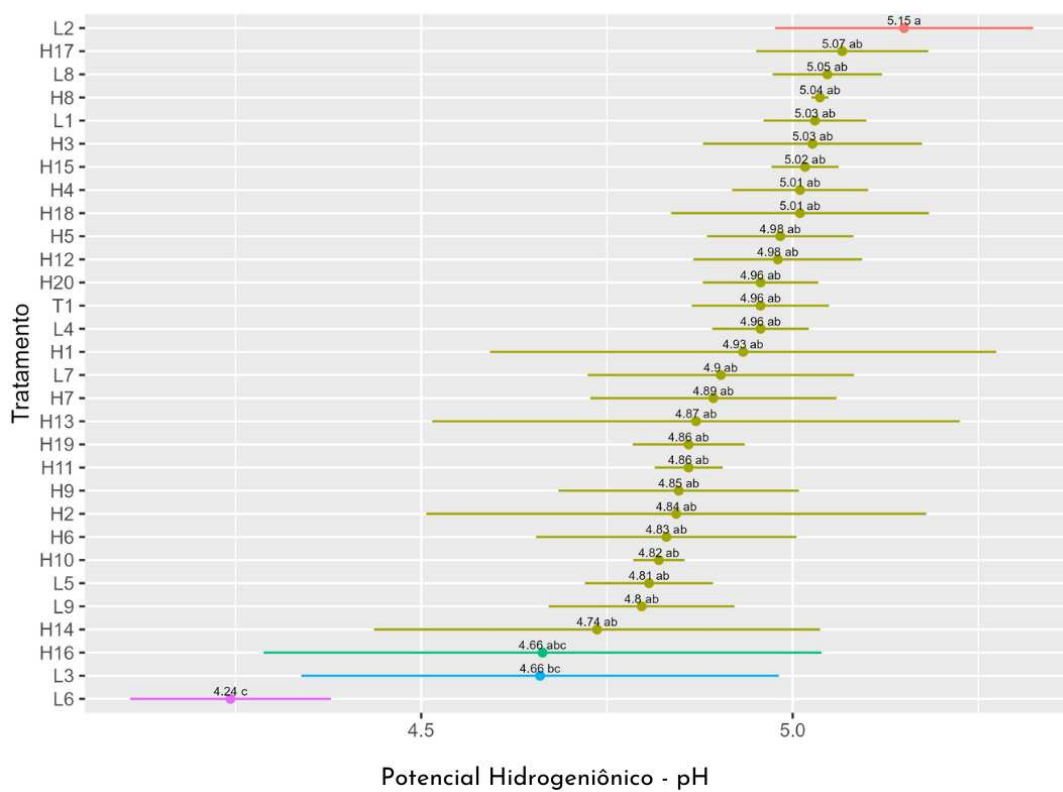
SPOONER, D.M.; PERALTA, I.E.; KNAPP, S. Comparison of AFLPs with other markers for phylogenetic inference in wild tomatoes *Solanum* L. section *Lycopersicon* (Mill.) Wettst. *Táxon*, Cincinnati, v.54, p.43-61, 2005. SEUS

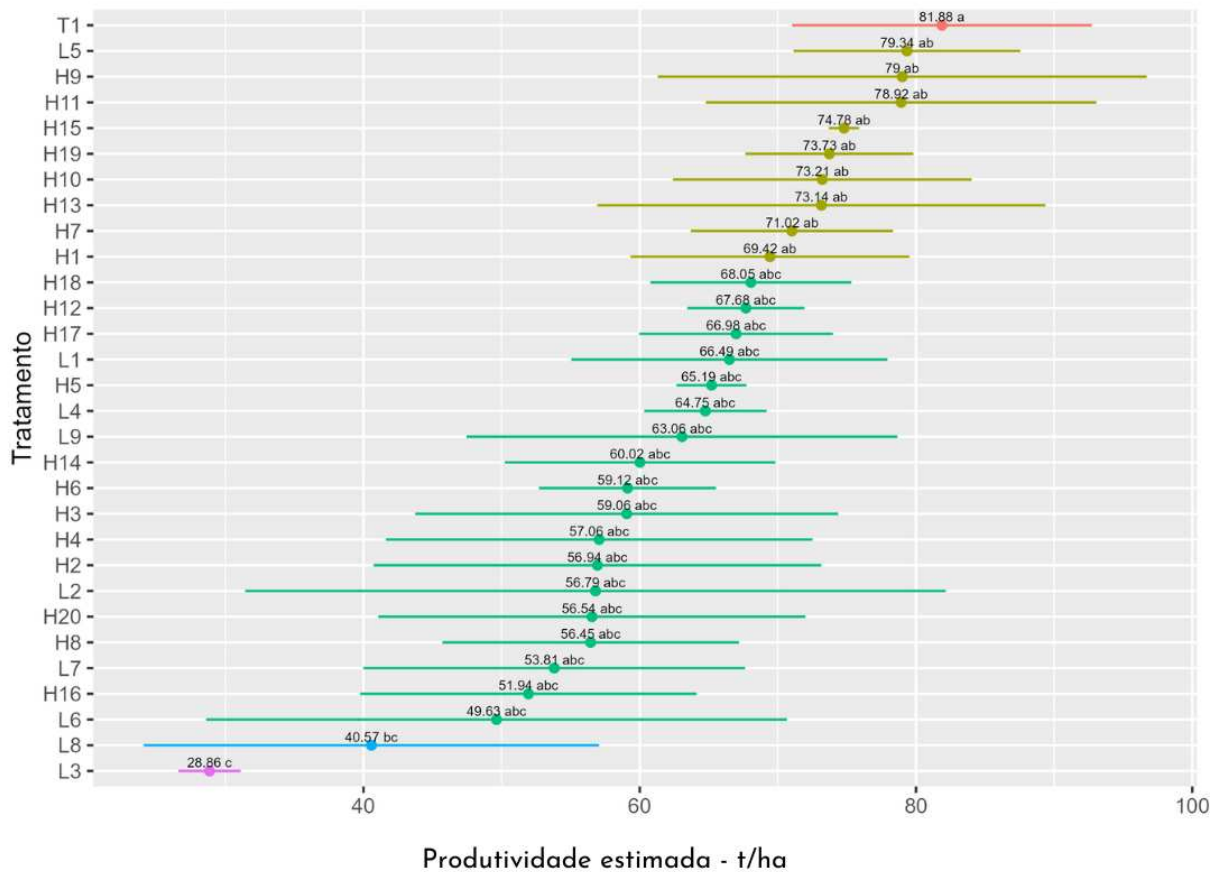
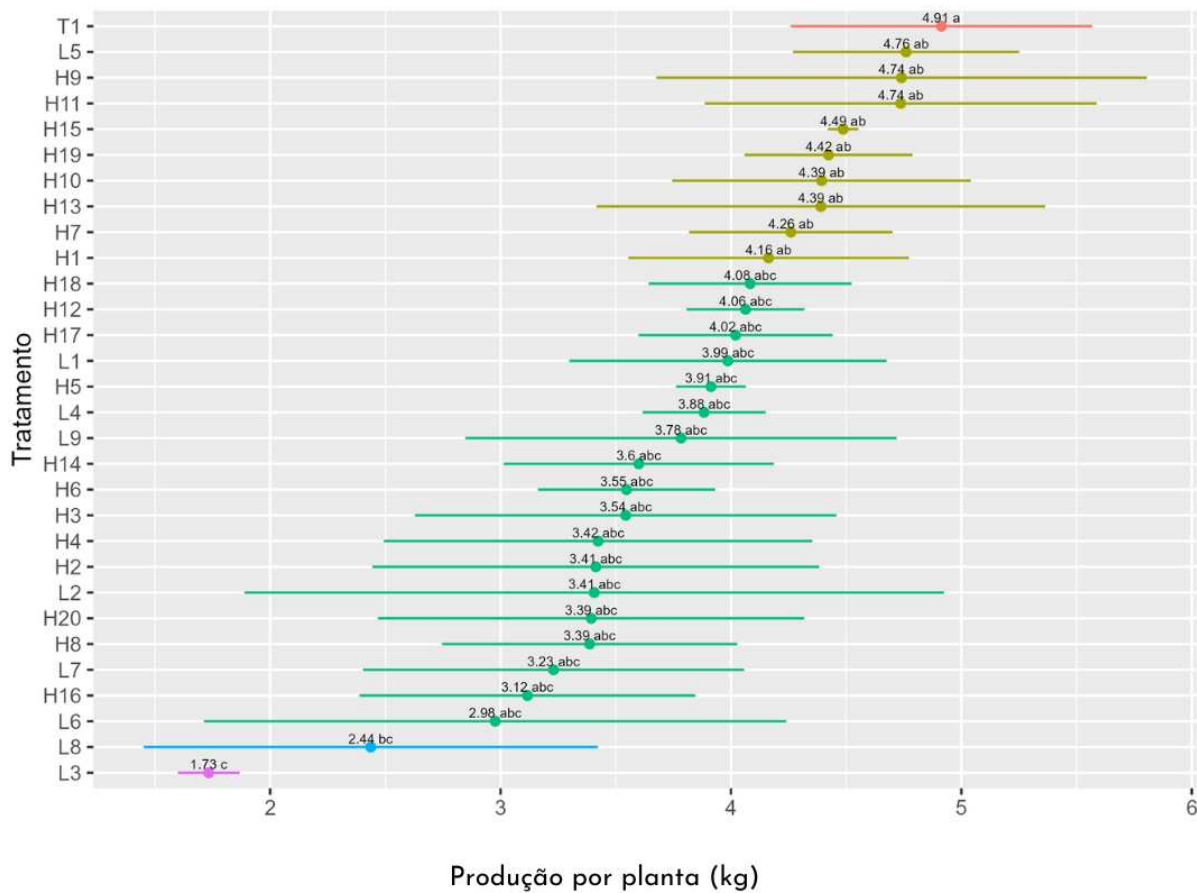
TAKAHASHI, H. W. et al. Management of the nutrient solution for postharvest quality oftomatoes with fertigation in sand. **Brazilian Journal of Food Technology**. v.21, 2018.

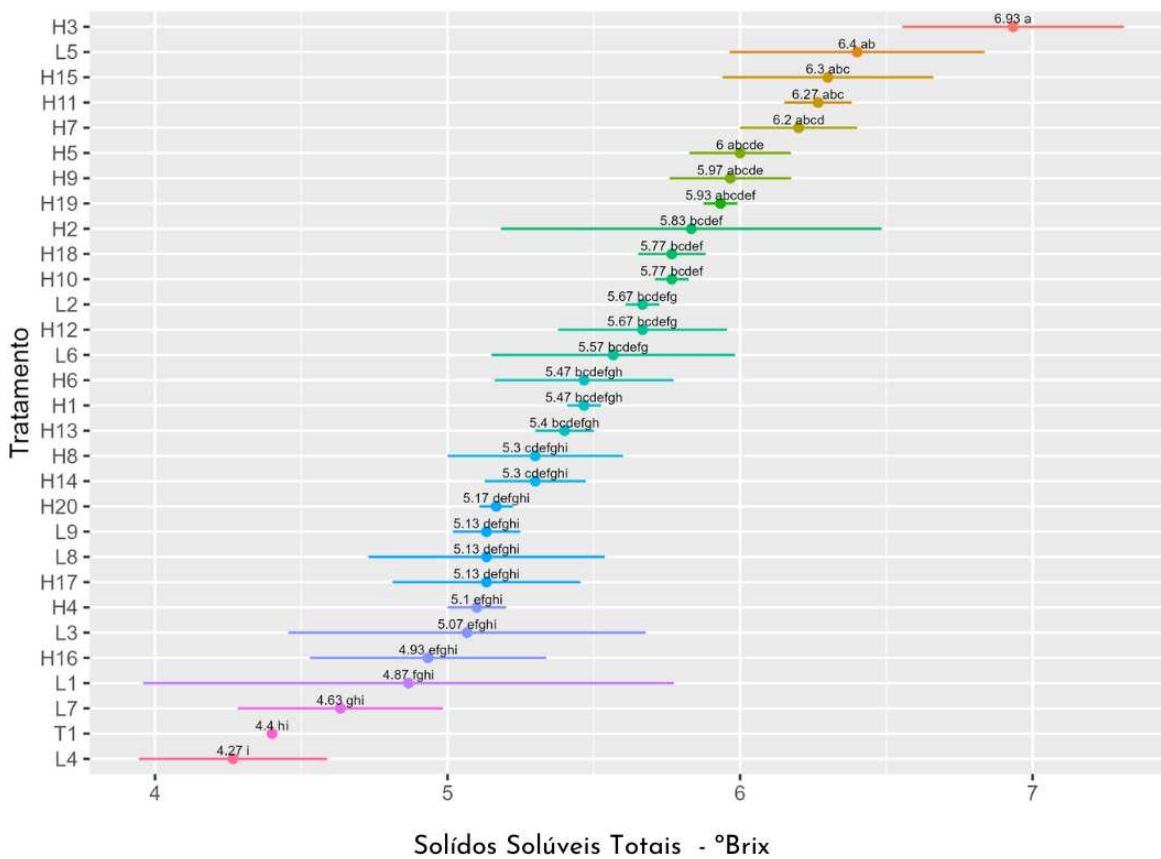
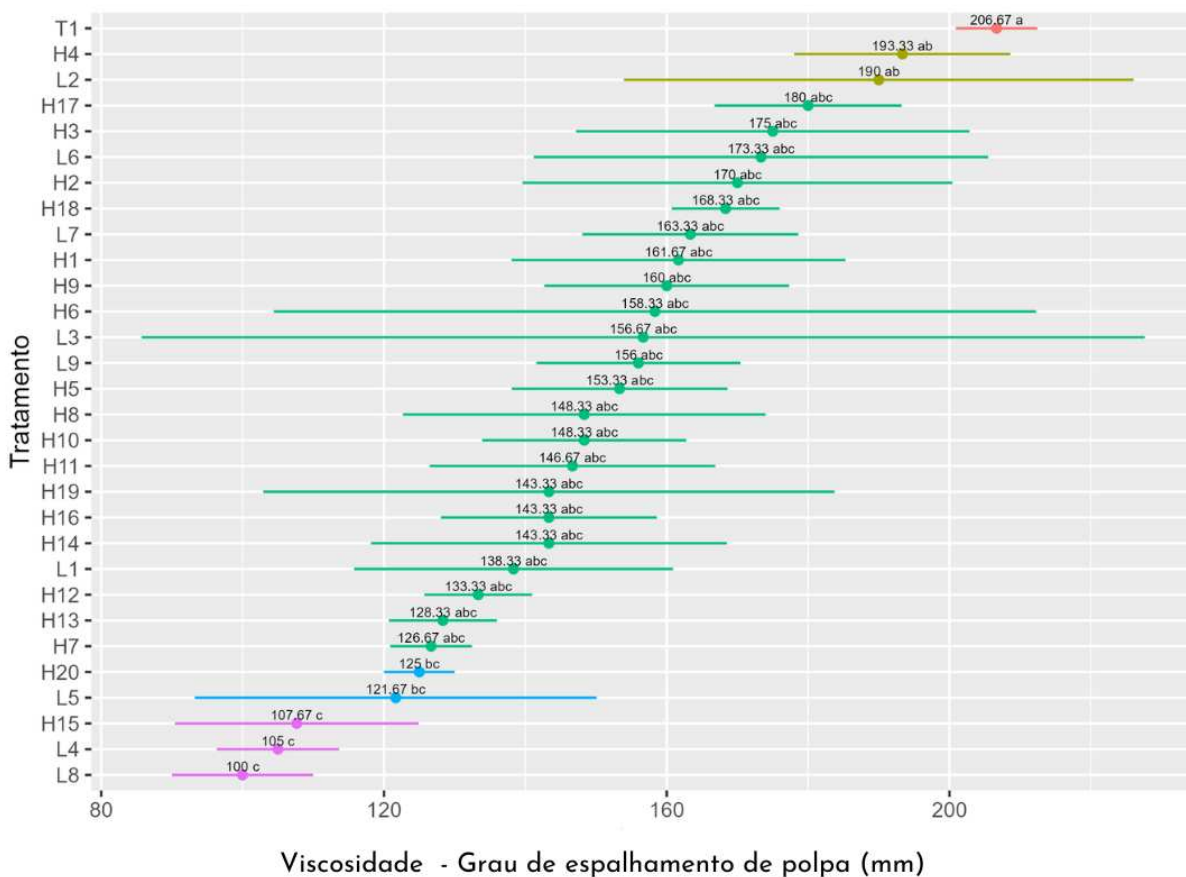
APÊNDICES

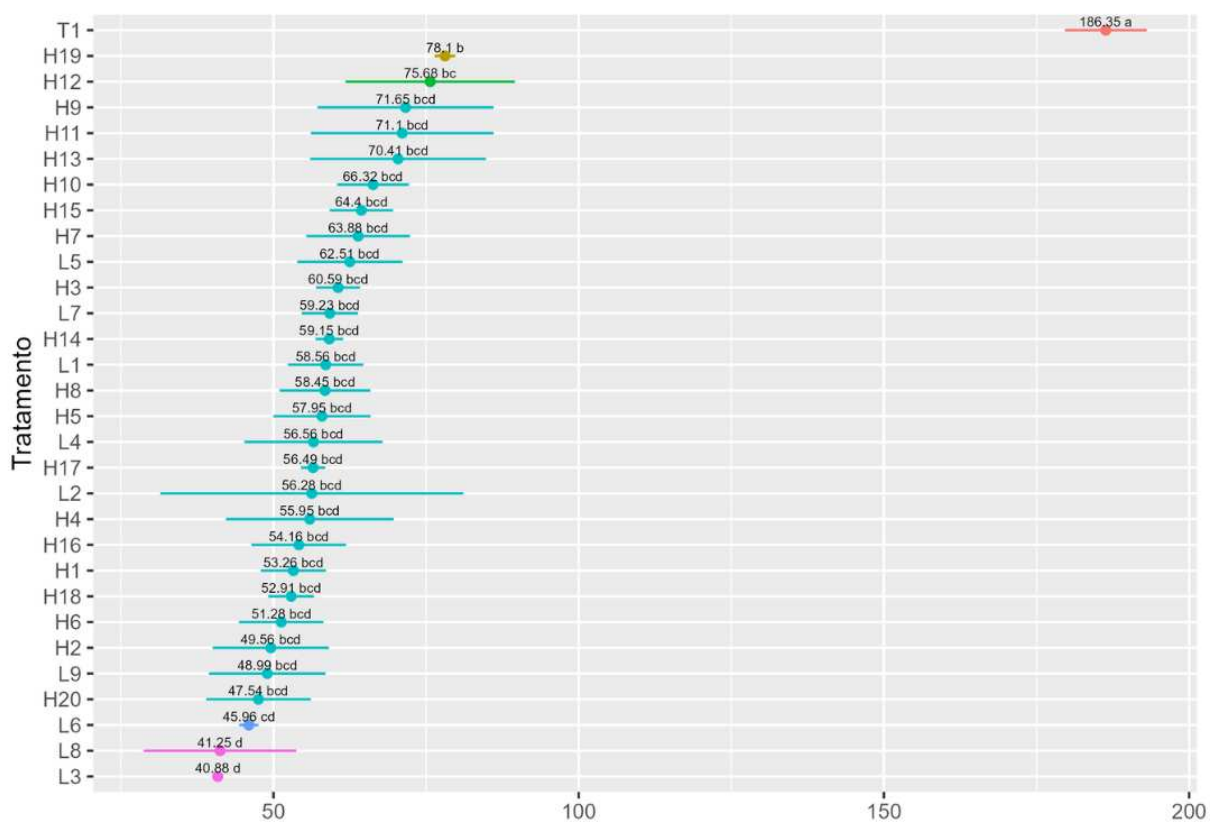


Gráficos dos testes de Tukey

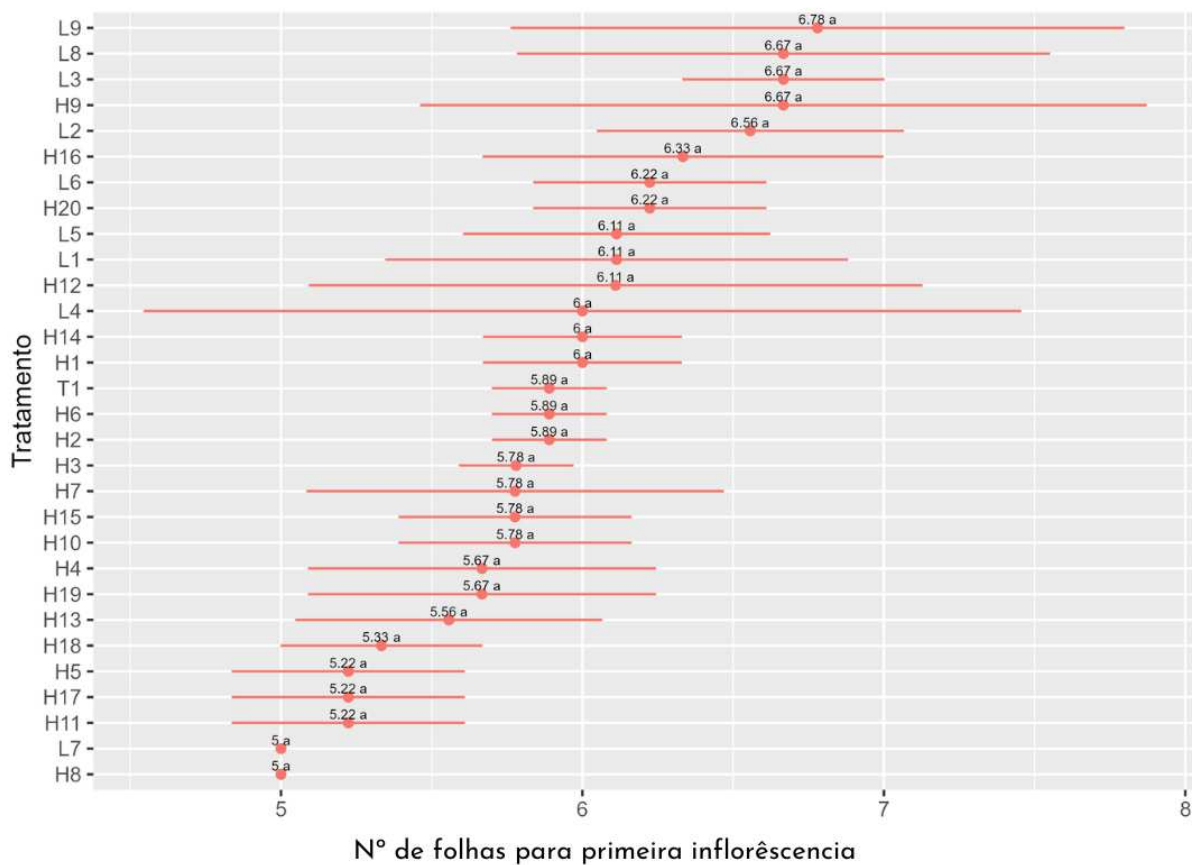








Peso médio do fruto (g)



N° de folhas para primeira inflorescência