



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Laura Hahn

**Avaliação Físico-Química de Genótipos Nacionais e Importados de Morango
(*Fragaria* × *ananassa*, Duch.) Cultivados no Brasil**

Florianópolis

2025

Laura Hahn

**Avaliação Físico-Química de Genótipos Nacionais e Importados de Morango
(Fragaria × ananassa, Duch.) Cultivados no Brasil**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Curso de Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Carolina de Oliveira Costa

Florianópolis

2025

Hahn, Laura

Avaliação Físico-Química de Genótipos Nacionais e Importados de Morango (*Fragaria* × *ananassa*, Duch.) Cultivados no Brasil / Laura Hahn ; orientadora, Ana Carolina de Oliveira Costa, 2025.

64 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Florianópolis, 2025.

Inclui referências.

1. Ciência e Tecnologia de Alimentos. 2. Ácidos orgânicos alifáticos. 3. Ácido ascórbico. 4. Análise de componentes principais. 5. Eletroforese Capilar de Zona. I. Oliveira Costa, Ana Carolina de . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. III. Título.

Laura Hahn

**Avaliação Físico-Química de Genótipos Nacionais e Importados de Morango
(Fragaria × ananassa, Duch.) Cultivados no Brasil**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos” e aprovado em sua forma final.

Florianópolis, 17 de junho de 2025.

Profa. Vívian Maria Burin, Dra.
Coordenador(a) do Curso

Banca Examinadora:

Profa. Ana Carolina de Oliveira Costa, Dra.
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Profa. Dra. Carmen Maria Oliveira Müller
Universidade Federal de Santa Catarina

Profa. Dra. Vívian Maria Burin
Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado aos meus pais, Zenilde e Márcio.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer especialmente à EMBRAPA - Clima Temperado e ao Dr. Luís Eduardo Antunes pelas amostras cedidas para a realização deste trabalho, pelo suporte e por esclarecer minhas dúvidas durante a escrita. Muito obrigada também aos olericultores responsáveis pelo cultivo dos morangos estudados, sem os quais este trabalho não seria possível.

Meu mais profundo agradecimento à minha família, em especial aos meus pais, Márcio e Zenilde, por jamais medirem esforços para que eu trilhasse o meu caminho. Obrigada por serem base, suporte emocional e financeiro, por me criarem para o mundo, pelos conselhos e por nunca saírem do meu lado em todos os momentos em que não pude estar perto de casa. Graças a vocês, tive a coragem de enfrentar os desafios que eu mesma tive o privilégio de escolher. Ao meu irmão Álvaro, obrigada por tornar a vida mais leve, mesmo estando longe. Se eu acredito que posso chegar aonde eu quiser, é por causa de vocês.

Agradeço à minha brilhante orientadora, Professora Doutora Ana Carolina Costa, por todo o acolhimento, dedicação, ensinamentos e por me dar direção. Ao Luciano Gonzaga, que me ensinou coisas que eu sequer imaginaria aprender, acreditou e confiou em mim e nunca duvidou do meu potencial. À Bibiana da Silva, que sorte a minha conhecer uma conterrânea que me ensinou tanto sobre a ciência dos alimentos. Muito obrigada por toda paciência, escuta e incentivo. Vocês são exemplos para mim, não só de profissionais, mas de seres humanos.

A todos os integrantes do Laboratório de Química de Alimentos que, de alguma forma, cruzaram meu caminho e deixaram um pouco de si na pessoa que me tornei durante a graduação, foi um prazer imenso auxiliá-los no laboratório em quase quatro anos de iniciação científica. Muito obrigada por todos os aprendizados, horas de experimentos, por todas as risadas, choros, cervejas, cafés e bolos compartilhados: Adriane, Ana Clara, Breno, Jamila, Mariana, Maria Alice, Patrícia, Victor e Fernanda. Agradeço também às minhas amigas Daniela e Luiza, por todos os momentos juntas, desabafos, conquistas, companheirismo e apoio mútuo no cotidiano.

Agradeço à Universidade Federal de Santa Catarina por ser uma segunda casa, por me dar a oportunidade de ingressar em um curso pelo qual sou apaixonada e por poder executar este trabalho. Aos professores que sempre despertaram em mim o desejo de ser uma futura profissional cada vez melhor. Ao Jonas Fedrigo, por fazer um trabalho tão humano e próximo aos alunos do curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Por fim, ao CNPq e à FAPESC por concederem as bolsas de iniciação científica durante a graduação, meu muito obrigada.

*Doubtless God could have made a better berry,
but doubtless God never did.*

(Dr. William Butler, século XVII)

RESUMO

O morango (*Fragaria* × *ananassa*, Duch.) é uma das frutas mais difundidas e consumidas no mundo, os consumidores se interessam principalmente por seu sabor e aroma característicos, bem como suas substâncias bioativas. Dessa forma, é importante que a oferta de morangos supra as expectativas dos consumidores com frutos nutritivos, saborosos, e que sejam resistentes às condições climáticas do local de cultivo. Para isso, programas de melhoramento genético buscam desenvolver seleções avançadas adaptadas ao clima e ao mercado brasileiro e diminuir a dependência do mercado fornecedor de mudas estrangeiras. Portanto, o objetivo deste trabalho de conclusão de curso é avaliar novos genótipos de morango produzidos no Brasil pelo Programa de Melhoramento Genético de Morangueiro da Embrapa - Clima Temperado, BRS DC25 (Fênix), BRS, DC22 e BRS DC09 e compará-las com as cultivares comerciais importadas produzidas por programas de melhoramento genético norte-americano: Fronteras, Monterey e San Andreas. Todas as amostras foram cultivadas na região de Pelotas - RS e as análises realizadas foram acidez total titulável (ATT), sólidos solúveis totais (SST), razão SST/ATT, pH, ácidos orgânicos alifáticos e ácido ascórbico. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e passaram por uma análise de componentes principais (ACP). Os resultados demonstram uma ATT para os genótipos brasileiros entre $0,57 \pm 0,013$ e $0,98 \pm 0,017$ g AC/100 g, SST de 7,48 a $11,40 \pm 0,58$ °Brix, razão SST/ATT de 10,05 a 16,65 e pH de 3,0 a $3,93 \pm 0,035$. Os teores de ácido ascórbico variaram de $19,69 \pm 1,10$ a $82,69 \pm 1,80$ mg/100 g, ácido cítrico de $75,78 \pm 4,85$ a $245,067 \pm 16,89$ mg/100g e ácido málico de 31,63 ± 6,069 a $97,306 \pm 3,55$ mg/100 g. Já as cultivares norte-americanas demonstraram valor de ATT que variou de $0,53 \pm 0,030$ a $0,87 \pm 0,001$ g AC/100 g, SST de 7,4 a $9,48 \pm 0,62^\circ$ Brix, razão SST/ATT de 10,23 a 15,75, pH $3,51 \pm 0,0058$ a $3,86 \pm 0,0058$. Já o conteúdo de ácido ascórbico permaneceu na faixa de $28,65 \pm 1,63$ a $56,44 \pm 0,24$ mg/100 g, ácido cítrico variou de $77,27 \pm 4,28$ a 239,16 mg/100 g e o ácido málico de 53,29 a 78,98 mg/100 g. A ACP foi realizada utilizando os componentes de maior contribuição para a correlação e explicou 80,6% da variabilidade, no entanto, utilizando os parâmetros analisados neste trabalho não foi possível observar padrões de agrupamento de variedades no plano gráfico e diferenciação entre genótipos nacionais e importados. O que não descarta o grande potencial agrônomo, produtivo, nutritivo que genótipos brasileiros entregam para toda a cadeia produtiva do morango, bem como a redução de custos para compra de mudas. Isso significa, que o estudo deve ser levado adiante para avaliação de demais parâmetros como o conteúdo de açúcares para melhorar a compreensão da qualidade geral dessas variedades.

Palavras-chave: Ácidos orgânicos alifáticos. Ácido ascórbico. Análise de componentes principais. Eletroforese capilar de zona.

ABSTRACT

Strawberries (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) are among the most consumed fruits in the world. Consumers are primarily interested by their distinctive flavor and aroma, as well as their bioactive compounds. Therefore, the strawberry supply chain must meet consumer expectations by providing nutritious and flavorful fruits that are also adapted to the climatic conditions of the regions where they are grown. To address these demands, genetic improvement programs aim to develop advanced selections adapted to the Brazilian climate and market, while also reducing dependence on imported seedlings. Thus, the objective of this undergraduate thesis is to evaluate new strawberry genotypes developed by the Embrapa Temperate Climate Breeding Program - namely, BRS DC25 (Fênix), BRS DC22, and BRS DC09 - and compare them to cultivars from North American breeding programs: Fronteras, Monterey, and San Andreas. All the samples were grown in the Pelotas - RS region and the analysis conducted were total titratable acidity (TTA), total soluble solids (TSS), TSS/TTA ratio, pH, aliphatic organic acids, and ascorbic acid content. The data were subjected to the analysis of variance (ANOVA) and principal component analysis (PCA). The Brazilian genotypes showed TTA values ranging from 0.57 ± 0.013 to 0.98 ± 0.017 g CA/100 g, TSS values from 7.48 to 11.40 ± 0.58 °Brix, TSS/TTA ratios from 10.05 to 16.65, and pH values from 3.00 to 3.93 ± 0.035 . Ascorbic acid content ranged from 19.69 ± 1.10 to 82.69 ± 1.80 mg/100 g, citric acid from 75.78 ± 4.85 to 245.07 ± 16.89 mg/100 g, and malic acid from 31.63 ± 6.07 to 97.31 ± 3.55 mg/100 g. North American cultivars showed TTA values between 0.53 ± 0.030 and 0.87 ± 0.001 g CA/100 g, TSS values from 7.40 to 9.48 ± 0.62 °Brix, TSS/TTA ratios ranging from 10.23 to 15.75, and pH values from 3.51 ± 0.0058 to 3.86 ± 0.0058 . Ascorbic acid content ranged from 28.65 ± 1.63 to 56.44 ± 0.24 mg/100 g, citric acid from 7.27 ± 4.28 to 239.16 mg/100 g, and malic acid from 53.29 to 78.98 mg/100 g. The PCA was carried out based on the main influential components for correlation and explained 80.6% of the data variability. However, based solely on the parameters investigated in this study, it was not possible to identify clear grouping patterns among the varieties in the graphical plot and distinguish between the national and imported genotypes. Nevertheless, this does not diminish the considerable agronomic and nutritional potential of the new Brazilian genotypes, which also offer the advantage of reducing seedling acquisition costs. Therefore, further studies are recommended to include additional parameters - such as sugar profile - to enhance the understanding of these genotypes' overall quality.

Keywords: Aliphatic organic acids. Ascorbic acid. Principal component analysis. Capillary zone electrophoresis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Morfologia do morango	16
Figura 2 - Cadeia produtiva do morango	20
Figura 3 - Estrutura química dos ácidos orgânicos comumente encontrados em morangos	28
Figura 4 - Estrutura química do ácido L-ascórbico	29
Figura 5 - Localização das propriedades de cultivo dos morangos	31
Figura 6 - Coleta das amostras e acondicionamento em embalagem plástica	31
Figura 7 - Amostras de morangos utilizados nas análises	34
Figura 8 - Eletroferograma do padrão de ácido ascórbico	44
Figura 9 - Eletroferograma obtido a partir da análise de ácido ascórbico em uma amostra de morango	44
Figura 10 - Eletroferograma da separação dos padrões de AOA	46
Figura 11 - Eletroferograma obtido a partir da análise de AOA em uma amostra de morango	47
Figura 12 - Gráficos de dispersão dos parâmetros avaliados para as amostras de morangos nacionais obtidos a partir da análise de variância (ANOVA)	51
Figura 13 - Gráficos de dispersão obtidos a partir da análise de variância (ANOVA) dos parâmetros avaliados nas amostras de morangos norte americanos	52
Figura 14 - Análise de componentes principais (ACP). (A) Gráfico de dispersão das amostras de morango e (B) Gráfico de dispersão das variáveis ($p < 0,05$)	53
Figura 15 - Análise de componentes principais (ACP). (A) Gráfico de dispersão das variáveis das amostras norte americanas (B) Gráfico de dispersão das amostras norte americanas. (C) Gráfico de dispersão das variáveis das amostras nacionais. (D) Gráfico de dispersão das amostras nacionais	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Levantamento de estudos sobre os efeitos do morango <i>in vitro</i> e <i>in vivo</i>	25
Tabela 2 - Composição química de morango <i>in natura</i> de acordo com três bases de dados	27
Tabela 3 - Detalhes do sistema de cultivo, localidades e datas de coletas das amostras	32
Tabela 4 - Resultados das análises de ATT (g de ácido cítrico/100 g), SST (°Brix) e razão SST/ATT de genótipos nacionais e importados de morango	39
Tabela 5 - Resultados da análise de pH em genótipos nacionais e importados de morango	42
Tabela 6 - Resultados da análise de ácido ascórbico (mg/100 g) em variedades nacionais e importadas de morango	45
Tabela 7 - Resultados da análise de AOA (mg/100 g) em variedades de morangos nacionais e importadas	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACP - Análise de Componentes Principais

ANOVA - Análise de Variância

AOA - Ácidos Orgânicos Alifáticos

ATT - Acidez Total Titulável

BGE - Eletrólito de Corrida (do inglês *Background Electrolyte*)

BRS DC - Brasil, Sementes, Dias Curtos

CAL - Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos

CCA - Centro de Ciências Agrárias

CTAB - Brometo de Cetiltrimetilamônio (do inglês, *Cetyltrimethylammonium bromide*)

DAD - Detector de Arranjo de Diodos (do inglês, *Diode Array Detector*)

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (do inglês, *Food and Agriculture Organization of the United Nations*)

HPLC - Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (do inglês *High Performance Liquid Chromatography*)

IAC - Instituto Agronômico de Campinas

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

L-AA - Ácido L-ascórbico (do inglês, *L-ascorbic acid*)

MES - ácido 2-(N-morfolino) etanosulfônico (do inglês, *2-morpholinoethanesulfonic acid*)

RE - Equivalentes de Retinol (do inglês, *retinol equivalent*)

RAE - Equivalentes de Atividade de Retinol (do inglês, *retinol activity equivalent*)

RS - Rio Grande do Sul

SC - Santa Catarina

SC - Solo convencional

SO - Sistema orgânico

SSA - Sem solo aberto

SSF - Sem solo fechado

SST - Sólidos Solúveis Totais

TACO - Tabela Brasileira de Composição de Alimentos

TBCA - Tabela Brasileira de Composição de Alimentos

TFA - Ácido trifluoroacético (do inglês, *Trifluoroacetic acid*)

TRIS - Tris-(hidroximetil)-aminometano (do inglês, *Tris(hydroxymethyl)aminomethane*)

USDA - Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (do inglês, *United States Department of Agriculture*)

SUMÁRIO

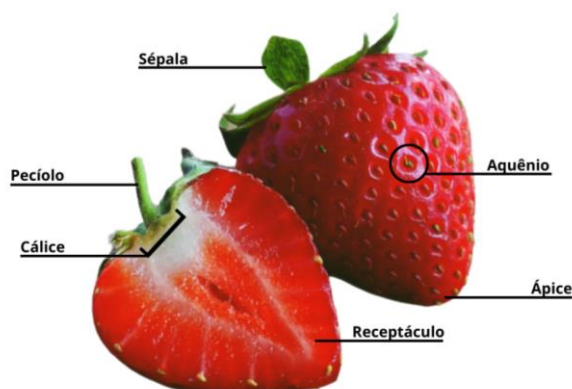
1. INTRODUÇÃO	16
1.1 Objetivos	18
1.1.1 Objetivo geral.....	18
1.1.2 Objetivos específicos	18
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1 O morango <i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	19
2.2 Genótipos de morangos e suas características	21
2.2.1 Cultivar Fronteras	22
2.2.2 Cultivar San Andreas	22
2.2.3 Cultivar Monterey	22
2.2.4 Cultivar BRS DC25 (Fênix).....	22
2.3 Composição química e bioativa do morango	23
2.3.1 Ácidos orgânicos alifáticos.....	28
2.3.2 Ácido ascórbico	28
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	30
3.1 Amostragem e identificação dos genótipos	30
3.3 Instrumentação	34
3.4 Análises.....	35
3.4.1 Determinação da acidez total titulável	35
3.4.2 Determinação do pH.....	35
3.4.3 Determinação dos sólidos solúveis totais	35
3.4.4 Determinação dos ácidos orgânicos alifáticos	36
3.4.5 Determinação do ácido ascórbico	36
3.5 Análise estatística	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1 Análises físico-químicas	38
4.2 Ácido ascórbico	43
4.3 Ácidos orgânicos alifáticos	45
4.4 Análise de variância (ANOVA)	49
4.5 Análise de componentes principais	53
5. CONCLUSÃO	56
REFERÊNCIAS.....	57

1. INTRODUÇÃO

Morango (*Fragaria* × *ananassa*, Duch.) é o nome popular dado ao pseudofruto do morangueiro. A estrutura vermelha, carnosa e succulenta é o receptáculo em que se fixam os carpelos, que depois de maduros são denominados aquênios, que são os verdadeiros frutos, vulgarmente conhecidos como sementes (Grau, 1979; Padovani, 1991) (Figura 1). O morango é uma das frutas mais difundidas e consumidas no mundo, tanto por ter sabor e aroma agradáveis quanto por possuir substâncias bioativas, como compostos fenólicos, vitamina C e polifenóis (Anzolin *et al.*, 2024; Michalska *et al.*, 2016; Milosavljević *et al.*, 2023; Zeist; Resende, 2019), que estão possivelmente ligados a propriedades anti-carcinogênicas, anti-inflamatórias, anti-síndrome metabólica e anti-neurodegenerativa (Huang *et al.*, 2022; Gasparrini *et al.*, 2017; Cassidy *et al.*, 2011; Amatori *et al.*, 2015; Törrönen *et al.*, 2013; Schell *et al.*, 2017; Nofal *et al.*, 2023; Krikorian; Shidler; Summer, 2023) (Tabela 1).

O morangueiro pertence à família *Rosaceae*, é uma angiosperma dicotiledônea e a planta, como é conhecida atualmente, é resultado da hibridização de muitas espécies, entre elas a *F. chiloensis* e a *F. virginiana* (Vignolo *et al.*, 2016; Zeist; Resende, 2019).

Figura 1 - Morfologia do morango



Fonte: Adaptado de Vignolo *et al.*, 2016.

Com as novas exigências do mercado, visando alimentos mais nutritivos, seguros e de alta qualidade, surgem novas demandas para a cadeia produtiva. Se torna necessária a introdução de variedades mais resistentes a doenças, resistentes às mudanças climáticas e com vistas à preservação ambiental (Madail, 2016), daí a importância de programas de

melhoramento genético para o desenvolvimento de novas cultivares. No Brasil, as primeiras cultivares nacionais foram introduzidas pela Estação Experimental de Pelotas, ligada ao então Ministério da Agricultura, e pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) na década de 1960. A introdução de cultivares adaptadas para as particularidades do Brasil resultou no aumento da produção de morangos. Desde então os programas buscavam principalmente características de peso, cor, sabor, produtividade e resposta à temperatura e ao fotoperíodo (Oliveira; Antunes, 2016).

Dependendo do fotoperiodismo¹, as cultivares de morangueiro podem ser classificadas em: variedades de dias curtos, variedades de dias neutros e variedades de dias longos (Gonçalves *et al.*, 2016). As variedades de dias longos são aquelas que florescem no verão, quando o número de horas de incidência solar é superior a 12 horas em regiões de clima temperado. No Brasil não há o cultivo dessas variedades. As cultivares de dias curtos têm a floração favorecida no inverno, quando as temperaturas caem para menos de 28°C e os dias ficam mais curtos, um exemplo de cultivar de dia curto é a Fronteras. Já as cultivares de dias neutros florescem de forma contínua, ou seja, o fotoperíodo não influencia a produção, mas sim a temperatura, é o caso das cultivares Monterey e San Andreas (Gonçalves *et al.*, 2016; Wrege *et al.*, 2007).

Todas as cultivares citadas, bem como boa parte das mudas plantadas no Brasil atualmente, são importadas de programas de melhoramento de cultivares dos Estados Unidos, essas mudas então são cultivadas por viveiristas no Chile ou Argentina e adquiridas pelos olericultores brasileiros. A dependência de mudas importadas do mercado brasileiro tem como consequência altos custos, plantio tardio e riscos de introdução de patógenos estrangeiros. A produção de mudas nacionais possibilitaria a obtenção de mudas adaptadas ao clima das regiões de plantio de morango, considerando características de solo, fotoperíodo, temperatura e incidência de pragas (Zeist; Resende, 2019).

Atualmente as mudas brasileiras disponíveis no mercado não apresentam qualidades fisiológicas e fitossanitárias satisfatórias e, por isso, os produtores adquirem mudas produzidas no Chile e Argentina, que são mais produtivas quando comparadas com as nacionais (Cocco *et al.*, 2016). Para reverter esse cenário, instituições brasileiras como a Embrapa Clima Temperado, Universidade Federal de Lavras, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Universidade Estadual de Londrina e a Universidade do Oeste Paulista, têm trabalhado para a

¹ Resposta fisiológica da planta à variação da duração do dia e da noite (Gonçalves *et al.*, 2016).

criação de mudas nacionais adaptadas às condições edafoclimáticas do Brasil capazes de produzir tanto quanto as mudas importadas (Zeist; Resende, 2019).

Cultivares desenvolvidas para certas regiões do mundo, podem apresentar respostas diferentes às esperadas quando cultivadas em outras regiões. Isso ocorre no Brasil, com plantas que possuem boa produtividade e resistência a pragas, mas produzem frutos insípidos (Oliveira; Antunes, 2016). Estudos avaliando e comparando cultivares brasileiras e americanas também dão subsídio para programas de melhoramento genético, já que podem demonstrar se as cultivares nacionais têm o potencial de competir pelo mercado dominado por cultivares estrangeiras (Delazeri *et al.*, 2024). Por isso, neste trabalho serão avaliadas uma cultivar e duas novas seleções avançadas² brasileiras desenvolvidas pelo Programa de Melhoramento Genético de Morangueiro da Embrapa, são elas: BRS DC25 (Fênix), lançada em 2023, e BRS DC22 e BRS DC09 que ainda não foram lançadas comercialmente, bem como três cultivares americanas: Fronteras, Monterey e San Andreas.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

O principal objetivo deste trabalho de conclusão de curso é avaliar as características físico-químicas das variedades de morango nacionais produzidas por programas de melhoramento genético brasileiros e compará-las com as cultivares comerciais importadas produzidas por programas de melhoramento genético americano.

1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar os parâmetros físico-químicos (acidez total titulável, sólidos solúveis totais, razão SST/ATT, pH) dos genótipos de morango nacionais e importados;
- Quantificar os ácidos orgânicos alifáticos: cítrico e málico,;
- Quantificar o ácido ascórbico presente nas amostras por eletroforese capilar;
- Comparar os resultados obtidos entre genótipos nacionais e importados, utilizando análise estatística apropriada, para identificar diferenças significativas das seleções brasileiras em relação às estrangeiras.

² Termo utilizado para genótipos que estão no processo de testes a campo e que ainda não obtiveram dados robustos e conclusivos para lançamento ao mercado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

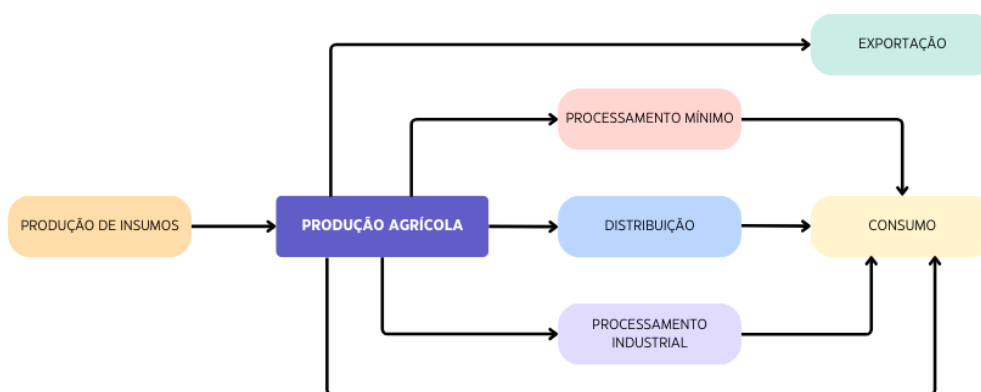
2.1 O morango *Fragaria* × *ananassa* duch.

Segundo dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), no ano de 2023, o Brasil permaneceu entre os 10 maiores produtores de morangos do mundo tanto em valor bruto de produção, quanto em volume de produção. O país se encontra na 9ª posição com 187,796 toneladas produzidas e com valor bruto de produção de Int\$³306,6 milhões (FAOSTAT, 2025). No mundo, em 2023 o rendimento da produção chegou a mais de 10 milhões de toneladas em uma área cultivada de 434 mil hectares e os continentes que lideram em produção são a Ásia (51,1%), Américas (22,8%) e Europa (17%) (FAOSTAT, 2025). Do grupo das frutas vermelhas, o morango é a mais consumida, produzida e comercializada (Pereira *et al.*, 2025) e no Brasil, os maiores produtores são Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Paraná, Espírito Santo e Santa Catarina com 92.206, 13.256, 7.989, 7.772 e 5.481 toneladas produzidas, respectivamente (IBGE, 2017).

Segundo Madail (2016), a cadeia produtiva do morango, que pode ser observada na Figura 2, abrange, antes da produção agrícola, a produção de insumos e após a produção agrícola, a distribuição do morango *in natura* ou processado. Antes da produção agrícola estão a produção de insumos incluindo o comércio de materiais utilizados no campo, como lonas, arames, defensivos agrícolas, implementos e máquinas, fertilizantes, embalagens, os viveiristas que produzem as mudas e os laboratórios que produzem matrizes (Madail, 2016). Outros elos importantes na cadeia produtiva do morango são as instituições de pesquisa, entidades de assistência técnica, órgãos reguladores, linhas de financiamento e universidades, que trabalham no estudo e fornecimento de novas mudas adaptadas às diferentes condições de cultivo, apoio aos produtores, desenvolvimento de novos produtos, implementação de novas tecnologias e melhoria da qualidade do produto e processamento (Amaro, 2002).

³ “Para comparações internacionais, os preços [dos alimentos] são convertidos em dólares internacionais usando taxas de câmbio de paridade de poder de compra e distribuições de renda nacional” (FAO, 2023)

Figura 2 - Cadeia produtiva do morango



Fonte: Madail (2016) com modificações.

Dentre os processamentos mais comuns realizados com morangos estão a produção de geleias, sucos, néctares, sucos concentrados, polpas congeladas, pasteurizadas ou não, fruta liofilizada, desidratada e congelamento individual com ou sem açúcar (Krolow, 2016). Além desses também é possível citar as caldas, doces em massa, recheios, sorvetes e produtos de confeitaria (Amaro, 2002). No entanto, o destino da maior parte da produção é o comércio da fruta *in natura* (Madail, 2016) já que frutas frescas têm suas propriedades nutricionais, bioativas e sensoriais preservadas quando colhidas no estágio correto de maturação, ou seja, quando mais de 75% do receptáculo estiver vermelho-brilhante (Arend *et al.*, 2017; Cantillano, 2016; Oviedo *et al.*, 2017; Zeneli; Ventura; Frisio, 2024).

O morango é considerado impróprio para consumo e processamento caso menos da metade da sua superfície não esteja com a coloração vermelha, por não ter desenvolvido aromas e ter sabor muito ácido e adstringente (Chitarra e Chitarra, 2005). Para uma produção de frutos de qualidade, além do manejo adequado, é necessário avaliar as características físico-químicas do morango e conhecer os seus atributos, principalmente quando consideramos o lançamento de novas cultivares no mercado (Calvete, *et al.*, 2016).

Os atributos que possuem maior influência na percepção sensorial de morangos são os açúcares e os ácidos orgânicos presentes na matriz (Calvete, *et al.*, 2016). De acordo com de Resende *et al.* (2008) a qualidade dos frutos tem como fatores determinantes a cor, textura, aroma e a razão açúcar:acidez, sendo o último o mais importante na aceitação do consumidor. Essa razão se altera no decorrer da maturação dos frutos como consequência de inúmeras transformações bioquímicas, o conteúdo de açúcares aumenta e a acidez é reduzida. A estrutura polissacarídica influencia na textura, sabor, aroma e na liberação dos ácidos orgânicos. Os

ácidos presentes na matriz interferem nas propriedades de geleificação da pectina, síntese de pigmentos e controle do pH da célula vegetal. Essas transformações são específicas de cada espécie de planta, o que significa que o sabor depende da cultivar (Resende *et al.*, 2008).

Os açúcares encontrados em maiores quantidades em morangos são a glicose, frutose e sacarose e os ácidos orgânicos são o ácido cítrico e málico (Enomoto, *et al.*, 2018). Por isso, a criação de novas cultivares tem como um de seus objetivos a introdução de plantas que irão gerar frutos mais palatáveis, saborosos ou atraentes e que ainda assim sejam altamente nutritivos (Milosavljević *et al.*, 2023).

Além da seleção de genótipos que apresentem características produtivas e sensoriais desejadas, o cuidado na colheita, manejo pós-colheita, armazenamento e transporte são fatores que merecem atenção. O morango é um fruto não climatérico que só deve ser colhido quando alcançar o estágio de maturação correto e possui uma taxa metabólica alta, o que o torna altamente perecível. Após a colheita a alta taxa respiratória torna o morango suscetível à contaminação fúngica, amolecimento e podridão, o que dificulta o transporte e armazenamento dos frutos e por consequência resulta em perdas econômicas (Mirahmadi *et al.*, 2011.; de Souza *et al.*, 2021). É indispensável que logo após a colheita, os morangos sejam submetidos ao resfriamento a fim de evitar danos e queda na lucratividade, além de possibilitar o transporte para o comércio (Margarim; Cantillano; Coutinho, 2006). Além disso, Margarim, Cantillano e Coutinho (2006), observaram que a higiene dos coletores e caixas aliada à utilização de embalagens adequadas e pré-resfriamento também são fatores que implicam no prolongamento da vida de prateleira de morangos.

2.2 Genótipos de morangos e suas características

Na região sul do Brasil, em geral, o cultivo do morango ocorre no inverno e abrange os meses de maio, junho e julho. A produção de cultivares de dias curtos inicia no inverno, no mês de agosto e se estende até o verão, nos meses de dezembro e janeiro. Já as cultivares de dias neutros têm o cultivo estendido entre janeiro e fevereiro (Chiomento *et al.*, 2021). As cultivares mais produzidas no sul do Brasil são Albion, Camarosa e San Andreas, e para diversificar a produção, agricultores buscam utilizar as variedades Fronteras e Merced (Chiomento *et al.*, 2021), sendo todas de origem norte-americana. Isso significa que essas variedades foram desenvolvidas para as condições de cultivo e fatores edafoclimáticos dos Estados Unidos. A interação entre cultivar e ambiente determina a adaptação de uma

determinada cultivar a um ambiente diferente daquele para o qual a variedade foi selecionada (Oliveira; Antunes, 2016).

2.2.1 Cultivar Fronteras

De acordo com os autores da patente, a cultivar Fronteras é uma variedade de dias curtos, com uma produtividade superior quando comparada à variedade Camarosa, com frutos maiores, de qualidade superior e produção mais precoce que acontece no mês de junho (Larson; Davis, 2016). Foi desenvolvida para o ciclo de produção do sul da Califórnia, é uma variedade com resistência a doenças e tem necessidade de 200 a 400 horas de frio (Johnson; Hoffmann, 2024). Além disso, quando comparada com outras cultivares como Albion, Camino Real, Monterey, Brilliance, Sweet Charlie e Florida Sensation, apresentou tamanho médio dos frutos superior a todas as outras (Johnson; Hoffmann, 2024). No estudo de Johnson e Hoffmann (2024) os autores observaram que na safra de 2022-2023, a cultivar Fronteras ficou entre as variedades que não atingiu o padrão mínimo de sólidos solúveis totais para a aceitabilidade dos consumidores, que é de 7,0%.

2.2.2 Cultivar San Andreas

Essa é uma cultivar de dias neutros, remontante, o que gera um maior rendimento na colheita. Tem maior resistência a doenças e gera frutos grandes (Larson; Davis, 2009) com peso médio de 31,6 g (Oliveira; Antunes, 2016). Atualmente no Brasil a cultivar San Andreas, juntamente com a cultivar Albion, ocupam cerca de 65% da área de cultivo de morango (Anzolin *et al.*, 2024). Essa variedade também se destaca pela firmeza dos frutos e sabor excelente, que contribuem para atrair consumidores (Dos Santos *et al.*, 2020).

2.2.3 Cultivar Monterey

É uma variedade de dias neutros e quando comparada a cultivar Albion, possui frutos mais doces e firmes (Larson; Davis, 2009) e possui boa resistência às doenças de ocorrência comum em morangueiro (Oliveira; Antunes, 2016). Produz frutos grandes e requer entre 250 e 450 horas de frio (Johnson; Hoffmann, 2024).

2.2.4 Cultivar BRS DC25 (Fênix)

Segundo o programa de melhoramento genético da Embrapa Clima Temperado, o morango Fênix atende a preferência do consumidor brasileiro por ter uma razão entre açúcares e acidez maior, ou seja, frutos mais doces. É uma cultivar que produz frutos para a

comercialização *in natura*, preferencialmente, com cor vermelha intensa, boa firmeza e uma boa durabilidade pós-colheita. O peso médio dos morangos é de 23 g. Além disso, o morangueiro da cultivar BRS DC25 (Fênix) tem uma janela de produção de frutos de sete meses (junho - dezembro) devido ao início precoce de produção e à redução do tempo entre plantio das mudas e início da colheita (EMBRAPA, 2023b).

Esta nova cultivar é considerada uma variedade de dias curtos, mesmo que sua produção se estenda até o verão (EMBRAPA, 2023b), que se adapta às condições características das regiões sul e sudeste e que pode ser cultivada tanto no sistema convencional quanto no orgânico (EMBRAPA, 2023a). Tem capacidade de produção de até 1,2 kg de morango por planta por safra e mantém o tamanho dos frutos durante toda a temporada, se bem manejada (EMBRAPA, 2023a).

As seleções avançadas BRS DC09 e BRS DC22, ainda não foram lançadas no mercado e ainda passam por testes de campo e caracterização físico-química e agrônômica. Dessa forma, as informações publicadas acerca dessas duas seleções ainda estão em estágios preliminares, por isso as informações detalhadas sobre esses genótipos reunidas neste trabalho, constam na seção de resultados e discussão.

2.3 Composição química e bioativa do morango

Morangos contêm uma ampla variedade de nutrientes, como minerais, fibras, vitaminas, ácidos graxos, entre outros e compostos bioativos, como antocianinas e ácidos orgânicos. Esses componentes desempenham funções antioxidantes nas células, anti-inflamatórias e eliminam radicais livres. Essas funções fazem deste alimento um aliado para a prevenção e proteção contra doenças neurodegenerativas, síndrome metabólica, hipertensão, alguns tipos de câncer e doenças crônicas (Miller; Feucht; Schmid, 2019).

Na Tabela 1, foram reunidos alguns estudos dos efeitos que esses nutrientes encontrados em morangos causam em modelos animais, *in vitro* e em seres humanos. Os principais compostos avaliados foram compostos fenólicos, flavonóides, polifenóis e antocianinas. Os estudos *in vitro* demonstraram atividades anti-inflamatórias, antioxidantes, inibição do crescimento e proliferação de células cancerígenas (Gasparrini *et al.*, 2017; Huang *et al.*, 2022; Nofal *et al.*, 2023). Os resultados dos estudos em modelos animais indicam atividade anticancerígena, imunoestimulante e anti-inflamatória (Amatori *et al.*, 2015; Nofal *et al.*, 2023). Em seres humanos, os compostos bioativos do morango podem reduzir o risco de hipertensão, reduzir dor crônica decorrente de inflamação, reduzir os efeitos do envelhecimento

cognitivo e melhorar o perfil glicêmico pós-prandial (Cassidy *et al*, 2011; Krikorian; Shidler; Summer, 2023; Schell *et al.*, 2017; Törrönen *et al.*, 2013).

Dentre esses compostos se destacam: vitaminas, como A, D, K, C, E, tiamina, riboflavina, B6 e niacina, folato, minerais, como fósforo, magnésio, cobre e iodo; compostos fenólicos, como pelargonidina e cianidina, polifenóis, no qual o maior grupo são as antocianinas, sendo a mais comum a pelargonidina-3-glicosídeo e o ácido elágico (Giampieri, 2015; Newerli-Guz *et al.*, 2023; Michalska *et al.*, 2016).

Tabela 1 - Levantamento de estudos sobre os efeitos do morango *in vitro* e *in vivo*

Título	Amostra	Propriedades observadas	Tipo de estudo	Referência
Protective effects of non-extractable phenolics from strawberry against inflammation and colon cancer in vitro	Morangos liofilizados	Os fenólicos não extraíveis exerceram capacidade preventiva contra a inflamação induzida por lipopolissacarídeos (LPS) em macrófagos e inibiram o crescimento e a proliferação de células de câncer de cólon HCT 116, induzindo parada do ciclo celular na fase G2/M e apoptose.	<i>in vitro</i>	Huang <i>et al.</i> , 2022
Anti-inflammatory effect of strawberry extract against LPS-induced stress in RAW 264.7 macrophages	Cultivar 'Alba'	O tratamento com morango neutralizou a inflamação induzida por LPS de E. Coli em macrófagos RAW 264.7, melhorou a defesa antioxidante e reduziu a produção de citocinas inflamatórias.	<i>in vitro</i>	Gasparrini <i>et al.</i> , 2017
Habitual intake of flavonoid subclasses and incident hypertension in adults	Morangos e mirtilos	Associação entre ingestão habitual de flavonoides e hipertensão incidente em um estudo prospectivo em 29.018 mulheres e 5.629 homens hipertensos. Reduz o risco de hipertensão, melhora as propriedades vasodilatadoras pela diversidade de estruturas dos flavonóides.	Prospectivo	Cassidy <i>et al.</i> , 2011
Polyphenol-rich strawberry extract (PRSE) shows in vitro and in vivo biological activity against invasive breast cancer cells	Cultivar 'Alba'	O extrato rico em polifenóis de morango exerce importantes atividades biológicas contra uma linhagem celular de câncer de mama altamente invasiva (A17), tanto in vitro quanto in vivo.	<i>in vitro</i> e <i>in vivo</i>	Amatori <i>et al.</i> , 2015
Berries Reduce Postprandial Insulin Responses to Wheat and Rye Breads in Healthy Women	Purê de morango e purê de frutas vermelhas contendo morango	Apenas morangos e a mistura de frutas vermelhas melhoraram significativamente o perfil glicêmico dos pães. Quando o pão branco é consumido com frutas vermelhas, menos insulina é necessária para a manutenção do metabolismo glicêmico pós-prandial normal.	Estudo randomizado, controlado e cruzado	Törrönen <i>et al.</i> , 2013
Strawberries Improve Pain and Inflammation in Obese Adults with Radiographic Evidence of Knee Osteoarthritis	Bebida reconstituída de morango liofilizado	Os biomarcadores séricos de inflamação e degradação da cartilagem diminuíram significativamente após o tratamento com morango que também reduziu significativamente a dor constante, intermitente e total e o índice de incapacidade.	Ensaio randomizado, duplo-cego e cruzado	Schell <i>et al.</i> , 2017
Immunostimulatory and anti-inflammatory impact of <i>Fragaria ananassa</i> methanol extract in a rat model of cadmium chloride-induced pulmonary toxicity	Morango	O extrato de morango atenuou o estresse oxidativo e a inflamação pulmonar, dano tecidual, porcentagem média de área de fibras colágenas e imuno expressões positivas induzidas por cloreto de cádmio.	<i>in vivo</i>	Nofal <i>et al.</i> , 2023
Early Intervention in Cognitive Aging with Strawberry Supplementation	Pó de morango liofilizado	A suplementação diária com 13 g de morango em pó reduziu a interferência na memória e nos sintomas depressivos em indivíduos de meia-idade com sobrepeso.	Ensaio randomizado, duplo-cego e controlado por placebo	Krikorian; Shidler; Summer, 2023

Fonte: A própria autora (2025).

Na Tabela 2 é possível observar a composição química do morango segundo as bases de dados dos Estados Unidos: USDA FoodData Central e do Brasil: TBCA e TACO (TACO, 2011; TBCA, 2023; USDA, 2022). Ao comparar as três bases de dados, algumas diferenças são notáveis: USDA não especifica fibras alimentares como a TBCA e TACO. Os carboidratos são apresentados de diferentes formas nas três bases de dados, USDA utiliza ‘carboidratos, por diferença’, o que inclui as fibras e por isso o valor é mais alto que os das outras tabelas, TBCA utiliza ‘carboidrato total’, que inclui as fibras e ‘carboidrato disponível’ que as exclui, e a TACO demonstra apenas ‘carboidrato’. Apenas a TBCA inclui os valores de selênio, equivalente de folato, alfa-tocoferol e atividade de vitamina A. São observadas também variações nos valores expressos de vitamina C: USDA: 59,6 mg/100 g, TBCA: 69,8 mg/100 g e TACO: 63,6 mg/100 g. O ácido ascórbico é uma substância instável à luz e oxigênio e dependendo da técnica analítica empregada, variações são esperadas. A origem das amostras, cultivares, época de colheita e métodos de análise são fatores que influenciam nas diferenças dos valores de cada base de dados. Em poucas palavras, a TACO traz informações mais simplificadas e resumidas e a USDA é a base de dados que apresenta informações mais detalhadas como açúcares individuais, ácidos orgânicos e açúcares totais. Outro ponto que merece atenção é que o FoodData Central do USDA e a TBCA são atualizadas com maior frequência quando comparadas com a TACO, que é pouco atualizada, sendo sua última atualização no ano de 2011.

Tabela 2 - Composição química de morango *in natura* de acordo com três bases de dados

USDA		TBCA		TACO	
	Porção: 100g		Porção: 100g		Porção: 100g
Água	90,8 g	Umidade	91,8 g	Umidade	91,5 g
Nitrogênio	0,1 g	Carboidrato total	6,54 g	Proteína	0,9 g
Proteína	0,64 g	Carboidrato disponível	4,87 g	Lipídeos	0,3 g
Lipídeos totais	0,22 g	Proteína	0,82 g	Carboidrato	6,8 g
Cinzas	0,34 g	Lipídeos	0,4 g	Fibra alimentar	1,7 g
Carboidratos, por diferença	7,96 g	Fibra Alimentar	1,67 g	Cinzas	0,5 g
Açúcares totais	4,86 g	Cinzas	0,45 g	Cálcio	11 mg
Sacarose	<0,25 g	Cálcio	15,4 mg	Magnésio	10 g
Glicose	2,24 g	Ferro	0,28 mg	Manganês	0,33 mg
Frutose	2,62 g	Sódio	11 mg	Fósforo	22 mg
Lactose	<0,25 g	Magnésio	11 mg	Ferro	0,3 mg
Maltose	<0,25 g	Fósforo	28,8 mg	Potássio	184 mg
Galactose	<0,1 g	Potássio	102 mg	Cobre	0,06 mg
Ácido Cítrico	700 mg	Manganês	0,19 mg	Zinco	0,2 mg
Ácido Málico	198 mg	Zinco	0,09 mg	Vitamina C	63,6 mg
Ácido oxálico	<40 mg	Cobre	0,05 mg		
Ácido Pirúvico	<40 mg	Selênio	0,36 µg		
Ácido Quínico	<40 mg	Vitamina A (RE)	8,93 µg		
Cálcio	17 mg	Vitamina A (RAE)	4,46 µg		
Ferro	0,26 mg	Alfa-tocoferol (Vitamina E)	0,39 mg		
Magnésio	12,5 mg	Vitamina C	69,8 mg		
Fósforo	23 mg	Equivalente de folato	21,8 µg		
Potássio	161 mg				
Sódio	<2 mg				
Zinco	0,11 mg				
Cobre	0,035 mg				
Manganês	0,368 mg				
Vitamina C	59,6 mg				
Biotina	<3.7 µg				

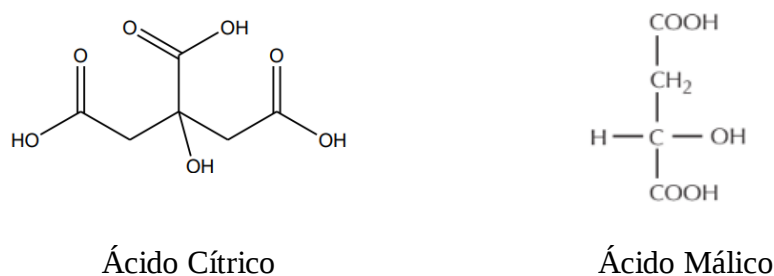
Legenda: RE: Equivalentes de Retinol; RAE: Equivalentes de Atividade de Retinol. Fonte: USDA: United States Department of agriculture; TACO: Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. TBCA: Tabela Brasileira de Composição de Alimentos;

2.3.1 Ácidos orgânicos alifáticos

Os ácidos orgânicos são compostos importantes para o metabolismo de frutas e vegetais e o seu acúmulo nos tecidos confere aumento do gosto azedo e ácido (Damodaran; Parkin; Fennema, 2010). Os ácidos orgânicos alifáticos (AOA) são compostos que possuem grande influência no sabor e aceitabilidade de morangos e estão relacionados com o genótipo da planta (Milosavljević *et al.*, 2023), os principais ácidos orgânicos no morango são o cítrico e málico (Enomoto *et al.*, 2018). Esses compostos são responsáveis pela estabilização da coloração do receptáculo (Simkova *et al.*, 2024) e sua presença é dependente das condições climáticas, modo de cultivo (e. g. solo aberto, sem solo, sistema orgânico), fertilização, irrigação e cultivar (Çeliktöpez *et al.*, 2025; Newerli-Guz *et al.*, 2023).

Os ácidos orgânicos são, geralmente, solúveis em água, possuem baixa massa molar, se ionizam negativamente em uma faixa de pH entre 3 e 6, são compostos cíclicos ou acíclicos, como é o caso dos ácidos cítrico e málico, e podem ser classificados em monocarboxílicos, dicarboxílicos e tricarboxílicos (Brugnerotto, 2018). Na Figura 3 estão representadas as estruturas químicas desses dois compostos.

Figura 3 - Estrutura química dos ácidos orgânicos comumente encontrados em morangos

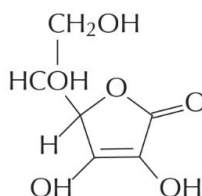


Fonte: Brugnerotto, 2018; Damodaran; Parkin; Fennema, 2010

2.3.2 Ácido ascórbico

O ácido L-ascórbico possui seis carbonos em sua estrutura química, é um derivado de açúcar e sua incorporação na dieta é de grande importância, além disso, morangos são ricas fontes desse nutriente (Cruz-Rus *et al.*, 2011). O ácido ascórbico desempenha um papel de agente redutor em diversas reações que ocorrem no organismo e o protege da ação de radicais livres (Fecka *et al.*, 2021; Newerli-Guz *et al.*, 2023). Na Figura 4 é possível observar a estrutura química desse composto.

Figura 4 - Estrutura química do ácido L-ascórbico



Fonte: Damodaran; Parkin; Fennema, 2010

Ao contrário do que se espera, nos morangos, o conteúdo de ácido ascórbico tende a aumentar no decorrer da maturação, como foi reportado no estudo de Fecka *et al.* (2021). Simkova *et al.* (2024) também observaram uma correlação negativa entre firmeza do fruto e conteúdo de ácido ascórbico e afirmam que os produtos da degradação das paredes celulares serviriam de precursores para a síntese de vitamina C. Além disso, o trabalho de Agius *et al.* (2003), fornece evidências de que morangos geneticamente modificados podem ter rotas de biossíntese de ácido ascórbico que aumentem a concentração desse nutriente de duas a três vezes.

Por se tratarem de substâncias relevantes na composição do morango, é necessário o emprego de técnicas analíticas eficientes para a quantificação de ácidos orgânicos e de ácido ascórbico. A utilização de equipamento de eletroforese capilar permite um curto tempo de análise, baixa geração de resíduos prejudiciais ao meio ambiente, utilização de pequenas quantidades de amostras e preparo de amostra simples, quando comparada com outras técnicas analíticas (Louredo, 2023). Por se tratar de uma técnica versátil, nesse estudo, ácidos orgânicos e ácido ascórbico foram determinados por eletroforese capilar de zona.

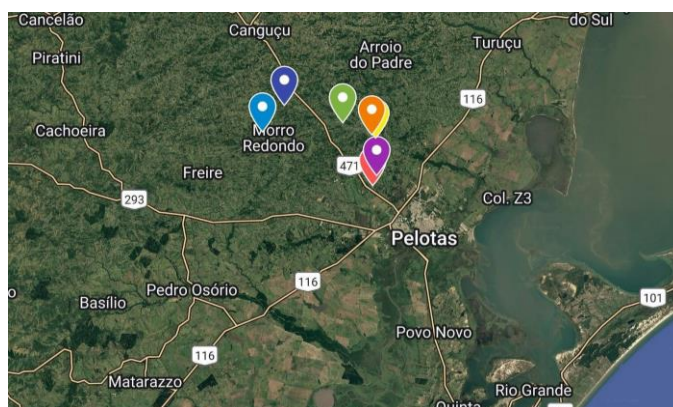
3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Amostragem e identificação dos genótipos

As 25 amostras de seis genótipos foram coletadas nos dias 17 de setembro de 2024 e 6 de novembro de 2024 no estado do Rio Grande do Sul em sete diferentes propriedades nos municípios de Morro Redondo (duas propriedades), e em dois distritos de Pelotas: Cascata (três propriedades) e Monte Bonito (duas propriedades), as localizações podem ser observadas na Figura 5. Os morangos foram colhidos manualmente no período da manhã, acondicionados em embalagens plásticas devidamente identificadas (Figura 6) e então essas foram colocadas em caixas térmicas com gelo e transportadas até o Laboratório de Química de Alimentos, em Florianópolis - SC. O ponto de colheita dos morangos foi de frutos 100% vermelhos e os mesmos foram recebidos no laboratório dentro das 48 horas após a retirada da planta.

As amostras recebidas também possuíam sistemas de cultivo e cor/tipo de cobertura morta (*mulching*) diferentes, esses detalhes estão descritos na Tabela 3. Das 25 amostras, 13 foram cultivadas em sistema convencional, seis em sistema sem solo fechado, dois em sistema orgânico e quatro em sistema sem solo aberto. Quanto ao tipo de cobertura morta, 11 eram de lona preta, 12 de lona branca e dois de viticalha. O uso do *mulching* natural ou sintético tem como objetivos evitar a deterioração dos frutos em contato com a umidade e impurezas do solo, impedir o desenvolvimento de ervas daninhas nos canteiros, reduzir os efeitos de chuvas intensas e irrigação constante (erosão), melhorar a aeração e porosidade do solo e melhorar a absorção de água pelas raízes. Esse tipo de cobertura deve ser impermeável ao vapor d'água a fim de manter a umidade e modificar o regime térmico do solo o que estimula um crescimento mais vigoroso das raízes (Picolotto *et al.*, 2016).

Figura 5 - Localização das propriedades de cultivo dos morangos



Legenda: Coordenadas geográficas: em amarelo: -31.593833, -52.433056, em laranja: -31.588016, -52.441035, em verde: -31.566250, -52.502500, em azul claro: -31.582916, -52.671420, em azul escuro: -31.535507, -52.625481, em roxo: -31.660326, -52.430608, em rosa: -31.678583, -52.439250. Fonte: A própria autora (2025).

Figura 6 - Coleta das amostras e acondicionamento em embalagem plástica



Fonte: Luís Eduardo Corrêa Antunes.

Tabela 3 - Detalhes das datas de colheita, idade das plantas, localização, tipo de *mulching* e sistema de cultivo das plantas

Código	Data Colheita	Genótipo	Idade	Localização	Mulching	Sistema	Município
1	17/09/2024	BRS DC22	1	31° 35' 37.823"S 52° 25' 59.037"W	Preto	SC	Pelotas
2	17/09/2024	BRS DC25 Fênix	1	31° 35' 37.823"S 52° 25' 59.037"W	Preto	SC	Pelotas
3	17/09/2024	San Andreas	1	31° 35' 16.856"S 52° 26' 27.726"W	Branco	SSF	Pelotas
4	17/09/2024	Monterey	1	31° 35' 16.856"S 52° 26' 27.726"W	Branco	SSF	Pelotas
5	17/09/2024	San Andreas	1	31° 33' 58.496"S 52° 30' 8.965"W	Preto	SC	Pelotas
6	17/09/2024	Fronteras	1	31° 33' 58.496"S 52° 30' 8.965"W	Branco	SC	Pelotas
7	17/09/2024	BRS DC25 Fênix	1	31° 34' 58.496"S 52° 40' 17.111"W	Viticalha	SSF	Morro Redondo
8	17/09/2024	BRS DC22	1	31° 32' 7.826"S 52° 37' 31.731"W	Preto	SO	Morro Redondo
10	17/09/2024	BRS DC22	1	31° 39' 37.172"S 52° 25' 50.189"W	Preto	SC	Pelotas
11	17/09/2024	BRS DC25 Fênix	1	31° 39' 37.172"S 52° 25' 50.189"W	Preto	SC	Pelotas
12	17/09/2024	San Andreas	3	31° 39' 37.172"S 52° 25' 50.189"W	Branco	SSA	Pelotas
13	17/09/2024	BRS DC09	1	31°40'42.9"S 52°26'21. 3"W	Branco	SC	Pelotas
14	17/09/2024	BRS DC9	1	31°40'42.9"S 52°26'21. 3"W	Branco	SSA	Pelotas
15	06/11/2024	BRS DC22	1	31° 35' 37.823"S 52° 25' 59.037"W	Preto	SC	Pelotas

16	06/11/2024	BRS DC25 Fênix	1	31° 35' 37.823"S 52° 25' 59.037"W	Preto	SC	Pelotas
17	06/11/2024	San Andreas	1	31° 35' 16.856"S 52° 26' 27.726"W	Branco	SSF	Pelotas
18	06/11/2024	Monterey	1	31° 33' 58.496"S 52° 30' 8.965"W	Branco	SSF	Pelotas
19	06/11/2024	Fronteras	1	31° 34' 58.496"S 52° 40' 17.111"W	Branco	SC	Pelotas
20	06/11/2024	BRS DC25 Fênix	1	31° 32' 7.826"S 52° 37' 31.731"W	Vitcalha	SSF	Morro Redondo
21	06/11/2024	BRS DC22	1	31° 39' 37.172"S 52° 25' 50.189"W	Preto	SO	Morro Redondo
22	06/11/2024	BRS DC22	1	31° 39' 37.172"S 52° 25' 50.189"W	Preto	SC	Pelotas
23	06/11/2024	BRS DC25 Fênix	1	31° 39' 37.172"S 52° 25' 50.189"W	Preto	SC	Pelotas
24	06/11/2024	San Andreas	3	31° 39' 37.172"S 52° 25' 50.189"W	Branco	SSA	Pelotas
25	06/11/2024	BRS DC09	1	31°40'42.9"S 52°26'21. 3"W	Branco	SC	Pelotas
26	06/11/2024	BRS DC09	1	31°40'42.9"S 52°26'21. 3"W	Branco	SSA	Pelotas

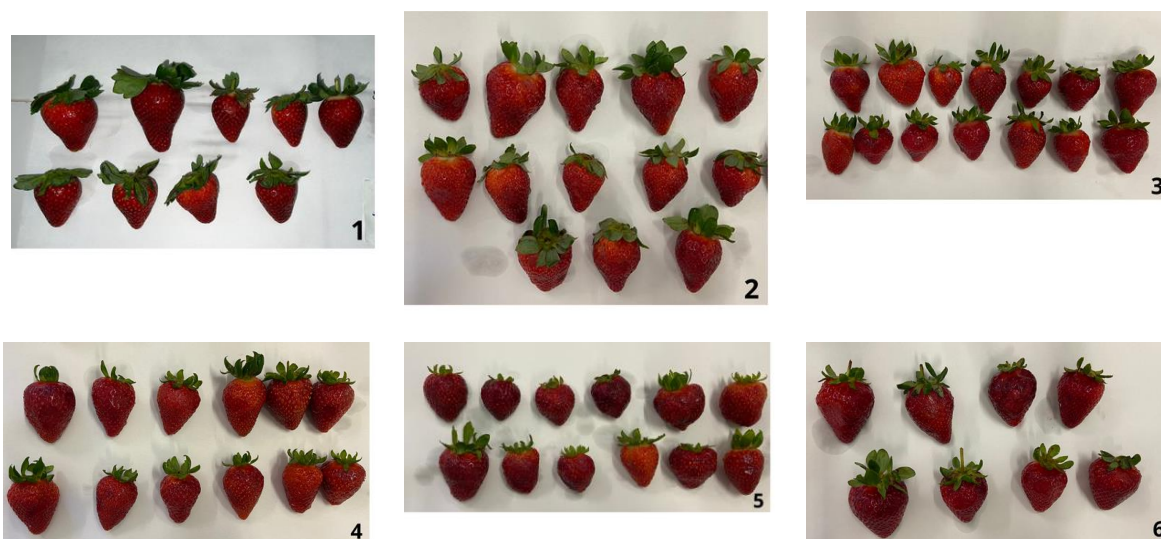
Legenda: SC - Solo convencional; SSF - Sem solo fechado; SO - Sistema orgânico; SSA - Sem solo aberto. Fonte: A própria autora (2025).

As amostras foram recebidas no Laboratório de Química de Alimentos (CCA/CAL/UFSC) nos dias 20 de setembro de 2024 e 08 de novembro de 2024, foram selecionadas, fotografadas (Figura 7) e acondicionadas em sacos plásticos devidamente codificados com números de 1 a 26 e levados ao congelador, onde permaneceram até o momento da realização das análises. Dentre as 25 amostras recebidas no laboratório, 6 eram da cultivar BRS DC25 Fênix, 6 eram da seleção avançada BRS DC22 e 4 eram da seleção BRS

DC09; 5 amostras eram da cultivar San Andreas, 2 da cultivar Fronteras e 2 da cultivar Monterey.

O preparo de amostra para todas as análises seguiu o mesmo procedimento: retirada dos morangos do congelador, lavagem em água corrente, corte para retirada do pedúnculo, cálice e sépalas, corte do receptáculo e trituração em processador até a obtenção de uma massa uniforme. Em seguida foi realizada a pesagem de massa requerida para cada análise e a lavagem dos utensílios utilizados para o preparo da amostra seguinte. O excedente da massa foi acondicionado em potes de polipropileno devidamente identificados e armazenados no congelador.

Figura 7 - Amostras de morangos utilizados nas análises



Legenda: 1 - BRS DC09; 2 - BRS DC22; 3 - BRS DC25 (Fênix); 4 - San Andreas; 5 - Monterey; 6 - Fronteras.
Fonte: A própria autora (2025).

3.2 Reagentes e padrões analíticos

Os reagentes e padrões utilizados nas análises possuíam grau analítico (pureza > 95%) e estão descritos abaixo:

- Ácido L-ascórbico Sigma-Aldrich Saint Louis, Missouri, E.U.A.;
- Ácidos maleico, malônico, fumárico, tartárico, fórmico, cítrico, málico, glicólico, láctico, glucônico, succínico, glutárico, acético, propiônico, ftálico, trifluoroacético e sórbico Sigma-Aldrich Saint Louis, Missouri, E.U.A.;
- Água ultrapura Milli-Q®, Millipore, Bedford, MA, E.U.A.
- CTAB Sigma-Aldrich Saint Louis, Missouri, E.U.A.;
- Hidróxido de sódio NaOH P.A. Neon, São Paulo, Brasil;

- MES, Sigma-Aldrich Saint Louis, Missouri, E.U.A.;
- TRIS, Sigma-Aldrich Saint Louis, Missouri, E.U.A.

3.3 Instrumentação

Os equipamentos utilizados nas análises estão listados abaixo:

- Agitador magnético Fisatom 752A, Minas Gerais, Brasil;
- Capilar de sílica fundida Polymicro Technologies, Phoenix, AZ, E.U.A.;
- Centrífuga minispin plus Eppendorf, Hamburgo, Alemanha;
- Eletroforese capilar Agilent G7100A DAD, Agilent Technologies, Alemanha;
- pHmetro de bancada BEL Engineering, modelo PHS3BW pH Meter, Milano, Monza, Itália;
- Processador Mixer Pro Mix Philips Walita;
- Refratômetro de bancada RMT BEL Engineering, Monza, MB, Itália.

3.4 Análises

3.4.1 Determinação da acidez total titulável

Para a determinação da acidez total titulável foi utilizada a metodologia do livro Métodos físico-químicos para análise de alimentos, do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2005). O pHmetro de bancada foi calibrado utilizando soluções tampão pH 7 e pH 4, esse procedimento foi repetido a cada três titulações. Foram pesados 10 g de amostra triturada, em triplicata, em seguida foram adicionados 100 mL de água destilada, essas soluções foram filtradas em peneiras e as réplicas foram tituladas de forma randomizada. A titulação ocorreu com hidróxido de sódio 0,1 N (fator de correção = 1,0411), sob agitação moderada com agitador magnético até a leitura de pH 8,3.

3.4.2 Determinação do pH

A medida do pH foi realizada utilizando a mesma solução empregada na determinação da acidez total titulável com pHmetro de bancada, o qual foi calibrado utilizando soluções tampão pH 7 e pH 4, sendo que esse procedimento foi repetido a cada três titulações (IAL, 2005).

3.4.3 Determinação dos sólidos solúveis totais

Os sólidos solúveis totais (SST) foram determinados em refratômetro de bancada utilizando a amostra triturada, em triplicata e em ordem aleatória de réplicas para reduzir efeitos

de variabilidade sistemática. Após o ajuste do refratômetro com água destilada para leitura de n em 1,3330, uma gota do triturado de morango foi depositada sobre o prisma do refratômetro. As leituras da escala dos graus Brix e da temperatura foram feitas e depois os valores foram corrigidos utilizando a tabela de obtenção de valor real do grau Brix em relação à temperatura (IAL, 2005).

3.4.4 Determinação dos ácidos orgânicos alifáticos

Os ácidos orgânicos foram determinados segundo a metodologia de Brugnerotto *et al.*, (2019) com as adaptações de Louredo, (2023), em equipamento de eletroforese capilar, modelo 7100 da marca Agilent Technologies, equipado com detector de arranjo de diodos (CE-DAD). A composição do eletrólito de corrida (BGE, do inglês “background electrolyte”) foi de ácido ftálico 20 mmol/L, CTAB 0,8 mmol/L, e TRIS 16 mmol/L e o padrão interno utilizado foi o ácido trifluoroacético (do inglês, *Trifluoroacetic acid* - TFA). Foi utilizado um capilar de sílica fundida com comprimento total de 74 cm, com 65,5 cm de comprimento efetivo e 75 μ m de diâmetro interno. As separações foram realizadas com injeção hidrodinâmica de 50 mbar por 3 segundos, tensão de 15 kV, modo de detecção indireto em 240 nm, e a 20 °C. O software HP ChemStation rev. A.06.01 foi utilizado para aquisição e tratamento dos dados.

As amostras foram centrifugadas (14.000 rpm por 10 minutos) e o sobrenadante foi diluído em água ultrapura Milli-Q® em uma proporção de 1:140 (v/v), em seguida foram preparados os *vials* para a injeção no equipamento contendo uma parte (400 μ L) de padrão interno e 9 partes de amostra. Ao início das análises foi realizado o condicionamento do capilar com NaOH 1,0 mol/L durante 15 minutos, lavagem com água ultrapura por 15 minutos, e BGE por 30 minutos, esse procedimento também ocorria ao final das análises exceto pelo condicionamento com o BGE. Entre as corridas, foram feitas lavagens do capilar com o BGE durante 2 minutos para garantir a estabilidade da coluna. Os ácidos orgânicos alifáticos foram ambos quantificados de acordo com o método de padronização interna e curvas padrão.

3.4.5 Determinação do ácido ascórbico

O ácido ascórbico foi determinado utilizando a metodologia de Spudeit *et al.* (2016) utilizando eletroforese capilar de zona. A solução padrão de ácido L-ascórbico (1000 mg/L) e a solução de padrão interno de ácido sórbico (200 mg/L) foram preparadas com água ultrapura Milli-Q®. O eletrólito de corrida (BGE) utilizado foi composto de Tris(hidroximetil)aminometano (TRIS) 40 mmol L⁻¹ e ácido 2-(N-morfolino) etanosulfônico (MES) a 20 mmol/L. A análise foi feita em um equipamento de eletroforese capilar Agilent

G7100A acoplado ao detector de arranjo de diodos, a 25°C, com um capilar de sílica fundida (32 cm de comprimento, 50 µm de diâmetro interno e 375 µm de diâmetro externo). Ao início da análise e entre as injeções das amostras, foi realizada uma lavagem do capilar durante 1 minuto com o eletrólito de corrida. As amostras e soluções padrão foram injetadas hidrodinamicamente da extremidade do capilar mais próxima ao detector (50 mbar, 4 s), com pressão negativa e tensão de 30 kV. A aquisição e tratamento dos dados foi realizado com o software HP ChemStation, rev. A.06.01.

Em triplicata, as amostras trituradas foram centrifugadas a 14.000 rpm por 10 minutos, o sobrenadante foi diluído na proporção de 1:20 (v/v) em água ultrapura Milli-Q®. A seguir, uma parte de padrão interno e 9 partes de amostra diluída foi injetada no equipamento de eletroforese capilar. O ácido ascórbico foi quantificado de acordo com o método de padronização interna e curvas padrão.

3.5 Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) univariada, em um intervalo de confiança de 95% ($p < 0,05$), e ao teste de *Tukey (post-hoc)* para comparação das médias. A análise de componentes principais (ACP) foi utilizada a fim de detectar possíveis padrões que pudessem agrupar as variedades de morangos analisadas neste trabalho. Os dados foram normalizados pela centralização da média. A análise foi baseada na acidez total titulável, sólidos solúveis totais, razão SST/ATT, pH, teor de ácido ascórbico e teor dos ácidos orgânicos alifáticos cítrico e málico. O *software* utilizado para realização das análises estatísticas foi Statistica® 13.5.0.17 (TIBCO Software Inc. Palo Alto, E.U.A.).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análises físico-químicas

A acidez tende a diminuir com a maturação das frutas e em conjunto com os SST pode ser utilizada para avaliar o grau de maturação (Resende *et al.*, 2008). Os sólidos solúveis totais (SST) indicam, principalmente, a quantidade de açúcares que estão dissolvidos na água dentro do tecido vegetal e, ao contrário da acidez total titulável (ATT), tem sua concentração aumentada com a maturação do fruto (Chitarra e Chitarra, 2005). Isso ocorre porque os ácidos orgânicos são utilizados como substrato para o metabolismo respiratório ou convertidos em açúcares durante a maturação do fruto. Para uma avaliação mais abrangente e representativa da maturação utiliza-se a relação SST/ATT, que reflete melhor o equilíbrio entre açúcares e ácidos (Chitarra e Chitarra, 2005).

Chitarra e Chitarra (2005) também propuseram valores de referência para morangos, indicando teores mínimos de SST de 7 °Brix e máximos de ATT de 0,8 %, como parâmetros para a definição de um produto adequado à colheita. Esses valores correspondem a uma razão SST/ATT ideal de 8,75. Os resultados encontrados neste estudo para ATT, SST e a razão SST/ATT estão apresentados na Tabela 4 a seguir:

Tabela 4 - Resultados das análises de ATT (g de ácido cítrico/100 g), SST (°Brix) e razão SST/ATT de genótipos nacionais e importados de morango

GENÓTIPOS NACIONAIS				CULTIVARES IMPORTADAS			
	SST °BRIX	ATT g AC/100 g	SST/ATT		SST °BRIX	ATT g AC/100 g	SST/ATT
Código	BRS DC25			Código	SAN ANDREAS		
2	9,48 ± 0,00	0,57 ± 0,013	16,65	3	8,48 ± 0,00	0,75 ± 0,015	11,26
7	7,40 ± 0,046	0,72 ± 0,0045	10,19	5	9,48 ± 0,62	0,86 ± 0,0038	11,05
11	8,40 ± 0,00	0,60 ± 0,015	13,99	12	7,40 ± 0,00	0,72 ± 0,0037	10,23
16	10,40 ± 0,00	0,69 ± 0,015	15,09	17	9,40 ± 0,0013	0,87 ± 0,001	10,72
20	7,48 ± 0,00	0,67 ± 0,0091	11,22	24	9,40 ± 0,00	0,83 ± 0,022	11,30
23	11,40 ± 0,58	0,85 ± 0,012	13,46	Média			10,91
Média			13,43		FRONTERAS		
	BRS DC22			6	8,40 ± 0,00	0,53 ± 0,030	15,75
1	10,48 ± 0,00	0,76 ± 0,011	13,83	19	8,48 ± 0,00	0,54 ± 0,0037	15,57
8	11,40 ± 0,53	0,72 ± 0,021	15,80	Média			15,66
10	10,40 ± 0,00	0,77 ± 0,0010	13,52		MONTEREY		
15	10,40 ± 0,58	0,82 ± 0,020	12,60	4	7,48 ± 0,00	0,63 ± 0,026	11,90
21	8,48 ± 0,00	0,84 ± 0,025	10,05	18	8,40 ± 0,00	0,75 ± 0,012	11,19
22	11,40 ± 0,00	0,98 ± 0,017	11,57	Média			11,55
Média			12,90				
	BRS DC09						
13	10,4 ± 0,58	0,65 ± 0,014	15,93				
14	8,40 ± 0,00	0,64 ± 0,0090	13,04				
25	10,4 ± 0,00	0,71 ± 0,0057	14,63				
26	9,40 ± 0,58	0,76 ± 0,010	12,32				
Média			13,98				

Legenda: ± DP: desvio padrão. gAC/100 g: gramas de ácido cítrico em 100 g de morango. Fonte: A própria autora (2025).

As amostras da cultivar BRS DC25 (Fênix) apresentaram resultados de SST entre 7,4 e 11,4 °Brix, ATT de 0,56 a 0,84 g de ácido cítrico/100 g, e a menor razão SST/ATT foi de 10,19 e a maior foi de 16,65. É importante destacar que os resultados de ATT foram expressos em ácido cítrico, por ser o ácido orgânico predominante em morangos. No estudo de Delazeri *et al.* (2024), foram avaliadas diferentes cultivares em duas safras, em 2018 e 2019 em Pelotas - RS. A cultivar BRS DC25 (Fênix) alcançou valores de SST de 10,3 °Brix em 2018 e 6,13 °Brix em 2019, ATT de 0,9 e 0,7 g ácido cítrico/100 g em 2018 e 2019, respectivamente e,

razão SST/ATT de 11,1 e 9,0 em 2018 e 2019, respectivamente. Alves (2023), avaliou o desempenho produtivo e qualitativo de cultivares BRS DC25 na safra de 2022 nos meses de outubro e novembro, meses em que a produção de frutos por planta atinge seu pico, em Pelotas - RS, e seus resultados demonstram uma ATT de 0,67 e 0,62 g ácido cítrico/100 g para os meses de outubro e novembro, respectivamente; já os teores de SST foram de 7,46 °Brix em outubro e 8,43 °Brix em novembro, a razão SST/ATT para o mês de outubro foi de 11,19 e 13,73 em novembro.

Na análise de acidez, a seleção avançada BRS DC22 apresentou valores que variaram de 0,72 a 0,98 g ácido cítrico/100 g, para SST variou de 8,48 a 11,4 °Brix e a variação da relação SST/ATT permaneceu entre 10,05 e 15,80, com uma média de 13,06. No estudo de Delazeri *et al.* (2024), para a seleção BRS DC22 cultivada em Pelotas - RS, foram encontrados valores de SST de 11,4 °Brix e 6,3 °Brix em 2018 e 2019, respectivamente. Já a ATT em 2018 foi de 0,6 g ácido cítrico/100 g, e em 2019 de 0,9 g ácido cítrico/100 g e a razão SST/ATT foi de 19 em 2018 para 10,6 em 2019. No estado do Rio Grande do Sul, a produção de morangos compreende os meses de junho a dezembro e aqueles morangueiros que produzem frutos entre junho e setembro são considerados de produção precoce. No entanto, a depender da data de plantio, cultivar e qualidade das mudas, a concentração da produção ocorre do mês de setembro a novembro (Cocco *et al.*, 2016 e Mueller, 2022). Foi por este motivo que Mueller (2022) avaliou genótipos de morangueiro durante o ciclo de 2020 em Pelotas - RS, nos meses de setembro e novembro e obteve os seguintes valores de SST para a seleção BRS DC22: 8,27 e 8,36 °Brix em setembro e novembro, respectivamente e ATT: 0,82 e 0,83 g ácido cítrico/100 g em setembro e novembro, respectivamente.

A seleção BRS DC09 os valores de SST variaram de 8,4 a 10,4 °Brix, os valores de ATT variaram entre 0,64 e 0,76 g ácido cítrico/100 g e a razão SST/ATT foi de 12,32 até 15,93. Alves (2023), avaliou as características físico-químicas da seleção BRS DC09 entre os meses de outubro e novembro cultivadas em Pelotas - RS, e obteve como resultados de SST 6,63 e 9,40 °Brix em outubro e novembro, respectivamente. A ATT foi de 0,49 e 0,58 g ácido cítrico/100 g em outubro e novembro, respectivamente e a razão SST/ATT para novembro foi de 13,55 e 16,28 para o mês de novembro. Delazeri e colaboradores (2024), avaliaram SST, ATT e a razão SST/ATT da seleção BRS DC09 com plantio em Pelotas - RS na safra de 2018-2019 e obtiveram os seguintes resultados: 6,0 °Brix, 0,70 g ácido cítrico/100 g e 9,1, respectivamente.

Com relação a cultivar importada San Andreas os resultados de SST variaram de 7,4 a 9,48 °Brix, ATT de 0,72 a 0,87 g ácido cítrico/100 g, e os valores da razão SST/ATT

permaneceram entre 10,23 e 11,05, com um valor médio de 11,05. Anzolin *et al.* (2024), submeteram a cultivar San Andreas a diferentes intensidades de poda em experimento realizado no município de Passo Fundo - RS e observaram valores de SST de 7,37 °Brix, ATT de 0,67 g ácido cítrico/100 g e uma razão SST/ATT de 12,20. Silva *et al.*, ao avaliarem frutos da cultivar San Andreas cultivados no município de Datas em Minas Gerais entre agosto de 2018 e janeiro de 2019, obtiveram os seguintes valores de SST, ATT e razão SST/ATT, respectivamente: 7,58 °Brix, 0,87 g de ácido cítrico/100 g de morango e 8,69.

No caso da cultivar Fronteras as duas amostras analisadas apresentaram valores de SST de 8,4 e 8,48 °Brix, ATT de 0,53 e 0,54 g ácido cítrico/100 g e uma média da razão SST/ATT de 15,06. Johnson e Hoffman, (2024), avaliaram características físico-químicas de diferentes cultivares de morango, entre elas a cultivar Fronteras, cultivadas na Carolina do Norte, E.U.A. nas safras de 2022-23 e 2023-24. Os resultados obtidos na safra de 2022-23 foram de 6,7 °Brix de SST, ATT de 0,47 g ácido cítrico/100 g e 14,7 da razão SST/ATT. Enquanto na safra de 2023-24 os resultados encontrados foram 7,1 °Brix de SST, ATT de 0,26 g ácido cítrico/100 g e uma razão SST/ATT de 28,0. No estudo de Chiomento, *et al.* (2023), conduzido em Passo Fundo - RS, entre os meses de maio de 2021 e janeiro de 2022, morangos da cultivar Fronteras apresentaram uma média de SST de 6,00 °Brix, ATT de 1,24 g ácido cítrico/100 g e uma razão SST/ATT de 5,12.

Os resultados obtidos para a cultivar Monterey para SST foram 7,48 e 8,4 °Brix, ATT de 0,62 e 0,75 g ácido cítrico/100 g e uma média da razão SST/ATT de 11,55. No estudo de Anzolin *et al.* (2024) em que a cultivar Monterey foi submetida a diferentes intensidades de poda (Passo Fundo - RS), foram encontrados valores de SST de 7,37 °Brix, ATT de 0,67 g ácido cítrico/100 g e uma razão SST/ATT de 12,20. Já no estudo de Johnson e Hoffmann (2024) (Carolina do Norte - E.U.A.) os resultados das análises da cultivar Monterey foram: 7,2 °Brix de SST, 0,58 g ácido cítrico/100 g de ATT e SST/ATT de 12,7, na safra de 2022-23. Na safra seguinte, 2023-24, o valor de SST foi de 8,1 °Brix, ATT de 0,35 g ácido cítrico/100 g e SST/ATT de 24,1.

Ao comparar os resultados médios da razão SST/ATT obtidos, com os descritos por Chitarra e Chitarra (2005), todas as cultivares demonstraram valores superiores a 8,75. Esse parâmetro pode ser relacionado à qualidade comercial dos frutos, índice de maturação e aceitação dos consumidores (Oviedo *et al.*, 2017). Analisando as médias das razões obtidas, é possível observar que, com exceção da cultivar Fronteras, os genótipos brasileiros apresentaram valores mais altos que as importadas. Isso ocorre porque essas apresentam

maiores teores de sólidos solúveis totais, indicando uma boa aceitabilidade dos consumidores para o consumo *in natura*.

Os resultados obtidos na análise de pH podem ser observados na Tabela 5:

Tabela 5 - Resultados da análise de pH em genótipos nacionais e importados de morango

GENÓTIPOS NACIONAIS		CULTIVARES IMPORTADAS	
BRS DC25		SAN ANDREAS	
Código	pH $\pm$ DP	Código	pH $\pm$ DP
2	3,93 $\pm$ 0,035	3	3,54 $\pm$ 0,0058
7	3,63 $\pm$ 0,00	5	3,59 $\pm$ 0,0058
11	3,65 $\pm$ 0,010	12	3,65 $\pm$ 0,0058
16	3,75 $\pm$ 0,010	17	3,56 $\pm$ 0,015
20	3,67 $\pm$ 0,17	24	3,51 $\pm$ 0,0058
23	3,77 $\pm$ 0,0058	FRONTERAS	
BRS DC22		6	3,71 $\pm$ 0,015
1	3,71 $\pm$ 0,00	19	3,86 $\pm$ 0,0058
8	3,55 $\pm$ 0,0058	MONTEREY	
10	3,00 $\pm$ 0,00	4	3,56 $\pm$ 0,030
15	3,58 $\pm$ 0,015	18	3,65 $\pm$ 0,015
21	3,40 $\pm$ 0,0058		
22	3,60 $\pm$ 0,026		
BRS DC09			
13	3,84 $\pm$ 0,015		
14	3,76 $\pm$ 0,015		
25	3,71 $\pm$ 0,010		
26	3,72 $\pm$ 0,0058		

Legenda: DP: desvio padrão. Fonte: A própria autora (2025).

Foi observada uma variação de 3,63 até 3,93 para a cultivar BRS DC25 (Fênix). Já Alves (2023), que observou o desempenho de produtivo e qualitativo de diferentes cultivares e seleções avançadas no município de Pelotas - RS na safra de 2022, obteve pH de 3,64 em outubro e 3,88 em novembro para a cultivar BRS DC25 (Fênix).

Os valores obtidos para a seleção BRS DC22 variaram de 3,00 a 3,71. No estudo de Mueller (2022), cujo objetivo consistia em avaliar parâmetros qualitativos e quantitativos de

genótipos do Programa de Melhoramento Genético de Morangueiro da Embrapa Clima Temperado nos anos 2020 e 2021 no município de Pelotas - RS, a média de pH observada para a seleção BRS DC22 foi de 3,67.

A seleção BRS DC09 demonstrou valores que variaram de 3,71 a $3,84 \pm$. No estudo de Alves (2023) previamente citado, esse genótipo demonstrou um valor médio de pH de 3,78 no mês de outubro e 3,98 no mês de novembro.

A cultivar importada San Andreas demonstrou valores de pH que variaram de 3,51 até 3,65. Dos Santos e colaboradores (2020), avaliaram os efeitos dos cultivos convencional e orgânico na qualidade de morangos da variedade San Andreas no município de Morro do Chapéu no estado da Bahia, e encontraram valores médios de pH de 3,15 e 3,22 para os sistemas convencional e orgânico, respectivamente.

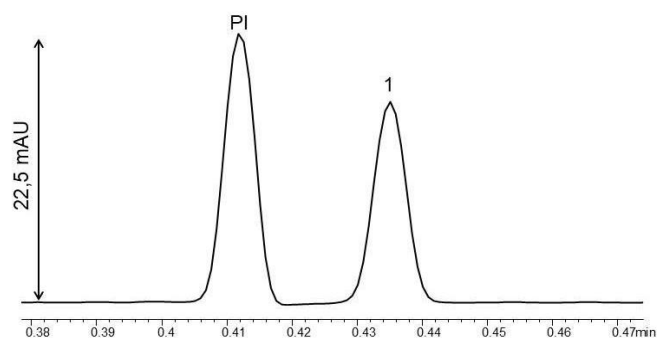
Para a cultivar Fronteras os valores foram de 3,71 a 3,86. No estudo de Johnson e Hoffmann (2024) realizado na Carolina do Norte - E.U.A., na safra de 2022-23 a cultivar Fronteras exibiu um valor médio de pH de 3,61 e na safra de 2023-24 uma média de pH de 3,68. O trabalho de Mueller (2022), anteriormente detalhado, o valor médio de pH permaneceu em 4,52 para a cultivar Fronteras.

Quando observada, a cultivar Monterey, esta exibiu valores de pH de 3,56 a 3,65. Johnson e Hoffmann (2024) obtiveram uma média de pH de $3,66 \pm 0,02$ na safra de 2022-23 e na safra de 2023-24 uma média de pH de $3,68 \pm 0,02$.

4.2 Ácido ascórbico

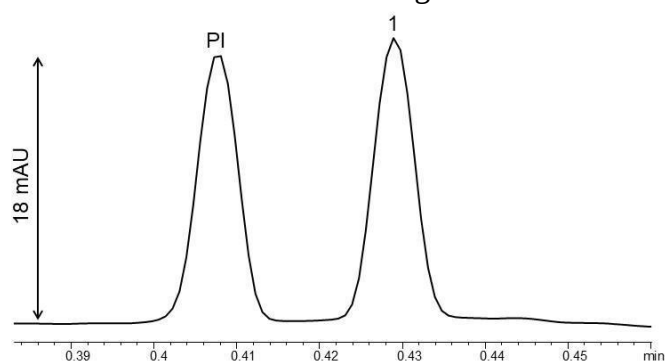
O eletroferograma obtido a partir da curva padrão está representado na Figura 8 e o eletroferograma de uma amostra analisada pode ser observado na Figura 9. Em morangos, o conteúdo de ácido ascórbico demonstra grande variação, isso se deve a uma diversidade de fatores como cultivar, método de cultivo, condições edafoclimáticas e formas de armazenamento pós-colheita, (Newerli-Guz et al., 2023) ainda assim, o morango está dentre as frutas que possuem um teor de ácido ascórbico significativamente elevado (Drobek *et al.*, 2020). Os resultados obtidos na análise de ácido ascórbico constam na Tabela 6.

Figura 8 - Eletroferograma do padrão de ácido ascórbico



Legenda: PI - Padrão interno; 1 - Padrão de ácido ascórbico. Fonte: A própria autora (2025).

Figura 9 - Eletroferograma obtido a partir da análise de ácido ascórbico em uma amostra de morango



Legenda: PI - Padrão interno; 1 - Ácido ascórbico. Fonte: A própria autora (2025).

Tabela 6 - Resultados da análise de ácido ascórbico (mg/100 g) em variedades nacionais e importadas de morango

GENÓTIPOS NACIONAIS		CULTIVARES IMPORTADAS	
L-AA (mg/100 g) ± DP		L-AA (mg/100 g) ± DP	
Código	BRS DC25	Código	SAN ANDREAS
2	40,56 ± 2,027	3	54,42 ± 1,95
7	22,74 ± 1,084	5	30,12 ± 1,52
11	48,85 ± 3,36	12	32,70 ± 1,93
16	58,64 ± 1,31	17	54,91 ± 2,044
20	29,37 ± 0,92	24	28,65 ± 1,63
23	38,91 ± 1,36	FRONTERAS	
	BRS DC22	6	44,52 ± 1,68
1	51,70 ± 2,30	19	56,44 ± 0,24
8	82,69 ± 1,80	MONTEREY	
10	60,46 ± 2,97	4	43,75 ± 1,45
15	56,42 ± 4,53	18	37,72 ± 0,63
21	42,13 ± 2,50		
22	23,48 ± 1,13		
	BRS DC09		
13	52,00 ± 2,13		
14	43,97 ± 2,48		
25	19,69 ± 1,10		
26	26,70 ± 0,59		

Legenda: L-AA: Ácido L-ascórbico; DP: desvio padrão. Fonte: A própria autora (2025).

A cultivar nacional BRS DC25 (Fênix) demonstrou valores de L-AA que variaram de 22,74 a 58,64 ± 1,31 mg/100 g. Os valores obtidos para a seleção BRS DC22 permaneceram na faixa de 23,48 mg/100 g a 82,69 mg/100 g. Para a seleção BRS DC09, o ácido L-ascórbico variou de 19,69 até 52,00 mg/100 g.

Os resultados da cultivar San Andreas foram de 28,65 mg/100 g até 54,91 mg/100 g. Musa *et al.*, (2015) avaliaram o teor de vitamina C por cromatografia líquida de alta eficiência em morangos da cultivar San Andreas plantados em sistema orgânico e convencional no município de Bom Princípio - RS e obtiveram os seguintes resultados para o sistema orgânico e convencional, respectivamente: 42,19 mg/100 g 69,31 mg/100 g.

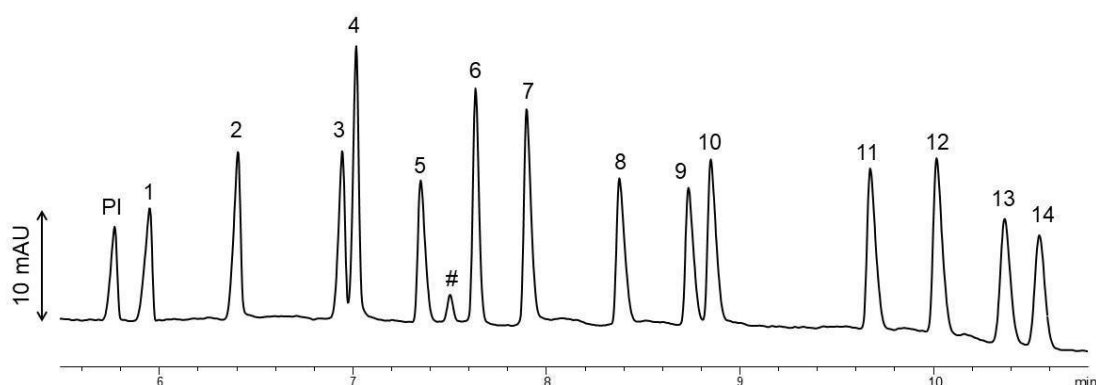
A cultivar Fronteras apresentou os seguintes resultados: 44,52 mg/100 g e 56,44 mg/100 g.

Por fim, a cultivar Monterey demonstrou resultados de L-AA de 43,75 mg/100 g a 37,72 mg/100 g. No estudo de Domingues *et al.*, (2018), onde foram avaliados a influência do cultivo convencional e orgânico nos parâmetros físico-químicos, atividade antioxidante e aceitabilidade de morangos da cultivar Monterey oriundos do município de Marialva no estado do Paraná, colhidos em 2015, o ácido ascórbico foi determinado pelo método de Tillmans (IAL, 2008) e os valores encontrados foram: 78,68 mg/100 g para o cultivo convencional e 70,12 mg/100 g para o cultivo orgânico.

4.3 Ácidos orgânicos alifáticos

Dentre os 14 ácidos orgânicos alifáticos de baixa massa molar investigados, dois foram encontrados nas amostras de morangos analisadas neste trabalho, sendo eles o ácido cítrico, majoritário, e o ácido málico, em menores quantidades. O eletroferograma obtido a partir da curva padrão dos ácidos orgânicos, bem como o eletroferograma de uma amostra de morango analisada podem ser observados nas Figuras 10 e 11, respectivamente. Os valores obtidos a partir das análises constam na Tabela 7. Esses dois compostos são grandes responsáveis pelos atributos de sabor do fruto, visto que o ácido cítrico influencia no sabor ácido acentuado e o ácido málico contribui para o sabor “refrescantemente” ácido, o equilíbrio entre os dois ácidos resulta na percepção final de acidez e adstringência do morango (Milosavljević *et al.*, 2023).

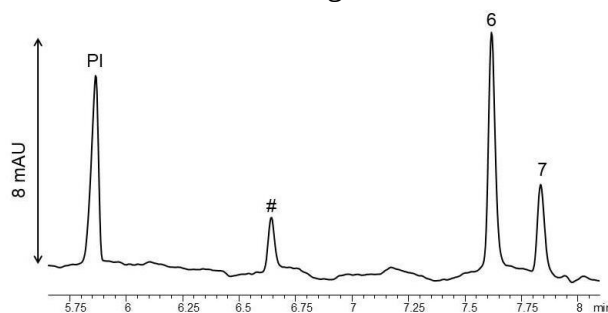
Figura 10 - Eletroferograma da solução padrão de AOA



Legenda: PI: Padrão Interno. 1 - Ácido maleico; 2 - Ácido malônico; 3 - Ácido fumárico; 4 - Ácido tartárico; 5 - Ácido fórmico; # - Pico não identificado. 6 - Ácido cítrico; 7 - Ácido málico; 8 - Ácido glicólico; 9 - Ácido láctico; 10 - Ácido glucônico; 11 - Ácido succínico; 12 - Ácido glutárico; 13 - Ácido acético; 14 - Ácido propiônico.

Fonte: A própria autora (2025).

Figura 11 - Eletroferograma obtido a partir da análise de AOA em uma amostra de morango



Legenda: PI - Padrão interno; # - Pico não identificado; 6 - Ácido cítrico; 7 - Ácido málico. Fonte: A própria autora (2025).

Milosavljević e colaboradores (2023), obtiveram resultados similares quanto aos AOAs encontrados, onde foram analisados os AOAs de 25 cultivares de morango na Sérvia, por meio de HPLC. No entanto, os valores obtidos de ácido ascórbico foram de 300 a 700 mg/100g de fruta, e os teores de ácido málico variaram de 100 a 300 mg/g de fruta, ou seja, conteúdos mais altos que os encontrados no presente trabalho. Além disso, nesse estudo, também foram identificados o ácido fumárico e o ácido chiquímico em quantidades traço. Em outro trabalho realizado na Turquia, cujo objetivo consistia em testar diferentes genótipos de morango em condições de cultivo diversas e avaliar os conteúdos de compostos bioativos por HPLC, os autores também encontraram os ácidos cítrico e málico como AOAs majoritários (Gündüz; Özdemir, 2014). Os autores obtiveram os seguintes resultados para os ácidos cítrico e málico, respectivamente: 0,5 a 1 mg/100 g e 0,12 a 0,19 mg/100 g, quando comparados com as amostras analisadas por este trabalho, demonstram quantidades inferiores desses ácidos orgânicos.

Na Eslovênia, Mikulic-Petkovsek e colaboradores (2012), quantificaram ácidos orgânicos de morangos cultivados e morangos silvestres utilizando HPLC, e seus resultados demonstraram a presença de ácido cítrico, málico em maiores quantidades e fumárico, tartárico e chiquímico em menores quantidades, embora o tartárico tenha sido identificado apenas nos morangos silvestres. Para os morangos cultivados o teor de ácido cítrico encontrado foi de 930 mg/100g e de ácido málico de 98 mg/100g, já para os morangos silvestres, os autores obtiveram uma média de ácido cítrico e málico de 1170 mg/100g e 202 mg/100g, respectivamente. Em outro trabalho, realizado na China, quatro diferentes cultivares foram avaliadas quanto às características nutricionais e de sabor, foram identificados por HPLC os ácidos: cítrico, succínico, málico e oxálico em quantidades mais expressivas e traços dos ácidos láctico, acético

e tartárico (Liu *et al.*, 2016). Os resultados demonstraram uma quantidade de ácido cítrico que variou de cerca de 400 a 1700 mg/100g e de ácido málico que variou de cerca de 50 a 160 mg/100g, valores muito superiores aos encontrados nas cultivares analisadas neste trabalho.

Analisando os artigos citados anteriormente, bem como a disponibilidade de estudos que avaliam os teores de AOA em morangos, não pode-se deixar de notar uma lacuna na literatura de estudos mais recentes e que avaliem esse parâmetro em morangos utilizando técnicas analíticas diferentes de HPLC. Além disso, não foram encontrados estudos realizados no Brasil ou com seleções avançadas e/ou cultivares brasileiras ou que empregaram a técnica da eletroforese capilar, o que revela uma oportunidade para estudos futuros.

Tabela 7 - Resultados da análise de AOA (mg/100 g) em variedades de morangos nacionais e importadas

GENÓTIPOS NACIONAIS		CULTIVARES IMPORTADAS	
ÁCIDO CÍTRICO ± DP	ÁCIDO MÁLICO ± DP	ÁCIDO CÍTRICO ± DP	ÁCIDO MÁLICO ± DP
Código	BRS DC25	Código	SAN ANDREAS
2	85,42 ± 8,53	3	177,67 ± 3,45
7	75,78 ± 4,85	5	118,26 ± 4,22
11	114,26 ± 4,88	12	147,12 ± 7,23
16	213,55 ± 11,13	17	206,019 ± 11,509
20	117,022 ± 4,57	24	239,16 ± 0,0
23	207,086 ± 9,44		FRONTERAS
	BRS DC22	6	77,27 ± 4,28
1	123,37 ± 5,81	19	129,55 ± 4,82
8	157,95 ± 5,062		MONTEREY
10	118,84 ± 4,24	4	127,44 ± 6,39
15	238,23 ± 8,503	18	147,79 ± 4,62
21	202,25 ± 11,91		
22	245,067 ± 16,89		
	BRS DC09		
13	101,29 ± 0,0		
14	111,0039 ± 4,92		
25	91,19 ± 4,14		
26	181,53 ± 7,053		

Legenda: Resultados expressos em mg/100 g. DP: desvio padrão. ND: não detectado. Fonte: A própria autora (2025).

A cultivar BRS DC25 (Fênix) apresentou valores de ácido cítrico que variaram de 75,78 a 213,55 mg/100 g. O ácido málico apresentou uma faixa de 52,98 até 97,306 mg/100 g.

A seleção BRS DC22 revelou concentrações de ácido cítrico de 118,84 a 245,067 mg/100 g e ácido málico de 31,63 a 82,068 mg/100 g.

A seleção avançada brasileira BRS DC09 demonstrou uma variação no teor de ácido cítrico de 91,19 a 181,53 mg/100 g, enquanto a concentração de ácido málico variou entre 18,77 e 72,0506 mg/100 g, sendo que em uma das amostras, não foi possível detectar o ácido málico.

Quanto a cultivar importada San Andreas, o teor de ácido cítrico permaneceu entre 118,26 e 239,16 mg/100 g e a quantidade de ácido málico entre 53,29 e 72,12 mg/100 g.

A variedade Fronteras demonstrou uma variação de 77,27 a 129,55 mg/100 g para o ácido cítrico e 71,49 a 69,64 mg/100 g para o ácido málico. Por fim, Monterey apresentou a seguinte variação de resultados para o ácido cítrico e málico, respectivamente: 127,44 a 147,79 mg/100 g e 70,79 a 78,98 mg/100 g.

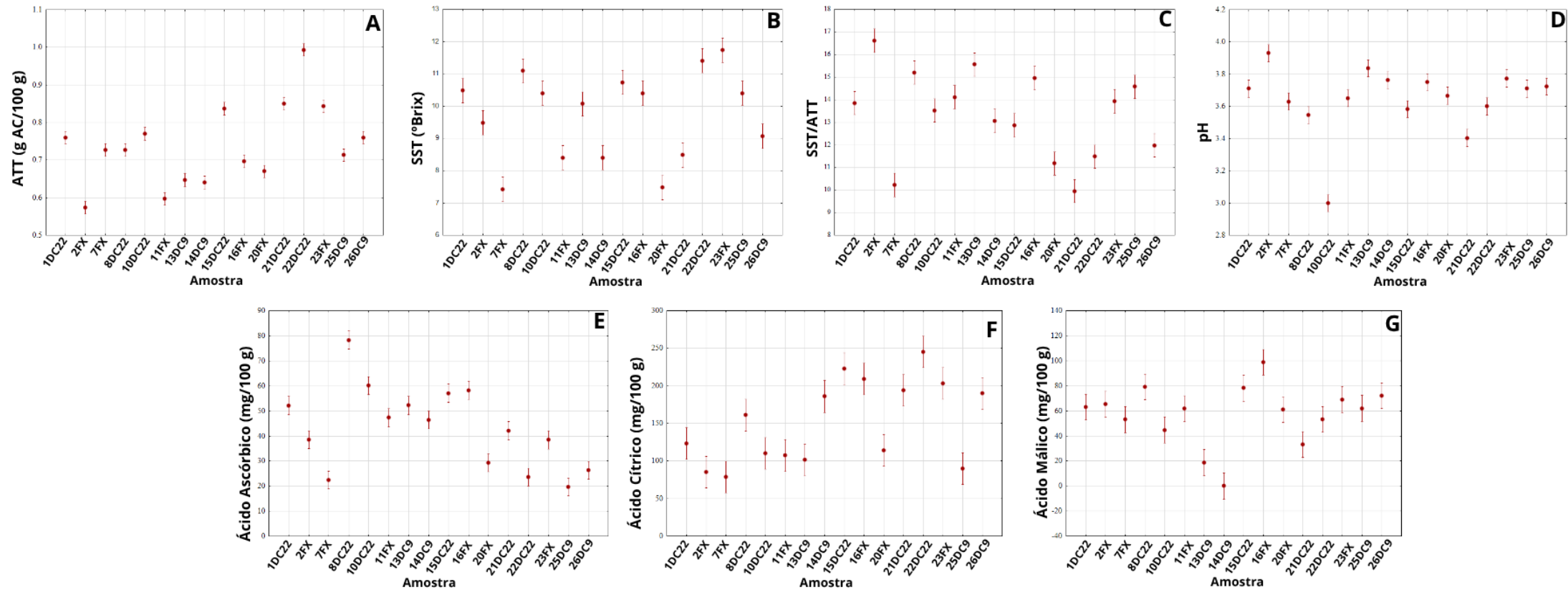
4.4 Análise de variância (ANOVA)

Nas Figuras 12 e 13, constam os gráficos obtidos a partir da análise de variância (ANOVA) para os genótipos nacionais e norte-americanos, respectivamente, os resultados demonstraram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as amostras para os parâmetros avaliados. As amostras 22 (BRS DC22), 17 (San Andreas) e 5 (San Andreas) apresentaram o maior teor de ATT, já as amostras 19 (Fronteras), 11 (Fênix), 6 (Fronteras) e 2 (Fênix), apresentaram o menor teor de ATT. No que diz respeito a SST, as amostras com os maiores teores foram: 1, 8, 22 e 23, todas sendo da mesma seleção avançada BRS DC22; já aquelas com os menores teores foram 4 (Monterey), 7 (Fênix), 12 (San Andreas) e 20 (Fênix). A amostra com a maior razão SST/ATT foi a 2 (Fênix), possivelmente por possuir ATT menor, e aquelas com as menores razões foram as amostras que pertenciam às cultivares San Andreas e Monterey. A amostra com menor ATT, o morango 2 (Fênix) apresentou o maior valor de pH e a amostra 10 (BRS DC22) o menor, e ao mesmo tempo, essa mesma amostra, demonstra o maior teor de ácido ascórbico. Dentre as amostras com o menor valor de ácido ascórbico estão a 7 (Fênix), 25 (BRS DC09), junto a elas a 2 (Fênix) e 6 (Fronteras) são as amostras que exibiram menor teor de ácido cítrico. As amostras que possuem maior ATT (5 e 17), não necessariamente têm as maiores concentrações de ácido cítrico, com exceção da 22. Por fim,

os maiores teores de ácido málico foram observados para 16 (Fênix) e 17 (San Andreas), cuja ATT está entre as mais elevadas, e os menores para 13 e 14, ambas da seleção BRS DC09.

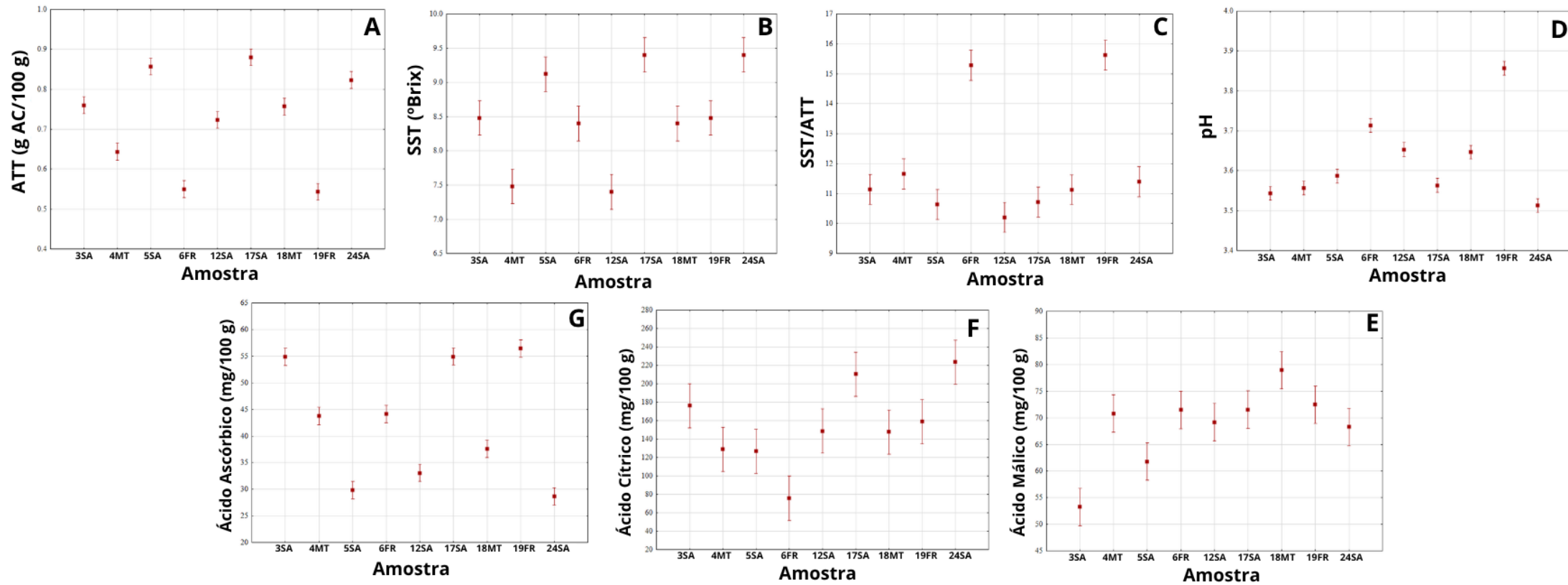
Isso significa que os genótipos brasileiros têm potencial competitivo para com as cultivares norte-americanas, uma vez que os seus parâmetros avaliados não diferem bruscamente, ou seja, têm qualidade equivalente ou superior às estrangeiras. Isso fica claro quando dispersões de ambas as origens são comparadas, onde observam-se resultados mistos. Uma vez que as amostras de ambas as origens demonstraram resultados variados, não foi possível determinar padrões de relação ao compararmos genótipos nacionais e importados. Isto só é uma exceção quando comparamos o gráfico da razão SST/ATT e pH, onde os genótipos nacionais exibem um padrão de maiores teores de ambos os parâmetros. Isso pode indicar uma melhor aceitação pelos consumidores uma vez que esses frutos são menos ácidos e mais doces e revela também, um nível de maturação ideal para o momento em que a colheita foi realizada.

Figura 12 - Gráficos de dispersão dos parâmetros avaliados para as amostras de morangos nacionais obtidos a partir da análise de variância (ANOVA)



Legenda: Siglas dos genótipos: DC9 - BRS DC09; DC22 - BRS DC22; FX - BRS DC25 Fênix. gAC: gramas de ácido cítrico. A: acidez total titulável; B: sólidos solúveis totais; C: Razão sólidos solúveis totais/acidez total titulável. D: pH; E: ácido ascórbico. F: ácido cítrico. G: ácido málico. Fonte: A própria autora (2025).

Figura 13 - Gráficos de dispersão obtidos a partir da análise de variância (ANOVA) dos parâmetros avaliados nas amostras de morangos norte americanos



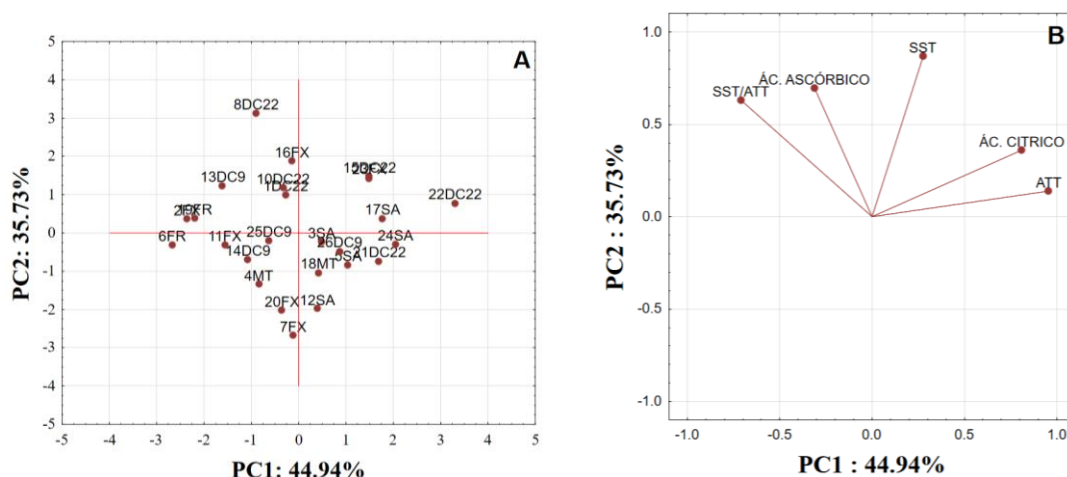
Legenda: Siglas dos genótipos: FR - Fronteras; FX - BRS DC25 (Fênix); MT - Monterey; SA - San Andreas. gAC: gramas de ácido cítrico. A: acidez total titulável; B: sólidos solúveis totais; C: Razão sólidos solúveis totais/acidez total titulável. D: pH; E: ácido ascórbico. F: ácido cítrico. G: ácido málico. Fonte: A própria autora (2025).

4.5 Análise de componentes principais

Em um primeiro momento, uma Análise de Componentes Principais ACP foi realizada utilizando todos os parâmetros avaliados neste trabalho, contudo, foi observado que o pH e o teor de ácido málico não demonstraram uma contribuição significativa para a classificação das amostras. Além disso, esse modelo possuía uma porcentagem de explicação da variabilidade baixa ($< 70\%$), dessa forma, uma segunda ACP foi realizada apenas com os componentes com maior contribuição para a correlação, sendo eles acidez total titulável, sólidos solúveis totais, razão SST/ATT, teor de ácido ascórbico e teor de ácido cítrico.

O componente principal 1 (PC1), explicou 44,9% da variabilidade e o componente principal 2 (PC2) explicou 35,7% da variabilidade, totalizando 80,6% de variabilidade explicada pelo modelo. Para o PC1, baseado nas correlações, a variável com maior contribuição foi a acidez total titulável seguida do teor de ácido cítrico e para o PC2, a variável de maior contribuição foi o teor de sólidos solúveis totais seguido do teor de ácido ascórbico. Nos gráficos a seguir (Figura 13), as amostras estão identificadas da seguinte forma: código de identificação da amostra, seguido pela sigla do genótipo.

Figura 14 - Análise de componentes principais (ACP). (A) Gráfico de dispersão das amostras de morango e (B) Gráfico de dispersão das variáveis ($p < 0,05$)



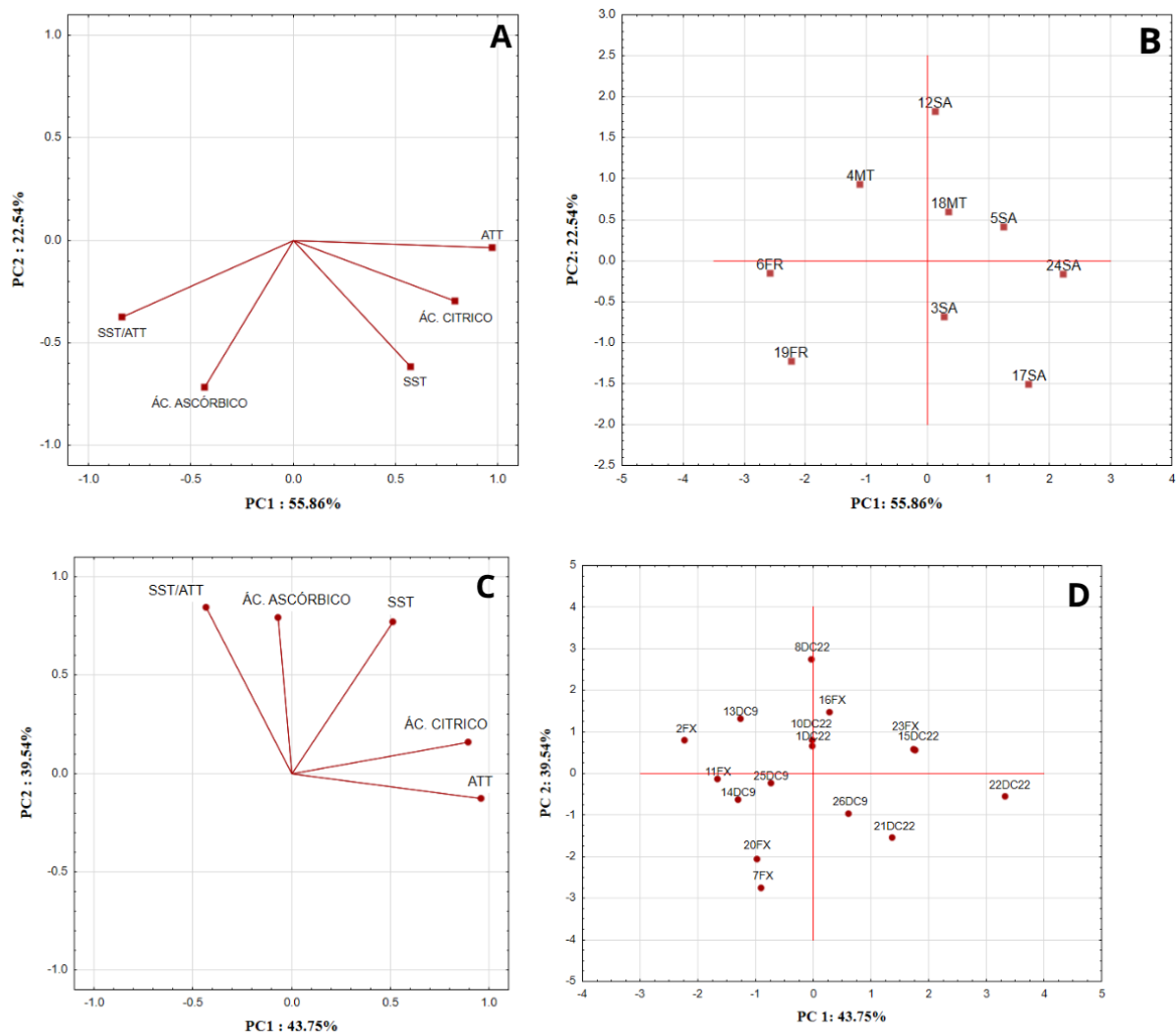
Legenda: PC - Componente Principal, do inglês *Principal Component*. Siglas dos genótipos: DC9 - BRS DC09; DC22 - BRS DC22; FR - Fronteras; FX - BRS DC25 (Fênix); MT - Monterey; SA - San Andreas. Fonte: A própria autora (2025).

Ao observar a Figura 13A é possível notar que as amostras 22 (BRS DC22) e 17 (San Andreas) se diferenciam das demais de acordo com o seu posicionamento no plano por

demonstrarem valores de acidez superiores. O mesmo ocorreu com as amostras com ATT inferior, como 19 (Fronteras), 11 (Fênix), 6 (Fronteras) e 2 (Fênix), não ocorrendo um agrupamento no posicionamento das mesmas variedades de morangos no plano gráfico. Utilizando os parâmetros analisados neste trabalho e com base no tratamento dos dados, não foi possível notar um padrão de classificação dos morangos de acordo com a cultivar.

Com o intuito de avaliar um possível padrão de classificação entre os genótipos de mesma origem geográfica, uma terceira ACP foi realizada, e os resultados podem ser observados na Figura 14. No entanto, novamente, as amostras das mesmas variedades não se agrupam nos planos gráficos e os genótipos importados e nacionais se mostram dispersos pelo plano. Isso mais uma vez indica que os genótipos brasileiros e norte-americanos avaliados neste trabalho, bem como os parâmetros utilizados para realização da ACP, possuem características equivalentes, não sendo possível determinar que certos parâmetros das amostras nacionais ou importadas se destacam umas sobre as outras. Invariavelmente, este é um resultado preliminar, de forma que um maior número de amostras e parâmetros devem ser avaliados.

Figura 15 - Análise de componentes principais (ACP). (A) Gráfico de dispersão das variáveis das amostras norte americanas (B) Gráfico de dispersão das amostras norte americanas. (C) Gráfico de dispersão das variáveis das amostras nacionais. (D) Gráfico de dispersão das amostras nacionais



Legenda: PC - Componente Principal, do inglês Principal Component. Siglas dos genótipos: DC9 - BRS DC09; DC22 - BRS DC22; FR - Fronteras; FX - BRS DC25 (Fênix); MT - Monterey; SA - San Andreas. Fonte: A própria autora (2025).

5. CONCLUSÃO

Neste estudo foram avaliados diferentes genótipos de morangueiro de origem nacional e norte-americana de morangueiro quanto à acidez total titulável, sólidos solúveis totais, razão ATT/SST, pH, ácido ascórbico e ácidos orgânicos alifáticos. Os dados obtidos nas análises foram submetidos à análise estatística e forneceram um panorama preliminar da composição química das novas seleções de morangueiro desenvolvidas no Brasil. No entanto, ainda não são suficientes para demonstrar um padrão de composição e diferenciação entre genótipos brasileiros e norte-americanos.

Isso significa que há uma grande oportunidade para estudos futuros para a avaliação de parâmetros como teor de açúcares, atividade antioxidante, compostos fenólicos, antocianinas, compostos voláteis e análise sensorial em conjunto com a caracterização agronômica. Além disso, a criação de cultivares brasileiras têm potencial para fornecer autonomia de escolha aos olericultores, viveiristas e laboratórios produtores de matrizes, aumentar a janela de produção e reduzir custos ao adquirir novas mudas.

REFERÊNCIAS

AGIUS, F.; GONZÁLEZ-LAMOTHE, R.; CABALLERO, J. L.; MUÑOZ-BLANCO, J.; BOTELLA, M. A.; VALPUESTA, V. Engineering increased vitamin C levels in plants by overexpression of a D-galacturonic acid reductase. **Nature Biotechnology**. v. 21. p. 177-181. 2003.

Alves, A. S. **Caracterização agronômica de genótipos de morangueiro oriundos do programa de melhoramento da Embrapa: cultivo no solo e influência do tempo de permanência das mudas no viveiro**. 2023. 52 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas. Pelotas. 2023.

Amaro, M. C. C. **A cadeia produtiva agro-industrial do morango nos municípios de Pelotas, Turuçu e São Lourenço**. 2002. 105 f. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2002.

AMATORI, S.; MAZZONI, L.; ALVAREZ-SUAREZ, J. M.; GIAMPIERI, F.; GASPARRINI, M.; FORBES-HERNANDEZ, T. Y.; AFRIN, S.; PROVENZANO, A. E.; PERSICO, G.; MEZZETTI, B.; AMICI, A.; FANELLI, M.; BATTINO, M. Polyphenol-rich strawberry extract (PRSE) shows in vitro and in vivo biological activity against invasive breast cancer cells Polyphenol-rich strawberry extract (PRSE) shows in vitro and in vivo biological activity against invasive breast cancer cells. **Nature**. v. 6. 2016.

ANZOLIN, J.; GRANDO, L. A.; ALBRECH, G. E.; FANTE, R.; TRENTIN, T. DOS S.; ANA PAULA FERNANDES DE LIMA TURMINA, A. P. F. DE L.; ANTUNES, L. E. C.; CHIOMENTO, J. L. T. Pruning inflorescences reduces the yield of neutral-day strawberry cultivars. **Comunicata Scientiae**. v. 15. 2024.

AREND, G. D.; ADORNO, W. T.; REZZADORI, K.; Di LUCCIO, M.; CHAVES, V. C.; REGINATTO, F. H.; PETRUS, J. C. C. Concentration of phenolic compounds from strawberry (*Fragaria X ananassa* Duch) juice by nanofiltration membrane. **Journal of Food Engineering**. v. 201. p. 36-41. 2017.

Brugnerotto, P. **Desenvolvimento e validação de método por eletroforese capilar para análise simultânea de ácidos orgânicos alifáticos em méis de melato de bracinga (mimosa scabrella benth.) e florais do estado de Santa Catarina**. 2018. 130 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2018.

BRUGNEROTTO, P.; BETTA, F. D.; GONZAGA, L. V.; FETT, R.; COSTA, A. C. O. A capillary electrophoresis method to determine aliphatic organic acids in bracinga honeydew honey and floral honey. **Journal of Food Composition and Analysis**. v. 82. 2019.

CALVETE, E. O.; da COSTA, R. C.; MENDONÇA, H. F. C.; CECATTO, A. P. Sistemas de produção fora de solo. In: BAMBERG, A. L. *et al.* **Morangueiro**. 1 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2016.

CANTILLANO, R. F. F. Manuseio pós colheita. In: BAMBERG, A. L. *et al.* **Morangueiro**. 1 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2016.

CASSIDY, A.; O'REILLY, É. J.; KAY, C.; SAMPSON, L.; FRANZ, M.; FORMAN, J. P.; CURHAN, G.; RIMM, E B. Habitual intake of flavonoid subclasses and incident

hypertension in adults. **The American Journal of Clinical Nutrition**. v. 93. p. 338-347. 2011.

CHIOMENTO, J. L. T.; De NARDI, F. S.; KUJAWA, S. C.; DEGGERONE, Y. S.; FANTE, R.; KASPARY, I. J.; DORNELLES, A. G.; HUZAR-NOVAKOWISKI, J.; TRENTIN, T. S. Multivariate Contrasts of Seven Strawberry Cultivars in Soilless Cultivation and Greenhouse in Southern Brazil. **Advanced Chemicobiology Research**. v. 2. n 1. 2023.

CHIOMENTO, J. L. T.; JÚNIOR, E. P. L.; D'AGOSTINI, M.; De NARDI, F. S.; TRENTIN, T. S.; DORNELLES, A. G.; HUZAR-NOVAKOWISKI, J.; CALVETE, E. O. Horticultural potential of nine strawberry cultivars by greenhouse production in Brazil: A view through multivariate analysis. **Scientia Horticulturae**. v. 275. 2021.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças**. [2.ed](#). Lavras - Editora UFLA, 2005, 783 p.

COCCO, C.; GONÇALVES, M. A.; VIGNOLO, G. K.; PICOLOTTO, L.; ANTUNES, L. E. C.; ALMEIDA, I. R. Produção de mudas. In: BAMBERG, A. L. *et al.* **Morangueiro**. 1 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2016.

CRUZ-RUS, E.; AMAYA, I.; SÁNCHEZ-SEVILLA, J. F.; BOTELLA, M. A.; VALPUESTA, V. Regulation of L-ascorbic acid content in strawberry fruits. **Journal of Experimental Botany**. v. 62. n. 12. p. 4191–4201. 2011.

DAMODARAN, S.; PARKIN, L. L.; FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos de Fennema**. [4. ed](#). Porto Alegre: Artmed, 2010, 900 p.

Da SILVA, L. R.; CAMPOS, A. A. A.; MOREIRA, L. C.; BARRAL, D. M.; De ANDRADE, G. F. P.; GUIMARÃES, A. G.; Da SILVA, I. M.; TANNURE, M. P.; PINTO, N. A. V. D.; Da COSTA, M. R.; ZANUNCIO, J. C. Agronomic characteristics and postharvest quality of strawberry in a semi-hydroponic cultivation system. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 59. 2024.

De RESENDE, J. T. V.; CAMARGO, L. K. P.; ARGANDOÑA, E. J. S.; MARCHESE, A.; CAMARGO, C. K. Sensory analysis and chemical characterization of strawberry fruits. **Horticultura Brasileira**. v. 26. n. 3. p. 371-374. 2008.

De SOUZA, D. C.; OSSANI, P. C.; COSTA, A. S.; GUERRA, T. S.; ARAÚJO, A. L.; RESENDE, F. V.; RESENDE, L. V. Selection of experimental strawberry clones for fruit appearance attributes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 56. 2021.

DELAZERI, E. V.; SCHIAVON, A. V.; BECKER, T. B.; BONOW, S.; CANTILLANO, R. F. F.; ANTUNES, L. E. C. Physical and quality fruit parameters of new strawberry genotypes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 59. 2024.

DOMINGUES, A. R.; VIDAL, T. C. M.; HATA, F. T.; VENTURA, M. U.; GONÇALVES, L. S. A.; DA SILVA, J. B. Postharvest quality, antioxidant activity and acceptability of strawberries grown in conventional and organic systems. **Brazilian Journal of Food Technology**. v. 21. 2018.

Dos SANTOS, A. N.; COELHO, B. E. S.; GALVÃO, L. C.; TORRES, G. S.; NETO, A. F.; Dos SANTOS, I. H. Caracterização física e físico-química de morangos san andreas

produzidos sob sistemas orgânico e convencional. **Revista Cultura Agronômica**. v. 29. n.3. p.379-388. 2020.

DROBEK, M.; FRĄC, M.; ZDUNEK, A.; CYBULSKA, J. The Effect of Cultivation Method of Strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Honeoye on Structure and Degradation Dynamics of Pectin during Cold Storage. **Molecules**. v. 25. n. 18. 2020.

EMBRAPA Clima Temperado. **General Search | Content Related to Morango BRS DC25 (Fênix)** 2023a. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1155577/1/FOLDER-BRS-DC25-Fenix-A4-WEB.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2025.

EMBRAPA Clima Temperado. Morango BRS DC25 (Fênix). **Busca de Produtos e Serviços**. 2023b. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/clima-temperado/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/11298/morango-brs-dc25-fenix>. Acesso em: 17 abr. 2025.

ENOMOTO, H.; SATO, K.; MIYAMOTO, K.; OHTSUKA, A.; YAMANE, H. Distribution Analysis of Anthocyanins, Sugars, and Organic Acids in Strawberry Fruits Using Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization Imaging Mass Spectrometry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 66. p. 4958-4965. 2018.

ESER ÇELIKTOPUZ, E; MEHMET ALI SARIDAŞ, M. A.; KAPUR, B; AĞÇAM, E.; KOYUNCU, C. H. The impact of irrigation levels and abscisic acid application on the biochemical profiles of strawberries. **Food chemistry**. v. 482. 2025.

FECKA, I.; NOWICKA, A.; KUCHARSKA, A. Z.; SOKÓŁ-ŁĘTOWSKA, B. The effect of strawberry ripeness on the content of polyphenols, cinnamates, L-ascorbic and carboxylic acids. **Journal of Food Composition and Analysis**. v. 95. 2021.

GASPARRINI, M.; FORBES-HERNANDEZ, T. Y.; GIAMPIERI, F.; AFRIN, S.; ALVAREZ-SUAREZ, J. M.; MAZZONI, L.; MEZZETTI, B.; QUILES, J. L.; BATTINO, M. Anti-inflammatory effect of strawberry extract against LPS-induced stress in RAW 264.7 macrophages. **Food and Chemical Toxicology**. v. 102. p. 1-10. 2017.

GIAMPIERI, F.; FORBES-HERNANDEZ, T. Y.; GASPARRINI, M.; ALVAREZ-SUAREZ, J. M.; AFRIN, S.; BOMPADRE, S.; QUILES, J. L.; MEZZETTI, B.; BATTINO, M. Strawberry as a health promoter: an evidence based review. **Food & Function**. v. 6. p. 1386-1398. 2015.

GONÇALVES, M. A.; PICOLOTTO, L.; COCCO, C.; VIGNOLO, G. K.; ANTUNES, L. E. C. Crescimento e desenvolvimento. In: BAMBERG, A. L. *et al.* **Morangueiro**. 1 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2016.

GRAU, L. A. **A cultura do morangueiro**. Lisboa: Editorial Presença, 1979, 197 p.

GÜNDÜZ, K; ÖZDEMİR, E. The effects of genotype and growing conditions on antioxidant capacity, phenolic compounds, organic acid and individual sugars of strawberry. **Food Chemistry**. v. 155. p. 298-303. 2014.

HUANG, M.; HAN, Y.; LI, L.; RAKARIYATHAM, K.; WU, X.; GAO, Z.; XIAO, H. Protective effects of non-extractable phenolics from strawberry against inflammation and colon cancer in vitro. **Food Chemistry**. v. 374. 2022.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo agropecuário de 2017. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuário.html?edicao=25757&t=resultados> Acesso em: 01 abr. 2025.

IKEGAYA, A.; TOYOIZUMI, T.; OHBA, S.; NAKAJIMA, T.; KAWATA, T.; ITO, S.; ARAI, E. Effects of distribution of sugars and organic acids on the taste of strawberries. **Food Science & Nutrition**. v. 7. n. 7. p. 2419-2426. 2019.

Instituto Adolfo Lutz. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**. 4 ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2005. 1018 p.

Instituto Adolfo Lutz. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**. 4 ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

JOHNSON, J.; HOFFMANN M. Evaluation of Yield, Fruit Chemistry, and Firmness of Seven Strawberry (*Fragaria* × *ananassa*) Cultivars in an Eastern North Carolina Greenhouse. **HortScience**. v. 59. n. 11. p. 1634-1643. 2024.

KRIKORIAN, R.; SHIDLER, M. D.; SUMMER, S. S. Early Intervention in Cognitive Aging with Strawberry Supplementation. **Nutrients**. v. 15. n. 20. 2023.

KROLOW, A. C. R. Processamento e novos produtos. In: BAMBERG, A. L. *et al.* **Morangueiro**. 1 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2016.

LARSON, K. D., DAVIS, D. V. **Strawberry plant named ‘Fronteras’**. Depositante: The Regents of the University of California, Oakland, CA (US). n. US PP26,709 P3. Depósito: 10 Feb. 2014. Concessão: 10 May 2016. Disponível em: <https://patents.google.com/patent/US20150230374P1/en>. Acesso em: 26 mar. 2025.

LARSON, K. D., DAVIS, D. V. **Strawberry plant named ‘Monterey’**. Depositante: The Regents of the University of California, Oakland, CA (US). US PP19,767 P2. Depósito: 25 Jan. 2008. Concessão: 24 Feb 2009. Disponível em: [https://patents.google.com/patent/USPP19767P2/en?q=\(Strawberry+plant+named+monterey\)&oq=Strawberry+plant+named+monterey](https://patents.google.com/patent/USPP19767P2/en?q=(Strawberry+plant+named+monterey)&oq=Strawberry+plant+named+monterey). Acesso em: 26 mar. 2025.

LARSON, K. D., DAVIS, D. V. **Strawberry plant named ‘San Andreas’**. Depositante: The Regents of the University of California, Oakland, CA (US). US PP19,975 P2. Depósito: 25 Jan. 2008. Concessão: 12 May 2009. Disponível em: <https://patents.google.com/patent/USPP19975P2/en>. Acesso em: 26 mar. 2025.

LIU, L.; JI, M.; CHEN, M.; SUN, M.; FU, X.; LI, L.; GAO, D.; ZHU, C.; The flavor and nutritional characteristic of four strawberry varieties cultured in soilless system. **Food Science and Nutrition**. 2016.

Louredo, F. J. C. **Determinação de ácidos orgânicos alifáticos em cerveja estilo catharina sour por eletroforese capilar**. 2023. 108 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2023.

MADAIL, J. C. M. Panorama econômico. In: BAMBERG, A. L. *et al.* **Morangueiro**. 1 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2016.

MALGARIM, B. M.; CANTILLANO, R. F. F.; COUTINHO, E. F. Sistemas e condições de colheita e armazenamento na qualidade de morangos cv. camarosa. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 28, n. 2. p. 185-189. 2006.

MICHALSKA, A.; CARLEN, C.; HERITIER, J.; ANDLAUER, W. Profiles of bioactive compounds in fruits and leaves of strawberry cultivars. **Journal of Berry Research**. v. 7. n. 2. 2016.

MIKULIC-PETKOVSEK, M.; SCHMITZER, V.; SLATNAR, A.; STAMPAR, F.; VEBERIC, R. Composition of Sugars, Organic Acids, and Total Phenolics in 25 Wild or Cultivated Berry Species. **Journal of Food Science**. v. 0. n. o. 2012.

MILLER, K.; FEUCHT, W.; SCHMID, M. Bioactive Compounds of Strawberry and Blueberry and Their Potential Health Effects Based on Human Intervention Studies: A Brief Overview. **Nutrientes**. v. 11. n. 7. 2019.

MILOSAVLJEVIĆ, D.; MAKSIMOVIĆ, V.; MILIVOJEVIĆ, J.; DJEKIĆ, I.; WOLF, B.; ZUBER, J.; VOGT, C.; MAKSIMOVIĆ, J. D. Sugars and Organic Acids in 25 Strawberry Cultivars: Qualitative and Quantitative Evaluation. **Plants**. v. 12, n. 2238, 2023.

Mueller, F. C. S. **Avaliação agrônômica de seleções avançadas de morangueiro em sistema de cultivo no solo e em substrato**. 2022. 82 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas. Pelotas. 2022.

MUSA, C. I.; WEBER, B.; GONZATTI, H. C.; BIGUELINI, C. B.; SOUZA, C. F. V.; OLIVEIRA, E. C. Avaliação do teor de Vitamina C em morangos de diferentes cultivares em sistemas de cultivo distintos no município de Bom Princípio/RS. **Ciência e Natura**. v. 37. n. 2. p. 368-373. 2015.

NEWERLI-GUZ, J.; ŚMIECHOWSKA, M.; DRZEWIECKA, A.; TYLINGO, R. Bioactive Ingredients with Health-Promoting Properties of Strawberry Fruit (*Fragaria x ananassa* Duchesne). **Molecules**. v. 28. n. 6. 2023.

NOFAL, A. E.; ABOSHABAN, H. S.; FAYYAD, R. M.; EREBA, R. E.; OMAR, N. A.; ELSHARKAWY, S. M.; ELBERRI, A. I. Immunostimulatory and anti-inflammatory impact of *Fragaria ananassa* methanol extract in a rat model of cadmium chloride-induced pulmonary toxicity. **Frontiers in Immunology**. v. 14. 2023.

OLIVEIRA, A. C. B.; ANTUNES, L. E. C. Melhoramento genético e principais cultivares. In: BAMBERG, A. L. *et al.* **Morangueiro**. 1 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2016.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA
FAO. FAO disponibiliza dados desagregados sobre o custo da alimentação saudável no

munido. Disponível em: <https://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/fr/c/1633196/>. Acesso em: 24 abr. 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA FAO. FAOSTAT. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>. Acesso em: 17 abr. 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA FAO. FAOSTAT. Disponível em: https://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity. Acesso em: 01 abr. 2025.

OVIEDO, V. R. S.; CABRAL, M.; GARAY, C. R. E.; ARREDONDO, G. A. J. C. Postharvest quality of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* (Duchesne ex Weston) Duchesne ex Rozier) genotypes according to vernalization. **Agroindustria y Ciencia de los Alimentos**. v. 67. p. 208-214. 2017.

PADOVANI, M. I. **Morango: o delicado e saboroso fruto da integração dos povos**. São Paulo: Ícone, 1991, 68p.

PEREIRA, C. C.; SOUZA, A. O.; BONEMANN, D. H.; ORESTE, E. Q.; ANTUNES, L. E. C.; CADORE, S.; RIBEIRO, A. S.; VIEIRA, M. A. Evaluation of Total Concentration and Bioaccessible Fraction of Metals in Berry Fruits from Different Cultivars. **Journal of the Brazilian Chemical Society**. v. 36. p. 1-10. 2025.

PICOLOTTO, L.; VIGNOLO, G. K.; GONÇALVES, M. A.; COCCO, C.; ANTUNES, L. E. C. Produção no campo. In: BAMBERG, A. L. et al. **Morangueiro**. 1 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2016.

SHELL, J.; SCOFIELD, R. H.; BARRETT, J. R.; KURIEN, B. T.; BETTS, N.; LYONS, T. J.; ZHAO, Y. D.; BASU, A. Strawberries Improve Pain and Inflammation in Obese Adults with Radiographic Evidence of Knee Osteoarthritis. **Nutrients**. v. 9. n. 9. 2017.

SIMKOVA, K.; VEBERIC, R.; HUDINA, M.; GROHAR, M. C.; PELACCI, M.; SMRKE, T.; IVANCIC, T.; WEBER, N. C.; JAKOPIC, J. Non-destructive and destructive physical measurements as indicators of sugar and organic acid contents in strawberry fruit during ripening. **Scientia Horticulturae**. v. 327. 2024.

SPUDEIT, D. A.; GONÇALVES, S.; BRETANHA, L. C.; CLAUMANN, C. A.; MACHADO, R. A. F.; MICKE, G. A. A systematic procedure to develop a Capillary Electrophoresis method using a minimal experimental data. **Journal of the Brazilian Chemical Society**. v. 00. n. 00. 2016.

TACO. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. 4ª edição ampliada e revisada. Campinas: Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação – NEPA, 2011. Disponível em: https://www.cfn.org.br/wp-content/uploads/2017/03/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf. Acesso em: 27 abr 2025.

Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA). Universidade de São Paulo (USP). Food Research Center (FoRC). Versão 7.2. São Paulo, 2023. Disponível em: <http://www.fcf.usp.br/tbca>. Acesso em: 27 abr. 2025.

TÖRRÖNEN, R.; KOLEHMAINEN, M.; SARKKINEN, E.; POUTANEN, K.; MYKKÄNEN, H.; NISKANEN, L. Berries reduce postprandial insulin responses to wheat and rye breads in healthy women. **The Journal of Nutrition**. v. 143. p. 430-436. 2013.

US Department of Agriculture. Agriculture Research Service. (2022). **USDA FoodData Central** Food Details. Strawberries, raw. Disponível online em: <https://fdc.nal.usda.gov/food-details/2346409/nutrients>. Acesso em 27 abr. 2025.

VIGNOLO, G. K.; PICOLOTTO, L.; GONÇALVES, M. A.; COCCO, C.; ANTUNES, L. E. C. Origem e botânica. In: BAMBERG, A. L. *et al.* **Morangueiro**. 1 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2016.

WREGE, M. S.; REISSER JÚNIOR, C.; ANTUNES, L. E. C.; OLIVEIRA, R. P. de.; HERTER, F. G.; STEINMETZ, S.; GARRASTAZU, M. C.; MATZENAUER, R.; JOÃO, P. L.; SANTOS, A. M. dos. Zoneamento agroclimático para produção de mudas de morangueiro no Rio Grande do Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. p. 16.

ZEIST, A. R.; de RESENDE, J. T. V. Strawberry breeding in Brazil: current momentum and perspectives. **Horticultura brasileira**. v. 37, n. 1, 2019.

ZENELI, F.; VENTURA, V.; FRISIO, D. G. Sustainable fresh strawberry consumption: environmental, genetically modified food, and climate concerns in Europe and North Africa. **Frontiers in Sustainable Food Systems**. v. 8. 2024.