



UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CAMPUS DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PRODUÇÃO VEGETAL

Raquel de Souza Silva

**SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE ACEROLEIRA DO BANCO ATIVO
DE GERMOPLASMA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO PARA ALTOS
TEORES DE ÁCIDO ASCÓRBICO E COMPOSTOS BIOATIVOS
NOS FRUTOS**

Petrolina-PE

2024

RAQUEL DE SOUZA SILVA

**SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE ACEROLEIRA DO BANCO ATIVO
DE GERMOPLASMA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO PARA ALTOS
TEORES DE ÁCIDO ASCÓRBICO E COMPOSTOS BIOATIVOS
NOS FRUTOS**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal do *Campus* de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Agronomia - Produção Vegetal.

Orientador: Dr. Sérgio Tonetto de Freitas

Co-orientador: Dr. Flávio de França Souza

Petrolina-PE

2024

Silva, Raquel de Souza

S586s Seleção de genótipos de aceroleira do banco ativo de germoplasma da Embrapa Semiárido para altos teores de ácido ascórbico e compostos bioativos nos frutos / Raquel de Souza Silva. – Petrolina-PE, 2024.
xvi, 90 f.: il.; 29 cm.

Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Ciências Agrárias, Petrolina-PE, 2024.

Orientador: Prof.º Dr.º Sérgio Tonetto de Freitas.

Inclui referências, anexo.

1. Acerola - Cultivo. 2. Plantas - Melhoramento genético. 3. Compostos bioativos. I. Título. II. Freitas, Sérgio Tonetto de. III. Universidade Federal do Vale do São Francisco.

CDD 634.973214

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CAMPUS DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PRODUÇÃO VEGETAL

FOLHA DE APROVAÇÃO

Raquel de Souza Silva


**SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE ACEROLEIRA DO BANCO ATIVO
DE GERMOPLASMA DA EMBRAPA SEMIÁRIDO PARA ALTOS
TEORES DE ÁCIDO ASCÓRBICO E COMPOSTOS BIOATIVOS
NOS FRUTOS**

Dissertação apresentada ao
Curso de Pós-Graduação em
Agronomia – Produção Vegetal
do Campus de Ciências
Agrárias da Universidade
Federal do Vale do São
Francisco, como parte dos
requisitos para a obtenção do
título de Mestre em Agronomia
–Produção Vegetal.


Aprovada em: 29 de Fevereiro de 2024.

Banca Examinadora


Dr. Sérgio Tonetto de Freitas, Embrapa Semiárido, Orientador

Documento assinado digitalmente
 **FLAVIO DE FRANCA SOUZA**
Data: 20/05/2024 12:50:17-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Flávio de França Souza, Embrapa Semiárido, Coorientador

Documento assinado digitalmente
 **IZAIAS DA SILVA LIMA NETO**
Data: 19/05/2024 09:56:40-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Izaias da Silva Lima Neto, Univasf, Membro interno

Documento assinado digitalmente
 **CRISTINA DOS SANTOS RIBEIRO COSTA**
Data: 20/05/2024 09:40:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Cristina dos Santos Ribeiro Costa, Embrapa Semiárido, Membro externo

AGRADECIMENTOS

Olá! Se você está lendo esta página na minha dissertação é porque eu consegui. Não pense você que foi fácil essa parte da minha vida. Vocês não imaginam o orgulho com que escrevo tudo isso.

E é por isso que venho agradecer a todas as pessoas que de fato fizeram diferença durante essa caminhada árdua, porém gratificante.

Antes de tudo venho agradecer a Deus, aquele que foi e sempre será o meu maior suporte e que me sustentou até aqui.

Aos meus pais Fabiana e Carlos, e a minha vó Franciente, por terem me dado toda educação, me ensinado valores morais e por sempre se doarem colocando os sonhos dos seus filhos em primeiro lugar, não tenho palavras para descrever o tamanho do meu amor e da minha gratidão.

Aos meus irmãos Carlos Rodrigo e Felipe que foram essenciais em todos os momentos da minha vida, vocês não têm noção do quanto eu sou grata a cada um de vocês por toda ajuda.

Ao meu amigo João Vilvert, por ajudar-me durante toda a pesquisa. Obrigada também por todos os momentos de descontrações e desabafos.

À Cristina Santos, por ajuda-me durante muitos momentos da pesquisa com dedicação e amizade.

Ao meu amigo da vida Marcos Andrei, obrigada por fazer parte da minha história e por estar presente, aconselhando e torcendo por mim.

Ao meu amigo Willamo, por ter colaborado comigo na condução do último ano de avaliação dos experimentos, a sua amizade é um presente que a Embrapa Semiárido proporcionou.

Ao meu orientador, Dr. Sérgio Tonetto de Freitas, pela orientação prestada, por todo apoio, disponibilidade e paciência. Deixo aqui meus sinceros agradecimentos.

Ao Dr. Flávio de França Souza, por sempre dispor do seu tempo para me ajudar com a parte de melhoramento genético vegetal deste trabalho, pelos ensinamentos, confiança e incentivo.

À Embrapa Semiárido, onde realizei minha pesquisa. Ao Sr. Gilvan Alencar Lopes (*in memoria*) pela colaboração nas atividades no Banco Ativo de Germoplasma de acerola da Embrapa Semiárido.

À Universidade Federal do Vale do São Francisco pela oportunidade de realização do curso de Pós- Graduação.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), pela concessão da bolsa de estudo.

A todos que de forma direta ou indireta contribuíram comigo na realização desse sonho, meus sinceros agradecimentos!

RESUMO

A acerola é uma fruta de grande importância econômica. O programa de melhoramento genético de aceroleira da Embrapa Semiárido dispõe de grande variabilidade genética, que pode ser explorada para a seleção de genótipos com características atrativas aos diferentes mercados. Logo, o objetivo do presente trabalho foi estimar os parâmetros genéticos para os atributos de qualidade dos frutos de aceroleira, para auxiliar no programa de melhoramento genético da cultura, na seleção de genótipos superiores a serem destinados ao consumo *in natura* e à indústria. No primeiro experimento, frutos de noventa e cinco genótipos foram colhidos em três ciclos de produção, nos estádios de maturação 1 (coloração verde), maturação 2 (coloração vermelha). Os frutos foram avaliados quanto à cor da casca, massa, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação SS/AT e ácido ascórbico. Realizou-se a estimação dos componentes de variância e a predição dos valores genéticos, utilizando o modelo 63 do Software Selegen REML/BLUP. Foi estimado a repetibilidade individual, a herdabilidade, a acurácia de seleção, os ganhos de seleção e as novas médias. Os valores de repetibilidade encontrados se apresentaram de medianos a altos. Quanto as médias, foi aplicado quatro índices de seleção multicaracterísticas (índice de seleção clássico de Smith-Hazel, índice base de Williams; índice da soma de ranks de Mulamba e Mock; e índice da distância genótipo-ideótipo) para classificar os genótipos para consumo *in natura* e processamento com base na qualidade dos frutos. Os índices de seleção multicaracterísticas identificaram os genótipos Flor Branca, ALHA 03, ACO 10, Junko, Natália, Lígia, Luísa, LAG 05, e BV01 como promissores para indústria. Quanto ao consumo *in natura*, foram indicados os genótipos Manoela, Okinawa, ACO 05, ACO 14, LAG 01 e BRS Rubra. Costa Rica, IAPAR 01 e LAG 04 foram selecionados como genótipos de dupla aptidão, destinados tanto ao consumo *in natura* quanto para indústria. No segundo experimento, os doze genótipos selecionados para processamento industrial foram avaliados quanto a sua atividade antioxidante total (AAT), assim como para teores de compostos fenólicos totais (CFT) e capacidade antioxidante pelos dois métodos de captura dos radicais livres (DPPH e ABTS). Os onze genótipos selecionados para o consumo *in natura* também foram avaliados para os mesmos parâmetros, sendo incluídas as análises de antocianinas totais (ANT) e flavonoides amarelos (FLA),

por duas safras consecutivas no ano de 2023. Nesta pesquisa, os genótipos BRS Rubra, Costa Rica, Clone 71/2, Aco 14, Okinawa obtiveram os maiores teores de antocianinas totais no segundo semestre de 2023, quanto aos flavonoides amarelos, os genótipos Aco 14 e Aco 05, genótipos de casca amarela, tiveram bom desempenho no primeiro e segundo semestre de 2023. Os CFT não apresentaram diferença significativa entre genótipos para frutos verdes, somente para os frutos maduros. A atividade antioxidante total nos frutos verdes teve melhor desempenho pela captura pelo método ABTS, sendo influenciada pelo genótipo e pelo ciclo de produção. Os genótipos BRS Rubra, Costa Rica e Okinawa mostraram que além do seu potencial para consumo *in natura* e extração de ácido ascórbico, podem ser explorados para finalidade nutracêuticas em ambos estagio de maturação em colheitas distintas no mesmo ano. Este estudo mostrou que as propriedades bioativas da acerola são altamente dependentes do genótipo, em decorrência da sua alta variabilidade genética.

Palavras chaves: *Malpighia emarginata*; índice de seleção; modelos mistos; parâmetros físico-químicos; compostos bioativos.

ABSTRACT

Acerola is a fruit of great economic importance. The Acerola Genetic Breeding Program at the Tropical Semi-arid Embrapa has a great genetic diversity of genotypes with attractive traits for different markets. The objective of this study was to estimate the genetic parameters for the quality attributes of acerola fruit in order to assist in the selection of superior genotypes for fresh consumption and/or industry. In the first experiment, fruit from ninety-five genotypes were harvested in three production cycles at the maturity stages 1 (green color) and 2 (red color). The fruit were evaluated for skin color, mass, soluble solids (SS), titratable acidity (TA), SS/TA ratio and ascorbic acid content. The variance components and the prediction of genetic values were estimated using model 63 of the Selegen REML/BLUP software. Individual repeatability, heritability, selection accuracy, selection gains and new means were estimated. The repeatability values ranged from medium to high. As for the averages, four multi-trait selection indices were applied (Smith-Hazel classic selection index, Williams base index; Mulamba and Mock rank sum index; and genotype-ideotype distance index) to classify the genotypes for *in natura* and processing markets based on fruit quality. The multitrait selection indices identified Flor Branca, ALHA 03, ACO 10, Junko, Natália, Lígia, Luísa, LAG 05, and BV01 as promising genotypes for processing industry. Regarding fresh consumption, the genotypes Manoela, Okinawa, ACO 05, ACO 14, LAG 01 and BRS Rubra were indicated. Costa Rica, IAPAR 01 and LAG 04 were selected as dual suitability genotypes, intended for both fresh consumption and processing industry. In the second experiment, the twelve genotypes selected for processing industry were evaluated for their total antioxidant activity (TAA), as well as for total phenolic compound content (TPC) and antioxidant capacity using the two free radical capture methods (DPPH and ABTS). The eleven genotypes selected for fresh consumption were also evaluated for the same parameters, including analyzes of total anthocyanins (ANT) and yellow flavonoids (YF), for two consecutive harvests in 2023. In this study, the genotypes BRS Rubra, Costa Rica, Clone 71/2, Aco 14, and Okinawa obtained the highest levels of total ANT in the second semester of 2023. Regarding YF, the genotypes Aco 14 and Aco 05, which have yellow skin fruit, performed well in the first and second semester in 2023. The TPC showed no significant difference between genotypes for green fruit, only for ripe fruit. The TAA in green fruit performed better when captured by the ABTS method, being

influenced by the genotype and production cycle. The BRS Rubra, Costa Rica and Okinawa genotypes showed that in addition to their potential for fresh consumption and ascorbic acid extraction, they can be explored for nutraceutical purposes at both maturity stages in different harvest seasons. This study showed that the bioactive properties of acerola are highly dependent on the genotype, which was due to its high genetic variability.

Keywords: *Malpighia emarginata*; selection index; mixed models; physicochemical parameters; bioactive compounds.

Lista de figuras

Capítulo I

Figura 1: Diferentes classes de compostos fenólicos.

Capítulo II

Figura 2: Principais variáveis climáticas observadas durante três safras de acerola, em Petrolina, PE, Brasil.

Figura 3. Distribuição das médias das diferentes características de qualidade dos frutos em 95 genótipos de aceroleira.

Figura 4: Ganhos genéticos para características de qualidade de frutos, na seleção de genótipos de aceroleira por diferentes métodos.

Capítulo III

Figura 1 (A): Capacidade antioxidante dos genótipos de aceroleira maduro (ABTS), capacidade antioxidante equivalente a (mmol/L)

Figura 1 (B): Capacidade antioxidante dos genótipos de aceroleira verde (ABTS), capacidade antioxidante equivalente a (mmol/L)

Lista de tabelas

CAPITULO II:

Tabela 1: Teste de razão de máxima verossimilhança (LRT) para características de qualidade de frutos de 95 genótipos de aceroleira colhidos em dois estádios de maturação, em três safras.

Tabela 2: Médias iniciais e novas e ganho genético de genótipos de acerola com base no índice de seleção multicaracterísticas para qualidade de frutos.

CAPITULO III:

Tabela 1. Dados meteorológicos do campo experimental de Bebedouro, da Embrapa Semiárido, referentes aos dois ciclos produtivos do ano de 2023.

Tabela 2. Teores de antocianinas totais (ANT), flavonoides amarelos (FLA) em acerolas (*Malpighia emarginta*) colhidas com coloração da casca vermelha e verde em dois ciclos de produção.

Tabela 3: Compostos fenólicos totais (CFT), em acerolas (*Malpighia emarginta*) colhidas com coloração de casca vermelha.

ABREVIATURAS E SIGLAS

AA- Ácido ascórbico

AAT- Atividade antioxidante total

ABTS- Método de captura de radical livre

ACM - Acurácia média seletiva

ANADEV- Análise de deviance

ANT- Antocianinas

AT - Acidez Titulável

BLUP- Best Linear Unbiased Prediction /melhor predição linear não viesada/(Valor genotípico)

CFT- Compostos fenólicos totais

CN- Número de condição

DPPH- Método de captura de radical livre

FLA- Flavonoides amarelos

LRT- Teste de razão de verossimilhança

REML/BLUP- Máxima verossimilhança restrita/ melhor predição linear não viciada

SS- Sólidos Solúveis

Vet - Variância ambiental

Vf - Variância fenotípica

Vfp - Variância fenotípica permanente entre planta

SUMÁRIO

CAPITULO I: INTRODUÇÃO GERAL E REFERENCIAL TEÓRICO	13
1.INTRODUÇÃO	13
2.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1 Origem e importância socioeconômica	16
2.2 Sistema reprodutivo e morfologia da planta	17
2.3 Fatores ambientais na produção da aceroleira	18
2.4 Importância alimentar e nutricional	19
2.5 Características físicas	20
2.6 Características físico-químicas	21
2.7 Características químicas	22
2.8 Métodos e estratégias de melhoramento	24
2.9 Aplicação de modelos mistos e índices de seleção ao melhoramento genético da aceroleira	25
3. REFERÊNCIAS.....	31
CAPÍTULO II: GENÓTIPOS PROMISSORES DE ACEROLA (MALPIGHIA EMARGINATA SESSÉ & MOC. EX DC.) COM FRUTOS DE ALTA QUALIDADE PARA DIFERENTES FINALIDADES	39
1. INTRODUÇÃO	40
2. MATERIAIS E MÉTODOS	41
2.1. Material vegetal e condições experimentais	41
2.2. Avaliação de características de qualidade de frutos	42
2.3. Procedimentos estatísticos	44
3. RESULTADOS	48
3.1. Análise de desvio	48
3.2. Multicolinearidade, análise de médias e componentes de variância	49
3.3. Ganhos de seleção por diferentes abordagens.....	52
4. DISCUSSÃO	57
5. CONCLUSÃO	60
6. REFERÊNCIAS.....	61
CAPITULO III: ATIVIDADE ANTIOXIDANTE TOTAL EM FRUTOS DE CLONES DE ACEROLEIRA (MALPIGHIA EMARGINATA) SELECIONADOS PARA CONSUMO IN NATURA E PROCESSAMENTO INDUSTRIAL	66
1.INTRODUÇÃO	68
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	70
2.1. Genótipos e condições de cultivo.....	70
2.2. Determinação de compostos fenólicos totais (CFT).....	71

2.3. Determinação da atividade antioxidante total (AAT)	71
2.4. Determinação de antocianinas totais (ANT) e flavonoides amarelos (FLA).....	72
2.5 Análises estatísticas	72
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	73
4.CONCLUSÕES	78
5. REFERÊNCIAS.....	79
ANEXO 1.....	82
ANEXO 2.....	85
ANEXO 3.....	86

CAPITULO I: INTRODUÇÃO GERAL E REFERENCIAL TEÓRICO

1. INTRODUÇÃO

A aceroleira (*Malpighia emarginata* Sessé & Moc. ex DC.) é uma planta da família Malpighiaceae, originária da América Central e região norte da América do Sul, a qual foi introduzida no Brasil no século passado. Atualmente, o Brasil é o maior produtor e exportador mundial de acerola verde (Dala-paula, 2019), sendo acerola verde e madura as formas utilizadas para a produção de sucos, geleias, sorvetes, assim como para a extração de ácido ascórbico (AA), utilizado pela indústria farmacêutica e alimentícia (Lima et al., 2003).

Os frutos da aceroleira apresentam sabor e aroma atrativos, coloração variando de amarela, laranja, vermelha a violeta, quando maduros, sendo muito conhecida pela alta concentração de AA. A acerola também é rica em vitaminas do complexo B (tiamina, riboflavina, niacina, ácido pantotênico), provitamina A e minerais, como cálcio, ferro, magnésio, além de outros compostos bioativos com capacidade antioxidantes como carotenoides (neoxantina, violaxantina, luteína, β -criptoxantina, α -caroteno e, principalmente, β -caroteno), antocianinas (principalmente, derivadas da cianidina e pelargonidina) e outros compostos fenólicos (Rezende et al., 2018; Freitas, 2006). Essas propriedades bioativas têm estimulado o consumo mundial de acerola por meio da indústria de processamento para extração de AA para exportação dessa matéria prima para a Europa e Ásia. E como condição secundária o consumo de sucos e polpas.

Na região Nordeste, o clima tropical semiárido, associado à irrigação, possibilita até oito colheitas na mesma planta ao longo do ano. A mesorregião do Submédio do Vale do São Francisco destaca-se como a maior produtora da fruta, havendo produtores que obtêm uma produtividade acima de 60 t/ha/ano (Freitas et al., 2006; Ribeiro; Freitas, 2020; Souza et al., 2013). Essa circunstância possibilita uma renda com maior frequência para os pequenos produtores e internaliza mão de obra constante, ajudando a estabelecer as pessoas nas comunidades que permeiam a região do Vale do São Francisco (Souza et al., 2013).

As atividades de melhoramento genético da aceroleira na Embrapa Semiárido iniciaram-se em 1992, com a coleta e introdução de 43 acessos, a partir de prospecções realizadas em plantios comerciais nos estados de

Pernambuco, Ceará, Bahia e Rio Grande do Norte. Desse esforço resultou a cultivar BRS Sertaneja, lançada em 1999. No ano de 2012, as atividades envolvendo manejo de recursos genéticos e melhoramento da aceroleira foram reiniciadas na unidade e, atualmente, a coleção conta com um acervo de mais de 100 acessos onde estão reunidos os principais clones comerciais cultivados no país, além de genótipos que foram coletados nas principais regiões produtoras de acerola na região do Nordeste (Souza et al. 2013).

De acordo com Souza et al. (2013), com a crescente demanda pela fruta, tanto no mercado interno como externo, é necessário o aumento do plantio, assim como a condução de um cultivo sustentável, com boas práticas agronômicas para o consumo *in natura* e para o processamento. Nos últimos anos, a Embrapa lançou cultivares de aceroleira com características desejáveis para o consumo *in natura*, tais como BRS Cabocla e BRS Rubra; e para processamento industrial a BRS Sertaneja, BRS Apodi, BRS Roxinha, BRS Frutacor e BRS Jaburu (Ritzinger, 2011; Souza et al., 2013). Como se trata de uma frutífera com expressiva variabilidade genética, sobretudo no que diz respeito a teores de compostos nutraceuticos e bioativos, espera-se que seja factível o desenvolvimento de cultivares superiores, por meio de técnicas adequadas de seleção, aplicadas em populações segregantes.

O melhorista deve escolher a técnica de seleção de forma crítica e adequada, visando a avaliar cada situação e otimizar os recursos disponíveis para alcançar os objetivos dentro da melhor relação custo-benefício. Atualmente, a avaliação da performance relativa de centenas ou milhares de plantas geneticamente distintas só se tornou possível com o desenvolvimento de técnicas experimentais e de análises estatísticas, que permitem afirmar, com certo nível de confiança, que determinados indivíduos são superiores aos demais (Barros et al. 2005). Nesse contexto, a utilização de métodos multivariados, modelos mistos e índices de seleção podem contribuir como técnicas eficientes para o melhoramento genético de diversas espécies de plantas, e servirem como ferramentas para a otimização dos recursos e obtenção de cruzamentos promissores com maior precisão e exatidão.

Para a seleção eficiente de genótipos baseada em múltiplas características a utilização de índices de seleção se mostra uma importante ferramenta. De acordo com Almeida et al., (2021) os índices de seleção são

frequentemente utilizados em programas de melhoramento para selecionar e promover simultaneamente o melhoramento de várias características.

Desta forma o objetivo desse trabalho foi avaliar os caracteres de qualidade físico-química e bioquímicos de importância nos frutos de aceroleira do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) da Embrapa Semiárido para a seleção de genótipos voltados para o consumo *in natura* e processamento, com foco no incremento do teor de ácido ascórbico e outros compostos bioativos presentes no fruto.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Origem e importância socioeconômica

A aceroleira (*Malpighia emarginata* Sessé & Moc. ex DC.) tem origem nas ilhas do Caribe e chegou ao Brasil em 1958. Foi introduzida, inicialmente, no Estado de Pernambuco, difundindo-se por todo o Nordeste e posteriormente para outras regiões do país (Lemos et al., 2019). Atualmente, o Brasil é o maior produtor, consumidor e exportador mundial dessa fruta cuja produção concentra-se principalmente na região Nordeste (Silva et al., 2021). O Estado de Pernambuco é o principal produtor, representando 23,11% da produção nacional, seguido por Ceará, São Paulo e Bahia, com 14,32; 11,39 e 11,39% da produção nacional, respectivamente (IBGE, 2017).

O Brasil apresenta condições climáticas ideais para o cultivo da acerola, sendo que sua produção é comercializada em caráter primário para indústria de processamento para a extração de ácido ascórbico destinado à indústria farmacêutica, e em condição secundária para comercialização voltada para o consumo *in natura*. Cada vez mais a potencialidade da cultura para suas diferentes finalidades vem sendo explorada, tanto no mercado interno como externo (Miskinis et al., 2023).

A acerola é um fruto de importante valor econômico e nutricional, em razão do seu alto teor de ácido ascórbico, associado à presença de vários compostos fenólicos, que lhe conferem alta capacidade antioxidante. No entanto, o seu consumo *in natura* é limitado principalmente por se tratar de um fruto de palatabilidade baixa devido a sua alta acidez e por sua curta vida pós-colheita. Desta forma, a exploração econômica da acerola ocorre principalmente para o desenvolvimento de produtos industrializados (Vilvert et al., 2024).

Na região Nordeste, o clima tropical semiárido, associado à irrigação, possibilita até oito colheitas de acerola, na mesma planta, ao longo do ano. A mesorregião do Submédio do Vale do São Francisco destaca-se como a maior produtora da fruta, havendo produtores que obtêm produtividades acima de 60 t/ha/ano (Freitas et al., 2006; Ribeiro; Freitas, 2020; Souza et al., 2013).

Notadamente, nos últimos anos, ocorreu uma forte redução no número de cultivares em uso pelos produtores devido a substituição dos clones antigos por

cultivares com maior performance agrônômica e maior rendimento na produção de AA.

2.2 Sistema reprodutivo e morfologia da planta

A propagação natural da aceroleira ocorre por via sexuada, sendo a aceroleira uma espécie originalmente alógama, mas que pode apresentar significativa taxa de autofecundação, a depender do genótipo. A flor da aceroleira apresenta algumas características de espécie autógama, como flor completa, amadurecimento simultâneo do androceu e gineceu, ausência de barreiras físicas que impeçam ou dificultem o recebimento do pólen no estigma da mesma flor. Essas características fazem com que a aceroleira possa autofecundar-se na ausência de uma outra planta (Gomes et al., 2001).

A aceroleira é uma planta arbustiva de crescimento ereto, com 3 a 4 m de altura. Os frutos possuem formato arredondado, ovalado ou mesmo cônico, suas folhas apresentam formato oval a elíptico, de cor esverdeada escura e brilhante e altura, com tamanho entre 2 cm e 7,5 cm e as inflorescências são sésseis ou possuem pedúnculos curtos, com pétalas de cinco franjas rosa claro ou escuro. A floração é heterogênea fazendo com que a aceroleira tenha frutos em diferentes estádios de maturação ao mesmo tempo. Suas flores podem ser brancas ou rosas, dependendo do genótipo. (Fronza; Hamann, 2015).

O fruto da aceroleira é classificado como uma baga drupácea carnosa, contendo até três sementes. É dividido em epicarpo (casca), mesocarpo (polpa) e endocarpo (caroço), cada um contendo uma semente com 3 a 5 mm. Essas sementes possuem baixa porcentagem de germinação, podendo ainda, a depender do grau de maturação do fruto, levar meses para germinar, sendo frequente a ocorrência de sementes inviáveis. Dos três óvulos existentes, apenas um ou dois se desenvolvem, em decorrência de causas como a má formação ou a infertilidade do óvulo (Costa et al., 2003; Ritzinger; Ritzinger, 2011).

2.3 Fatores ambientais na produção da aceroleira

O clima influencia diretamente a produção da acerola por meio da temperatura, umidade relativa, precipitação e radiação solar. Tais fatores climáticos interferem no crescimento e desenvolvimento das plantas como no todo, na qualidade dos frutos (Maciel et al., 2004; Mezadri et al., 2006; Araújo et al., 2009; Cunha et al., 2014; Ancos et al., 2016).

A aceroleira é uma planta de regiões de clima tropical e subtropical, necessitando, para o seu desenvolvimento e produção, de temperaturas entre 15 °C e 32 °C, com médias anuais próximas a 27 °C. Além disso, para que a planta tenha um ótimo desenvolvimento e produção, é fundamental que haja adequada disponibilidade de água no solo. Precipitações acumuladas entre 1.200 mm e 1.600 mm, bem distribuídas ao longo do ano, são consideradas ideais, proporcionando a produção de frutos com qualidade. Embora a aceroleira tolere curtos períodos de seca, recomenda-se a prática de irrigação nessa situação (Braman; Ahmad; Siddiqui, 2015).

Sabe-se que em locais onde os totais anuais de precipitação são inferiores a 1.000 mm, há a ocorrência de frutos pequenos, enrugados e com baixo teor de ácido ascórbico. Entretanto, o excesso de água – como precipitações acima de 1.600 mm, por exemplo – provoca a formação de frutos aguados, com menores teores de sólidos solúveis e AA (Mezadri et al., 2006; Maciel et al., 2009). A aceroleira é exigente quanto à insolação, que também influencia na produção de AA, já que a luz é fonte de energia para a fotossíntese. O AA é antioxidante e protege o sistema fotossintético dos danos solares, interferindo nos processos bioquímicos, e, conseqüentemente, na produção do mesmo. Dessa maneira, a radiação solar interfere diretamente na produção e na qualidade dos frutos (Souza et al., 2013; Figueiredo Neto et al., 2014).

O Semiárido brasileiro é uma região caracterizada por altos valores de radiação solar, elevadas temperaturas e irregularidade no regime pluviométrico, com concentração de chuvas nos quatro primeiros meses do ano. Assim, a associação de temperaturas elevadas (24 °C a 31 °C), alta radiação solar (2.000 a 3.000 horas/ano) e disponibilidade de água para irrigação proporcionam as condições climáticas necessárias ao desenvolvimento da aceroleira, assegurando elevado rendimento na produção e frutos de ótima qualidade (EMBRAPA, 2012; Nogueira et al., 2002).

2.4 Importância alimentar e nutricional

O teor de AA encontrado na acerola verde pode variar de 500 a 4.000mg/100g de polpa (Moreira-Araújo et al., 2019), enquanto que a recomendação feita por especialistas da FNB/OMS (Organização mundial da Saúde) é de 90mg diários desta vitamina para adultos de ambos os sexos e 45mg para crianças até 13 anos de idade (Alvarez-Suarez et al., 2017).

Além do AA, os frutos possuem outros fitoquímicos, com elevada importância fisiológica. Nota-se que a acerola pode desempenhar um papel importante na alimentação das pessoas. Alguns trabalhos já trouxeram a comprovação dos benefícios da acerola para a saúde, no qual foi observado que o consumo de suco de acerola (500 mg de AA) durante 20 dias foi satisfatório para a normalização dos níveis séricos de AA em idosos (Palma-Duran et al, 2017) . No qual foi avaliado também, o aumento significativo nos níveis séricos médios de AA e de hemoglobina em crianças com anemia, suplementadas com suco de acerola, sendo sugerida a inclusão dos frutos de acerola em programas de alimentação para populações de alto risco para a anemia, e sendo avaliado também, a regulação do crescimento de células anormais na fase de promoção da tumorigenesis pulmonar em ratos, como resultado da supressão da fase de iniciação, no processo da auto-oxidação (Bortolini et al., 2022).

O aumento da demanda por produtos funcionais e a busca por fontes naturais para enriquecimento dos alimentos, tornando-os aliados do bom funcionamento do organismo e no combate a doenças degenerativas é algo que vem crescendo no mercado interno e externo. A acerola é uma ótima candidata a recomendação para o desenvolvimento de alimentos funcionais, comercialmente os frutos verdes são utilizados como fonte de extração de AA, e as polpas dos frutos são liofilizadas para se tornarem pós e utilizados como matéria prima por indústrias farmacêuticas e alimentícias, para serem utilizados no preparo de medicamentos, adicionados a sucos, massas para bolos e doces e ainda sua ingestão pode ocorrer de forma direta por meio de cápsulas gelatinosas contendo o pó (Vilvert et al., 2024).

2.5 Características físicas

Algumas características físicas dos frutos, como a massa, são de extrema importância para o melhoramento da cultura, pois a qualidade de um produto alimentício é muito influenciada pela aparência externa, o consumidor escolhe o produto por sua aparência (Khoje, 2018).

As características relacionadas ao tamanho e ao formato do fruto são importantes para a comercialização, ao atingirem o pleno desenvolvimento, as frutas devem apresentar peso variável dentro dos limites típicos da cultivar, os quais são bastante flexíveis (Chitarra; Chitarra, 2005). O tamanho e a forma são atributos de qualidade importantes, pois a variação entre as unidades individuais de um produto pode afetar a escolha pelo consumidor; as práticas de manuseio; o potencial de armazenamento; a seleção de mercado e o destino final - consumo in natura ou processamento (Chitarra; Chitarra, 2005).

No caso da acerola há frutos arredondados, ovalados ou mesmo cônicos. O diâmetro dos frutos pode variar de 1 a 2,5 cm, o diâmetro de 1 a 4 cm e a massa de 2 a 9 g (Vilvert et al., 2023).

A coloração é, frequentemente, um dos atributos de qualidade mais atrativos para o consumidor e o impacto visual causado por ela é fator predominante na sua preferência (Lechaudel et al., 2010). O uso da luz para avaliação da qualidade de um produto tem sido um considerável avanço devido à quantidade de informações conseguidas e principalmente o caráter não destrutivo dessa análise (Kader et al., 2008).

A colorimetria permite avaliar a cor de um fruto considerando parâmetros como a claridade ou brilho, representado pela luminosidade (L), ângulo Hue ($^{\circ}$ Hue) e cromaticidade ou intensidade de cor. A intensidade de vermelho e verde é mensurada pela coordenada "a", enquanto que a coordenada "b" está relacionada com a intensidade de amarelo e azul (Jackson, 2017).

A mudança da cor dos frutos está associada ao amadurecimento, e representa um atributo padrão, juntamente com a firmeza, para a determinação da qualidade comestível, sendo ambos usados como indicadores de estágio de maturação, conforme Chitarra e Chitarra (2005). As cores das frutas se devem aos pigmentos naturais existentes, sendo os três tipos mais comuns nos vegetais: a clorofila, os carotenoides e as antocianinas. Uma vez que a coloração das frutas e hortaliças é resultante desses pigmentos, a variação na cor entre as

variedades de uma mesma espécie é usualmente devida às diferenças nas quantidades desses pigmentos (Martínez-Luscher et al., 2016). A cor muda gradualmente de verde-escuro para verde-claro; em seguida, ocorre o surgimento de pigmentos amarelos, alaranjados e vermelhos (carotenoides e antocianinas). Estes poderiam estar presentes junto com a cor verde, sendo revelados somente após a degradação da clorofila, ou ser sintetizados durante a maturação (Lopes et al., 2016).

A coloração comercial da acerola madura para consumo in natura é vermelha-escura, portanto, quanto maior o teor de antocianina, melhor a aceitação do produto por parte do consumidor (Melo et al., 2006).

2.6 Características físico-químicas

Com o amadurecimento do fruto ocorre um aprimoramento das suas características sensoriais, nas quais são desenvolvidos sabores e odores específicos, em conjunto com o aumento da doçura, redução da acidez e da adstringência. Deste modo, o fruto torna-se mais macio, colorido e aceitável para o consumo (Chitarra; Chitarra, 2005).

Os sólidos solúveis indicam a quantidade de sólidos que se encontram dissolvidos no suco. Os sólidos solúveis tendem a aumentar com o grau de maturação e são constituídos por açúcares (entre 85 e 90%, variáveis conforme a espécie, cultivar, estágio de maturação, clima e manejo cultural), além de ácidos orgânicos (Anjum et al., 2021). É utilizado como índice de maturação para alguns frutos e a sua determinação é feita com o objetivo de se ter uma estimativa da quantidade de açúcares presentes em frutos (Lawson et al., 2019).

Na acerola podem-se encontrar valores de 5 até cerca de 12°Brix, sendo a média em torno de 7 a 8°Brix. A chuva excessiva e o uso de irrigação excessiva, na maioria das vezes, reduz o conteúdo de açúcares e AA, pela diluição do suco celular, como é o caso de alguns plantios comerciais no Nordeste, onde o °Brix atinge valores próximos a 5,0 por ocasião das chuvas conforme (Albertino et al., 2009).

Outro parâmetro físico-químico é a acidez total, que determina o percentual de ácidos orgânicos presentes no fruto. Em acerola, o ácido predominante é o ácido málico, como é o caso de outras frutas, como maçã, banana, ameixa, caju e pera (Mezadri; Pérez-Gálvez; Hornero-Méndez, 2005).

Com o amadurecimento, a acidez diminui até atingir um conteúdo tal que, juntamente com o açúcar, dá a fruta o seu sabor característico (Vallarino; Osorio, 2019).

A razão SS/AT determina o sabor dos frutos, quanto maior for esta razão maior será a aptidão das acerolas para o consumo in natura. Desse modo, para avaliar e selecionar a matéria-prima para o processamento, deve-se levar em consideração a razão entre AA/AT, pois maior será o potencial para extração de AA (Carvalho Júnior et al., 2021).

2.7 Características químicas

A acerola é uma fonte exógena rica em ácido ascórbico e outros grupamentos fitoquímicos. O AA não é sintetizado pelo organismo humano, sendo indispensável ingeri-lo através da dieta. Essa vitamina desempenha várias funções biológicas relacionadas ao sistema imune, formação de colágeno, absorção de ferro, inibição da formação de nitrosaminas e ação antioxidante, além de facilitar o uso do cálcio na construção dos ossos e vasos sanguíneos (Souza et al., 2006). É considerada como uma substância de grande importância para a nutrição humana e está amplamente distribuída no reino vegetal, sendo que algumas frutas cultivadas são consideradas fontes excepcionais, destacando-se a acerola, goiaba e o citrus (Farinelli et al., 2021).

Os compostos fenólicos são metabólitos secundários das plantas e, atualmente, estima-se que sejam conhecidas mais de 8.000 moléculas (Lima et al., 2016). Em termos de quantidade, os compostos fenólicos mais presentes na acerola são da classe dos flavonoides, antocianinas e ácidos fenólicos (Lima et al., 2003; Granato et al., 2016). Os compostos fenólicos são derivados da via do ácido chiquímico, que é precursor de fenóis simples, lignina, flavonoides, isoflavonoides, cumarina e estilbenos. Os compostos fenólicos presentes nos frutos de acerola são classificados em não-flavonoides e flavonoides (Figura 1) e possuem importantes propriedades bioativas, que trazem efeitos benéficos à saúde do consumidor (Delva; Goodrich-Schneider, 2013).

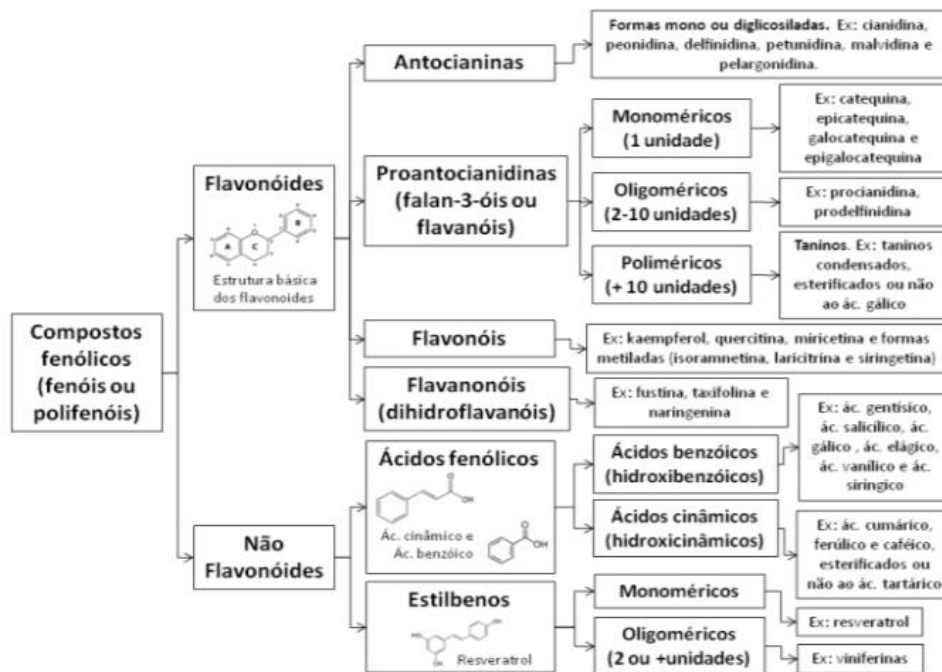


Figura 1: Diferentes classes de compostos fenólicos. Fonte: Adams (2006).

A cor está fortemente relacionada à quantidade de antocianinas, flavonóis e proantocianidinas, sendo que muitos desses fenólicos exercem benefícios para a saúde humana (Berdeja et al., 2015). Do ponto de vista anatômico, os flavonóides da acerola estão localizados na camada do epicarpo (casca). A maioria dos flavonóides tem o papel de proteção celular, e isso se deve ao fato de serem capazes de sequestrar ou inibir as diversas espécies de oxigênio reativo, transferir elétrons para radicais livres, ativar enzimas antioxidantes e inibir enzimas oxidativas (Dumitriu et al., 2015; López-Miranda et al., 2016).

As antocianinas são flavonóides e estão principalmente localizadas na casca e podem ser encontradas na polpa de algumas frutas (Yamamoto et al., 2015). Normalmente, são estocadas nos vacúolos ou em vesículas no citoplasma (antocianoplastos) (Teixeira et al., 2013). São responsáveis pela pigmentação vermelha e roxa da casca (epicarpo) dos frutos (Ferreira et al., 2016). Pelo menos 18 diferentes antocianinas foram identificadas na natureza, mas seis são os tipos mais comuns encontrados em plantas superiores: pelargonidina, cianidina, delphinidina, peonidina, petunidina e malvidina (Davies et al., 2006). A síntese dos diferentes tipos de antocianinas ocorre no decorrer das transformações químicas durante a maturação. A radiação solar é o fator que mais impacta a síntese das antocianinas, sendo a concentração destes compostos favorecida pelo aumento da exposição à luz, principalmente em resposta à radiação UV (Teixeira et al., 2013). Nas condições do Submédio do

Vale do São Francisco, onde a temperatura juntamente com a intensidade luminosa é alta, há estímulo para a produção de maiores teores de antocianinas (Padilha et al., 2017; Toscano et al., 2017).

Frutas e hortaliças são excelentes fontes de fitoquímicos antioxidantes, como polifenóis, carotenoides e vitaminas. Os polifenóis funcionam como antioxidantes ou podem influenciar a produção de outros compostos antioxidantes, no nosso corpo (Shiraishi et al., 2018). A presença de compostos antioxidantes nas frutas, com destaque para acerola, tem aumentado o seu consumo pela população, e impulsionando o investimento na pesquisa e publicação de resultados dos compostos funcionais que possuem nos frutos e das propriedades benéficas atreladas ao seu consumo regular.

A capacidade antioxidante das frutas pode ser expressa por meio de vários métodos, incluindo a remoção de um radical peroxil (ORAC - oxygen radical absorbance capacity, TRAP - total reactive antioxidant potential), a capacidade de redução de metal (FRAP - ferric reducing antioxidant power, CUPRAC – cupric ion reducing antioxidant capacity), a capacidade de remoção de radical orgânico (ABTS - 2,20-azino-bis (ácido 3-ethylbenzthiazoline-6-sulfônico), DPPH -peroxidação do 2,2-difenil-1-picrylhydrazil) e a quantificação de produtos formados durante a peroxidação de lipídeos (TBARS, a oxidação do LDL, co-oxidação do β -caroteno) (Sánchez-Moreno et al., 1998).

2.8 Métodos e estratégias de melhoramento

A aceroleira é uma planta perene e seu melhoramento genético tem algumas particularidades que podem ser desafiadoras, como é o caso da alta heterozigosidade e pequeno número de sementes viáveis por cruzamentos. Na condução dos programas de melhoramento, têm sido utilizadas abordagens tradicionais, como a seleção de plantas individuais em famílias de meios-irmãos.

Embora o desenvolvimento de melhores variedades por métodos convencionais seja lento, a identificação de clones superiores com base no fenótipo de caracteres que geralmente são altamente hereditários, igualmente expressos em todos os ambientes, pode encurtar o ciclo de reprodução (Singh et al., 2015).

O Banco Ativo de Germoplasma de aceroleira (BAG) da Embrapa Semiárido, localizado em Petrolina, PE, possui acessos originários nos estados

da Paraíba, Pernambuco, Bahia, Ceará, Paraná, Pará e São Paulo. Essa coleção está sendo manejada para assegurar a conservação e explorar a genética da espécie possibilitando a obtenção de novos genótipos com características ideais ao consumo *in natura*, tais como, frutos grandes, mais doces e menos ácidos e a indústria farmacêutica, tais como, frutos grandes e com maior concentração de ácido ascórbico (Souza et al., 2013).

Nessa perspectiva, a Embrapa Semiárido vem desenvolvendo e avaliando novas variedades de aceroleira, das quais se espera características importantes como maior produção, frutos de tamanho médio a grande, elevado teor de ácido ascórbico (acima de 4000 mg/100 g de fruto) e teor de sólidos solúveis acima de 7% (Freitas et al., 2006).

Essa exigência em relação à variedade, no entanto, dependerá do mercado consumidor, pois os frutos podem ser classificados como doces destinados para o consumo *in natura*, e frutos ácidos destinados para a indústria de extração de ácido ascórbico. Estudos anteriores recomendam a escolha de variedades com produção mínima de 100 kg de fruto/planta/ano e frutos de coloração vermelha quando maduros (Ritzinger; Ritzinger, 2011).

Programas de melhoramento, normalmente objetivam o desenvolvimento de novas cultivares mais produtivas com frutos de maior qualidade que atendem tanto o mercado de fruta *in natura* quanto o mercado para processamento, além de aumentar a resistência das cultivares a pragas e a doenças.

2.9 Aplicação de modelos mistos e índices de seleção ao melhoramento genético da aceroleira

A avaliação do comportamento médio dos genótipos que estão sendo submetidos ao melhoramento é importante em todas as fases do programa de melhoramento de plantas, inicia-se com a avaliação dos materiais e continua até as fases finais, quando se realizam as avaliações para a recomendação da nova cultivar em plantios comerciais (Rocha et al., 2018). O sucesso na obtenção das novas cultivares melhoradas é função da precisão experimental alcançada com os mais diversos métodos estatísticos aplicados para a análise dos dados obtidos em campo. É função do melhorista avaliar criteriosamente cada situação, visando a otimizar os recursos para lograr os objetivos dentro da melhor relação custo-benefício (Borém; Miranda, 2005).

A avaliação da performance relativa de centenas ou milhares de plantas geneticamente distintas só se tornou possível com o desenvolvimento de técnicas experimentais e de análises estatísticas, que permitem afirmar, com certo nível de confiança, que determinados indivíduos são superiores aos demais (Barros, 2005).

A estimativa de componentes de variância e a previsão de valores genéticos são procedimentos essenciais em programas de melhoramento. Atualmente, o melhor procedimento para a estimação dos parâmetros genéticos e para a realização da seleção em diversas espécies é o REML/BLUP (Máxima Verossimilhança Residual ou Restrita/Melhor Predição Linear Imparcial), também conhecido como metodologia de modelos mistos. Este é um procedimento que admite a análise de dados não balanceados e ausência de delineamento experimental, o método REML/BLUP leva a estimativas e previsões mais precisas de parâmetros genéticos e valores genéticos (Resende, 2016).

Metodologias de modelos mistos são usadas como um procedimento de seleção ideal e envolvem a estimação de componentes de variância por meio do modelo de máxima verossimilhança restrita (REML) e a predição de valores genotípicos pela melhor predição linear não viesada (BLUP), o que resulta em uma estimativa mais precisa para o processo de seleção (Resende, 2007; Alves; Resende, 2008). Segundo Resende (2007), o uso de técnicas de avaliação genética, baseadas em modelos mistos como o REML/BLUP, tende a maximizar os ganhos genéticos obtidos, uma vez que são procedimentos de estimação utilizados para analisar tanto dados balanceados como não balanceados, predizendo os valores genéticos de indivíduos.

A aplicação do REML/BLUP nos programas de melhoramento genético de plantas pode ser efetuada em plantas alógamas, autógamias, de sistema misto de cruzamento e de propagação vegetativa. Considera várias condições experimentais, interação genótipo x ambiente, experimentos repetidos em um único local, experimentos repetidos em vários locais, medidas repetidas, progênies pertencentes a várias populações, progênies pertencentes a uma única população, autocorrelação espacial e análise de resíduos, seleção pela distribuição do máximo e com base no conceito de média harmônica, índice de seleção, análise multivariada, seleção genômica ampla, entre outros parâmetros (Resende, 2016).

A aplicação dos modelos mistos no melhoramento de plantas ajusta os efeitos, apresenta os componentes de variância, os valores genéticos aditivos, os valores genéticos de dominância, os valores genotípicos dos indivíduos, o ganho genético com seleção, o tamanho efetivo da população, entre outros parâmetros de interesse. Trazendo para o lado estatístico, também é interessante, pois permite testar a significância dos efeitos por meio do teste da razão de verossimilhança e análise de deviance. Também aborda variáveis contínuas (modelos lineares) e variáveis categóricas (modelos lineares generalizados) (Resende, 2016). A seguir serão mencionados alguns exemplos da eficiência das aplicações dos modelos mistos no melhoramento de espécies vegetais em estudos de diversidade genética, utilização de índices de seleção, estimação de parâmetros genéticos, estudos de adaptabilidade e estabilidade, estudos de controle genético da resistência a doenças.

Carvalho et al., (2020), estudaram a diversidade genética e a estrutura de quatro populações naturais de *Euterpe edulis*, os autores avaliaram as populações por meio de marcadores microssatélites e seis caracteres morfológicos de frutos, analisados com e sem o método REML/BLUP. Como resultados, encontraram que os dados moleculares e morfológicos indicaram alta diversidade genética nas populações de *E. edulis*, e que a análise REML/BLUP aumentou a precisão das estimativas de diversidade genética baseadas na morfologia, contribuindo para aprimorar as estratégias de melhoramento para a qualidade dos frutos e conservação genética de *E. edulis*.

Gonçalves et al. (2020) verificaram a associação entre as metodologias REML/BLUP e GGE Biplot para seleção de genótipos superiores de soja no que diz respeito à adaptabilidade e estabilidade de produção para várias regiões do Médio Norte do Brasil. Os autores concluíram que os métodos REML/BLUP e GGE Biplot estão altamente correlacionados em termos de classificação de genótipos para fins de seleção e recomendação.

Assim como no referido trabalho, Gomes et al., (2018), utilizaram-se da metodologia de modelos mistos para comparar quatro índices de seleção e a metodologia REML/BLUP na avaliação dos ganhos genéticos previstos de caracteres de interesse em programa de melhoramento de feijão-vagem. Para previsão de ganho, os índices de seleção empregados foram Pesek & Baker, Smith & Hazel, Mulamba & Mock, Williams e metodologia REML/BLUP. A metodologia REML/BLUP permitiu selecionar linhagens com alto desempenho

relativo e obter ganhos simultâneos para as características avaliadas, sendo superior em relação aos índices de seleção testados para a cultura do feijão-vagem.

Carvalho et al., (2017) estimaram os componentes de variância e parâmetros genéticos (REML/BLUP) de um dialelo intervarietal para selecionar e prever os melhores genótipos para os componentes da produção do milho. Com os resultados obtidos, foi possível compreender as proporções genéticas aditivas e parâmetros essenciais para o melhoramento do milho, e, também, determinar quais abordagens quanto à capacidade de combinação podem ser realizadas para obter híbridos intervarietais com componentes de rendimento superiores. As inferências expostas podem ser usadas em programas de melhoramento intervarietal de milho e estudos genéticos quantitativos que usam modelos mistos para predição de genótipos.

Arriel et al. (2016) estudaram o controle genético da seca da mangueira através da utilização de modelos mistos. Os resultados encontrados pelos referidos autores revelaram que a resistência em mangueira (*Mangifera indica* L.) é poligênica, com predomínio de genes expressando os efeitos de dominância e epistasia. Esses autores demonstraram que a aplicação do REML/BLUP no estudo do controle genética da resistência a doenças é eficiente.

De acordo com Cruz, Regazzi e Carneiro (2012), para que se obtenha sucesso nos programas de melhoramento com a seleção de genótipos realmente superiores, é necessário que os genótipos reúnam múltiplas características favoráveis, que lhe satisfaçam as exigências dos produtores e dos consumidores. A seleção baseada em uma única ou em poucas características tem se mostrado ineficiente, por conduzir a um genótipo final superior apenas em poucas características e com desempenho não tão favorável às outras características não consideradas durante a seleção. Uma alternativa para aumentar a chance de sucesso em um programa de melhoramento é a seleção simultânea de múltiplas características, através de um índice de seleção (Cruz et al., 1997). Porém, quando diferentes critérios de seleção são considerados, a predição de ganhos para cada critério se torna ainda mais importante para direcionar o melhorista na utilização do material genético disponível visando a maximizar os ganhos para os caracteres de interesse (Dala-Paula et al., 2019).

Os índices de seleção são uma alternativa adequada para melhorar a eficiência da seleção, pois a seleção é realizada para mais de uma característica

simultaneamente, obtendo-se genótipos mais próximos do ideótipo. O ideótipo pode ser definido como uma combinação ótima de características morfológicas e fisiológicas que resulta em uma adequação eficiente do material vegetal ao seu ambiente (Debaeke; Quilot-Turion, 2014).

Comparações dos índices com a seleção direta permitem concluir que a utilização destes como critério de seleção propicia resultados relativamente superiores. De modo geral, o ganho direto sobre o caráter é reduzido, entretanto esta redução é compensada pela melhor distribuição de ganhos favoráveis nos demais caracteres. Diferentes índices representam diferentes alternativas de seleção e, conseqüentemente, de ganhos, identificando de maneira rápida e eficiente, os genótipos mais adequados aos objetivos do programa de melhoramento (Cruz; Regazzi; Carneiro, 2014).

Gesteira et al., (2018) utilizaram índices multicaracterísticas para associar precocidade, melhor desempenho de produtividade, com alto teor de óleo e proteína nos grãos. De acordo com Gauffreteau (2018), índices multicaracterísticas em busca de um ideótipo podem acelerar e aumentar a eficiência da seleção.

O primeiro utilizado foi o índice clássico, originalmente proposto por Smith (1936) para melhoramento de plantas e otimizado por Hazel (1943), sendo denominado de (Índice clássico Smith-Hazel), esse índice representa uma função linear de múltiplas características com importância econômica. Sendo baseado na estimativa dos coeficientes de ponderação utilizados para maximizar a correlação entre o índice e o agregado genotípico. Este agregado é outra combinação linear, incluindo valores genéticos que são ponderados considerando os valores econômicos (Cruz; Regazzi; Carneiro, 2012). O Índice clássico Smith-Hazel desde a sua formulação vem passando por muitas adaptações visando a superar suas limitações, e com isso sendo propostos outros índices que apresentem superioridade em relação às deficiências do índice mencionado. Entre os índices de seleção recentemente relatados podem ser mencionados o Índice de Superioridade (SI), obtido usando a abordagem Grain Yield \times Trait (GYT) (Yan; Frégeau-Reid, 2018), que considera os efeitos de genótipo e localização como fixos; e índice de design de ideótipo (índice da distância genótipo-ideótipo) (Rocha et al., 2018), que utiliza uma abordagem de modelo misto, entre outros.

O índice da distância genótipo-ideótipo, combina análise fatorial e design genótipo-ideótipo para seleção de múltiplas características. Os benefícios desse método incluem a estrutura de correlação que considera os dados e a direção indicada pelo melhorista para selecionar genótipos mais próximos do ideótipo (Woyann et al., 2020). Essa referida metodologia é baseada em modelos mistos, onde os efeitos de genótipo e ambiente são considerados aleatórios e fixos, respectivamente. Este método usa a melhor predição linear imparcial (BLUP) para prever valores genéticos a partir de dados fenotípicos (Rocha et al., 2018). Desta forma, os efeitos do erro experimental presentes nos valores fenotípicos podem ser removidos, representando uma melhor forma de avaliar genótipos.

O índice base proposto por Williams (1962) estabelece índices por meio da combinação linear dos valores fenotípicos médios das características, que são ponderados diretamente pelos seus respectivos pesos econômicos. Este índice difere do anterior principalmente por eliminar a utilização de matrizes de covariância fenotípica e genotípica em sua estimativa.

O índice da soma de postos ou "ranks", proposto por Mulamba e Mock (1978), é um índice não paramétrico, apresenta a vantagem de não necessitar de pesos econômicos nem da estimação de parâmetros além das médias. O índice da soma de postos é baseado no ordenamento dos genótipos quanto ao caráter desejado e, posteriormente, na soma destes postos baseada nos múltiplos caracteres (Teixeira et al., 2012).

3. REFERÊNCIAS

ADAMS, D. O. Phenolics and ripening in grape berries. **American Journal Enology and Viticulture**, [S. l.], v. 57, n. 3, p. 249-256, 2006.

ALBERTINO, A.; BARGE, A.; CRAVOTTO, C.; GENZINI, L.; GOBETTO, R.; VICENTE, M. Natural origin ascorbic acid: Validation by ¹³C NMR and IRMS. **Food chemistry**, London, v. 112, n. 3, p. 715-720, 2009.

Almeida, G.Q.D.; Rocha, J.R.A.S.D.C.; Pessoa, H.P.; Alves, F.M.; Chaves, L.J.; Selection of *Hancornia speciosa* germplasm accessions based on the FAI-BLUP index. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 51, 2021.

ALVAREZ-SUAREZ, J. M.; GIAMPIERI, F.; GASPARRINI, M.; MAZZONI, L.; SANTOS-BUELGA, C.; GONZÁLEZ-PARAMÁS, A. M.; FORBES-HERNÁNDEZ, T.; AFRIN, S.; PÁEZ-WATSON, T.; QUILES, J. L.; BATTINO, M. The protective effect of acerola (*Malpighia emarginata*) Against oxidative damage in human dermal fibroblasts through the improvement of antioxidant enzyme activity and mitochondrial functionality. **Food Funct.**, [S. l.], v. 8, n. 9, p. 3250-3258, 2017.

ALVES, R. M.; RESENDE, M. D. V. Genetic evaluation of individuals and progênies of *Theobroma grandiflorum* in the state of Pará and estimates of genetic parameters. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 696-701, 2008.

ANJUM, M. A.; HUSSAIN, S.; ARSHAD, P.; HASSAN, A. Irrigation water of diferente sources affects fruit quality attributes and heavy metals contents of ungrafted and commercial mango cultivars. **Journal of Environmental Management**, [S. l.], v. 281, n. 111895, p. 1-10, 2021.

BARROS, A. **Cruzamento dialélico entre genótipos de melão**. 2005. 75 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2005.

BERDEJA, M.; NICOLAS, P.; KAPPEL, C.; DAI, Z. W.; HILBERT, G.; PECCOUX, A.; LAFONTAINE, M.; OLLAT, N.; GOMES, E.; DELROT, S. Water limitation and rootstock genotype interact to alter grape berry metabolism through transcriptome reprogramming. **Horticulturae Research**, [S. l.], v. 2, n. 15012, p. 1-13, 2015.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. **Melhoramento de plantas**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2005.

BORTOLINI, G. A.; DE LIMA, A. M. C.; MARINHO, P. A. S.; DE ANDRADE, G. C. L.; PIRES, A. C. L.; SERENINI BERNARDES, M.; BRESSAN, L. Â. Perspectivas atuais da Política Nacional de Alimentação e Nutrição: no contexto da pandemia de COVID-19. **DEMETRA: Alimentação, Nutrição & Saúde**, [S. l.], v. 17, p. e65611, 2022.

BRAMAN, K.; AHMAD, S.; SIDDIQUI, M. W. Factors affecting the quality of fruits and vegetables. In: SIDDIQUI, M. W. (ed.). **Postharvest Biology and Technology of Horticultural Crops**. Boca Raton: CRC Press, 2015. p. 1–50.

CARVALHO, I. R.; DE PELEGRIN, A. J.; SZARESKI, V. J.; FERRARI, M.; DA ROSA, T. C.; MARTINS, T. S.; DA MAIA, L. C. Diallel and prediction (REML/BLUP) for yield components in intervarietal maize hybrids. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v.16, n. 3: gmr16039734, 2017.

CARVALHO JÚNIOR, J. E. V. D.; MATOS FILHO, C. H. A.; GOMES, R. L. F.; LOPES, Â. C. D. A.; LIMA, M. A. C. D.; LIMA NETO, F. P. Diversidade genética entre híbridos de mangueira no semiárido brasileiro. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 34, n. 3, p. 709-719, 2021.

CARVALHO, M. S.; FERREIRA, M. F. S.; OLIVEIRA, W. B. S.; MARÇAL, T. S.; GUILHEN, J. H. S.; MENGARDA, L. H. G.; FERREIRA, A. Genetic diversity and population structure of *Euterpe edulis* by REML/BLUP analysis of fruit morphology and microsatellite markers. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 20, n. 4, e31662048, 2020.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: Fisiologia e Manuseio**. 2. Ed. Lavras: UFLA, 2005, 783 p.

COSTA, L. C.; PAVANI, M. C. M. D.; MORO, F. V.; PERECIN, D. Viabilidade de sementes de acerola (*Malpighia emarginata* DC): avaliação da vitalidade dos tecidos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n.3, p. 532-534, 2003.

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

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2014. 668p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2 ed. Viçosa: UFV, 1997, 390p.

DALA-PAULA, B. M.; SANTOS, T. P.; ARAÚJO, L. S.; BASTOS, R. R. A.; MORAES, J. O.; CARBONERA, N. Domestic processing and storage on the physical-chemical characteristics of acerola juice (*Malpighia glabra* L.). **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 43, n. e021519, 2019.

DAVIES, C.; SHIN, R.; THOMAS, M. R.; SCHACHTMAN, D. P. Transporters expressed during grape berry (*Vitis vinifera* L.) development are associated with an increase in berry size and berry potassium accumulation. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 57, n. 12, p. 3209-3216, 2006.

DEBAEKE, P.; QUILOT-TURION, B. **Conception d'idéotypes de plantes pour une agriculture durable**. Paris: INRA, 2014. 254 p.

DELVA, L.; GOODRICH-SCHNEIDER, R. Antioxidant activity and antimicrobial properties of phenolic extracts from acerola (*Malpighia emarginata* DC) fruit. International. **Journal of Food Science and Technology**, [S. l.], v. 48, n. 1, p. 1048-1056, 2013.

DUMITRIU, D.; PEINADO, R. A.; PEINADO, J.; LERMA, N. Grape pomace extract improves the in vitro and in vivo antioxidant properties of wines from sun light dried Pedro Ximénez grapes. **Journal of Functional Foods**, [S. l.], v. 17, n. 1, p.380-387, 2015.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Coleção Plantar: Acerola**. Brasília, DF, 2012. 150p.

FARINELLI, G.; GIAGNORIO, M.; RICCI, F.; GIANNAKIS, S.; TIRAFERRI, A. Evaluation of the effectiveness, safety, and feasibility of 9 potential biocides to disinfect acidic landfill leachate from algae and bacteria. **Water Research**, [S. l.], v. 191, n. 116801, p. 1-11, 2021.

FERREIRA, V.; FERNANDES, F.; PINTO-CARNIDE, O.; VALENTÃO, P.; FALCO, V.; MARTÍN, J. P.; ORTIZ, J. M.; ARROYO-GARCÍA, R.; ANDRADE, P. B.; CASTRO, I. Identification of *Vitis vinifera* L. grape berry skin color mutants and polyphenolic profile. **Food Chemistry**, London, v. 194, n. 2, p. 117–127, 2016.

FIGUEIREDO NETO, A.; REIS, D. S.; ALVES, E.; GONÇALVES, E.; ANJOS, F. C.; FERREIRA, M. Determinação de vitamina C e avaliação físico-química em três variedades de acerola cultivadas em Petrolina-PE. **Nucleus**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 83-92, 2014.

FREITAS, C. A. S.; MAIA, G. A.; COSTA, J. M. C.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M.; FERNANDES, A. G. Estabilidade dos carotenoides, antocianinas e vitamina c presentes no suco tropical de acerola (*Malpighia emarginata* DC.) Envasado pelos processos hot-fill e asséptico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 942–949, 2006.

FRONZA, D.; HAMANN, J. J. **Frutíferas de Clima Tropical e Subtropical**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2015. 115 p. Disponível em: https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/413/2018/11/12_frutiferas_clima_tropical.pdf. Acesso em: 30 nov. 2023.

GAUFFRETEAU, A. Using ideotypes to support selection and recommendation of varieties. **Oilseeds and Fats Crops and Lipids**, [S. l.], v. 25, n. 6, p.1– 9, 2018.

GESTEIRA, G. S.; BRUZI, A. T.; ZITO, R. K.; FRONZA, V.; ARANTES, N. E. Selection of early soybean inbred lines using multiple index. **Crop Science**, [S. l.], v. 58, n. 1, p. 2494– 2502, 2018.

GOMES, A. B.; OLIVEIRA, T. R.; CRUZ, D. P.; GRAVINA, G. A.; DAHER, R. F.; ARAÚJO, L. C.; ARAÚJO, K. C. Genetic gain via REML/BLUP and selection indices in snap bean. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 2, p. 195-198, 2018.

GONÇALVES, G. M. C.; FERREIRA-GOMES, R. L.; LOPES, Â. C. A.; VIEIRA, P. F. M. J. Adaptability and yield stability of soybean genotypes by REML/BLUP

and GGE Biplot. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 20, n. 2, e282920217, 2020.

GRANATO, D.; SANTOS, J. S.; MACIEL, L. G.; NUNES, D. S. Chemical perspective and criticism on selected analytical methods used to estimate the total content of phenolic compounds in food matrices. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, [S. l.], v. 80, n. 1, p. 266-279, 2016.

HAZEL, L. N. The genetic basis for constructing selection indexes. **Genetics**, [S. l.], v. 28, n. 476, p. 466-490, 1943.

IBGE. Instituto Brasileiro de geografia e estatística. **Cartograma - Acerola do Brasil por quantidade produzida**, 2017. Disponível em: https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=76215. Acesso em: 09 dez.2023.

JACKSON, R. S. **Wine Tasting: A professional Handbook**. 3 ed. London: Academis press. 2017, 519 p.

KADER, A. A. Perspective Flavor quality of fruits and vegetables. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [S. l.], v. 88, n. 1, p. 1863-1868, 2008.

KHOJE, S. Appearance and characterization of fruit image textures for quality sorting using wavelet transform and genetic algorithms. **Journal of texture studies**, [S. l.], v. 49, n. 1, p. 65-83, 2018.

LAWSON, T.; LYCETT, G. W.; ALI, A.; CHIN, C. F. Characterization of Southeast Asia mangoes (*Mangifera indica* L) according to their physicochemical attributes. **Scientia Horticulturae**, [S. l.], v. 243, n. 3, p. 189-196, 2019.

LECHAUDEL, M.; URBAN, L.; JOAS, J. Chlorophyll fluorescence, a nondestructive method to assess maturity of mango fruits (cv. 'Cogshall') without growth conditions bias. **Jornal de Química Agrícola e Alimentar**, [S. l.], v. 58, n. 13, p. 7532–7538, 2010.

LEMOS, D. M.; ROCHA, A. P. T.; GOUVEIA, J. P. G.; OLIVEIRA, E. N. A.; SOUSA, E. P.; SILVA, S. F. Elaboração e caracterização de geleia prebiótica mista de jabuticaba e acerola. **Brazilian journal of food technology**, Campinas, v. 22, n. e2018098, 2019.

LIMA, V. L. A. G.; MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, D. E. S. Avaliação do teor de antocianinas em polpa de acerola proveniente de frutos de 12 diferentes aceroleiras (*Malpighia emarginata* D.C.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, p. 101-103, 2003.

LOPES, M. L. M.; MIGUEL, M. A. L.; FIALHO, E.; VALENTE-MESQUITA, V. L. Grape juice obtained using steam extraction and other small-scale extraction methods: phenolic content, antioxidant capacity and stability during storage. **International Journal of Food Science and Technology**, [S. l.], v. 51, n. 7, p. 1696–1702, 2016.

LÓPEZ-MIRANDA, S.; SERRANO-MARTÍNEZ, A.; HERNÁNDEZSÁNCHEZ, P.; GUARDIOLA, L.; PÉREZ-SÁNCHEZ, H.; FORTEA, I.; GABALDÓN, J. A.; NÚÑEZ-DELICADO, E. Use of cyclodextrins to recover catechin and epicatechin from red grape pomace. **Food Chemistry**, London, v. 203, n. 1, p. 379-385, 2016.

MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G.; SANTOS, E. S.; LIMA, M. S. Effects of biofilm and refrigeration on acerola postharvest conservation. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 168-170, 2004.

MACIEL, M. I. S.; MELO, E. A.; LIMA, V. L. A. G.; SILVA, W. S.; MARANHÃO, C. M. C.; SOUZA, K. A. Características sensoriais e físico-químicas de geléias mistas de manga e acerola. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 27, n. 2, p. 247-256, 2009.

MARTÍNEZ-LÜSCHER, J.; KIZILDENIZ, T.; VUCETIC, V.; DAI, Z.; LUEDELING, E.; LEEUWEN, C. V.; GOMÈS, E.; PASCUAL, I.; IRIGOYEN, J. J.; MORALES, F.; DELRO, S. Sensibilidade da Fenologia da Videira à Disponibilidade de Água, Temperatura e Concentração de CO₂. **Frontiers in Environmental Science**, [S. I.], v. 4, n. 48, p. 1-14, 2016.

MELO, E. A.; MACIEL, M. O. S.; LIMA, V. L. A. G.; LEAL, F. L. L.; CAETANO, A. C. S.; NASCIMENTO, R. J. Capacidade antioxidante de hortaliças usualmente consumidas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 639-644, 2006.

MEZADRI, T.; FERNÁNDEZ-PACHÓN, M. S.; VILLAÑO, D.; GARCÍA-PARRILLA, M. C.; TRONCOSO, A. M. El fruto de la acerola: composición y posibles usos alimenticios. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 56, n. 2, p. 101-109, 2006.

MEZADRI, T.; PÉREZ-GÁLVEZ, A.; HORNERO-MÉNDEZ, D. Carotenoid pigments in acerola fruits (*Malpighia emarginata* DC.) and derived products. **European Food Research and Technology**, [S. I.], v. 220, n. 1, p. 63-69, 2005.

MISKINIS, R. A. S.; NASCIMENTO, L. Á.; COLUSSI, R. Bioactive compounds from acerola pomace: a review. **Food chemistry**, London, v. 404, p. 134613, 2023.

MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R.; BARROS, N. V. A.; PORTO, R. G. C. L.; BRANDÃO, A. C. A. S.; LIMA, A.; FETT, R. Bioactive compounds and antioxidant activity three fruit species from the Brazilian Cerrado. **Revista Brasileira de fruticultura**, Jaboticabal, v. 41, n. 3 (e-011), p. 1-8, 2019.

MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics And Cytology**, Cairo, v. 7, p. 40-51, 1978.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. A.; SILVA JUNIOR, J. F. Efeito do estágio de maturação dos frutos nas características físico-

químicas de acerola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.4, p.463-470, 2002.

PADILHA, C. V. S.; MISKINIS, G. A.; SOUZA, M. E. A. O.; PEREIRA, G. E.; OLIVEIRA, D.; BORDIGNON-LUIZ, M. T.; LIMA, M. S. Rapid determination of flavonoids and phenolic acids in grape juices and wines by RP-HPLC/DAD: Method validation and characterization of commercial products of the new Brazilian varieties of grape. **Food Chemistry**, London, v. 228, n. 1, p.106-115, 2017.

PALMA-DURAN, S. A.; VLASSOPOULOS, A.; LEAN, M.; GOVAN, L.; GOMBET, E. Nutritional intervention and impact of polyphenol on glycohemoglobin (HbA1c) in non-diabetic and type 2 diabetic subjects: Systematic review and meta-analysis. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, [S. l.], v. 57, n. 5, p. 975-986, 2017.

RESENDE, M. D. V. **SELEGEN-REML/BLUP: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007, 359p.

RESENDE, M.D.V. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, [S. l.], v.16, n. 3, p. 330-339, 2016.

REZENDE, Y.R.R.; NOGUEIRA, J.P.; NARAIN, N.; Microencapsulation of extractus of bioactive compounds obtained from acerola (*Malgiphia emarginata* DC) pulp and residue by spray and freeze drying: chemical, morphological and chemometric characterization, **Food chemistry**, 2018.

RIBEIRO, B. S.; FREITAS, S. T. Maturity stage at harvest and storage temperature to maintain postharvest quality of acerola fruit. **Scientia Horticulturae**, [S. l.], v. 260, n. 108901, 2020.

RITZINGER, Rogério; RITZINGER, Cecília Helena Silvana Prata. Acerola. **Informe agropecuário** 32. P17-25, (2011)

ROCHA, J. R. A. S. C.; MACHADO, J. C.; CARNEIRO, P. C. S. Multitrait index based on factor analysis and ideotype-design: Proposal and application on elephant grass breeding for bioenergy. **Gcb Bioenergy**, [S. l.], v. 10, n. 1, p. 52-60, 2018.

SÁNCHEZ-MORENO, C.; LARRAURI, J. Á.; SAURA-CALIXTO, F. A procedure to measure the antiradical efficient of poly phenols. **Journal of Food and Agriculture**, [S. l.], v. 76, n. 2, p. 270-276, 1998.

SHIRAIISHI, M.; SHINOMIYA, R.; CHIJIWA, H. Varietal differences in polyphenol contents, antioxidant activities and their correlations in table grape cultivars bred in Japan. **Scientia Horticulturae**, [S. l.], v. 227, p. 272–277, 2018.

SILVA, V. M. A.; SANTOS, N. C.; RIBEIRO, V. H. A.; ALMEIDA, R. L. J.; SILVA, G. M.; QUEIROGA, A. P. R.; BRITO, A. C. O. **Acerola thermophysical**

properties, drying and new product development. Campina Grande: EPTEC, 2021. 102 p.

SINGH, S. K.; SINGH, A.; NATH, V.; PARTHASARATHY, V. A.; STHAPIT, B. RAJAN, S.; VINOTH, S. Genetic diversity in seedling populations of mango. **Indian J. Plant Genet. Resour**, [S. l.], v. 28, n. 1, p. 123-131, 2015.

SMITH, H. F. A discriminant function for plant selection. **Annals of Eugenics**, v. 7, n. 3, p. 240-250, 1936.

SOUZA, F. F.; DEON, M. D. I.; CASTRO, J. M. C.; LIMA, M. A. C.; RYBKA, A. C. P.; FREITAS, S. T. **Principais variedades de aceroleiras cultivadas no Submédio do Vale do São Francisco.** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2013. 21 p.

SOUZA, M. J. H.; GUIMARÃES, M. C. A.; GUIMARÃES, C. D. L.; FREITAS, W. S.; OLIVEIRA, Â. M. S. Potencial agroclimático para a cultura da acerola no estado de Minas Gerais. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, v.10, n. 2, p.390–396, 2006.

TEIXEIRA, A.; EIRAS-DIAS, J.; CASTELLARIN, S. D.; GERÓS, H. Berry phenolics of grapevine under challenging environments. **International Journal of Molecular Science**, v. 14, n. 1, p. 18711-18739, 2013.

TEIXEIRA, D. H. L.; OLIVEIRA, M. S. P.; GONÇALVES, F. M. A.; NUNES, J. A. R. Selection index for simultaneously improving fruit production components of assai palm. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 2, p. 237-243, 2012.

TOSCANO, L. T.; SILVA, A. S.; TOSCANO, L. T.; TAVARES, R. L.; BIASOTO, A. C. T.; CAMARGO, A. C.; SILVA, S. C. O.; GONÇALVES, M. C. R.; SHAHIDI, F. Phenolics from purple grape juice increase serum antioxidant status and improve lipid profile and blood pressure in healthy adults under intense physical training. **Journal of Functional Foods**, v. 33, n. 1, p. 419-424, 2017.

VALLARINO, J. G.; OSORIO, S. Chapter 10: organic acids, II. In: YAHIA, E.; CARRILLO-LÓPEZ, A. (eds.). **Postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables.** Switzerland: Elsevier, 2019, p. 207–224.

VILVERT, J. C.; FREITAS, S. T.; SANTOS, L. F.; RIBEIRO, T. S.; VELOSO, C. M. Phenolic compounds in acerola fruit and by-products: an overview on identification, quantification, influencing factors, and biological properties. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 18, n. 1, p. 216–239, 2024.

WILLIAMS, J. S. The evaluation of a selection index. **Biometrics**, Lavras, v. 18, n. 3, p. 375–393, 1962.

WOYANN, L. G.; MEIRA, D.; MATEI, G.; ZDZIARSKI, A. D.; DALLACORTE, L. V.; MADELLA, L. A.; BENIN, G. Selection indexes based on linear-bilinear models applied to soybean breeding. **Agronomy Journal**, Basel, Suíça, v. 112, n. 1, p. 175-182, 2020.

YAMAMOTO, L. Y.; KOYAMA, R.; ASSIS, A. M.; BORGES, W. F. S.; OLIVEIRA, I. R.; ROBERTO, S. R. Color of berry and juice of 'Isabel' grape treated with abscisic acid in different ripening stages. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 12, p. 1160-1167, 2015.

YAN, W.; FRÉGEAU-REID, J. Genotype by yield* trait (GYT) biplot: A novel approach for genotype selection based on multiple traits. **Scientific Reports**, v. 8, n. 8242, 2018.

CAPÍTULO II: GENÓTIPOS PROMISSORES DE ACEROLA (MALPIGHIA EMARGINATA SESSÉ & MOC. EX DC.) COM FRUTOS DE ALTA QUALIDADE PARA DIFERENTES FINALIDADES

Artigo submetido na revista "Genetic Resources and Crop Evolution" (186.194.124.9), sendo apresentado segundo normas de publicação dessa revista.

RESUMO: A acerola é uma superfruta tropical conhecida por seu rico teor de vitamina C. Devido à considerável variabilidade genotípica nas características de qualidade dos frutos, uma seleção multicaracterística eficaz é essencial para um programa de melhoramento de acerola que visa identificar genótipos promissores para fins distintos. Neste estudo, foram avaliados frutos de 95 genótipos de acerola em dois estádios de maturação em três safras consecutivas. Os genótipos foram selecionados para extração de vitamina C (frutos verdes) e consumo *in natura* (frutos vermelhos), utilizando quatro índices de seleção. As faixas de variabilidade para características de qualidade foram as seguintes: massa do fruto de 5,19–9,60 g (fruto verde) e 4,70–9,90 g (fruto vermelho), vitamina C de 1492,0–2995,8 mg/100 g (fruto verde) e 870,8–2273,6 mg /100g (frutas vermelhas), sólidos solúveis e acidez titulável de 4,70–13,07% e 0,60–1,60%, ambos em frutas vermelhas. Ganhos desejáveis para todas as características foram alcançados pelos índices multicaracterísticas. Doze genótipos (Flor Branca, IAPAR 01, ALHA 03, ACO 10, Junko, Natália, LAG 04, Lígia, Luisa, LAG 05, Costa Rica e BV 01) se destacaram pela extração de vitamina C na fase verde. Onze genótipos (Manoela, IAPAR 01, Okinawa, LAG 04, Costa Rica, Clone 71/2, ACO 05, ACO 14, LAG 01, BRS Rubra e MAR 10) se destacaram para consumo *in natura* na maturação vermelha. Costa Rica, IAPAR 01 e LAG 04 foram selecionados como genótipos de duplo propósito, destinados tanto ao consumo *in natura* quanto à extração de vitamina C.

Palavras-chave: índice de seleção; germoplasma; qualidade dos frutos; melhoramento genético; vitamina C.

1. INTRODUÇÃO

Acerola (*Malpighia emarginata* Sessé & Moc. ex DC., Malpighiaceae) é uma fruta tropical semelhante à cereja, nativa do Caribe e das Antilhas, cultivada em regiões tropicais e subtropicais da América do Sul, América Central, México, China e Índia (Miskinis et al. 2023; Moura et al. 2018). A acerola, juntamente com o fruto amazônico camu-camu [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh, Myrtaceae], é conhecida como uma das mais ricas fontes naturais de ácido ascórbico (vitamina C), com teores que podem ultrapassar 4.000 mg/100 g, equivalente a 100 vezes a quantidade encontrada no limão e na laranja (Prakash e Baskaran 2018; Huang et al. 2022).

O Brasil é o maior produtor, consumidor e exportador mundial de acerola (Ferreira et al. 2021). A região semiárida, que ocupa menos de 5% do território brasileiro, é responsável por mais de 75% da produção nacional de acerola (IBGE 2017). Esta região possui condições climáticas ideais para o cultivo da acerola, incluindo alta temperatura e radiação solar. Aliadas à disponibilidade de água através da irrigação e ao curto período de desenvolvimento dos frutos (cerca de 20 dias), essas condições permitem mais de duas colheitas por ano nesta região. O cultivo da acerola se expandiu significativamente nas últimas duas décadas, impulsionado principalmente pelo interesse de empresas multinacionais no processamento industrial de frutas para diversas aplicações (Poletto et al. 2021).

A colheita da acerola ocorre em dois estádios distintos de maturação dos frutos, dependendo do mercado de destino. As frutas destinadas ao consumo *in natura* ou ao processamento de purê e suco congelado são colhidas quando maduras, apresentando casca vermelha (Ferreira et al. 2022). Por outro lado, aqueles destinados à extração de vitamina C são colhidos na maturação verde, para a produção de extratos, suplementos e concentrados de vitamina C. Esses produtos encontram aplicações nas indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética (Vilvert et al. 2023).

Além do estágio de maturação (Malegori et al. 2016), vários fatores como diversidade genética (Farinelli et al. 2021; Vilvert et al. 2024b), condições climáticas (Adriano e Leonel 2012), manejo do pomar (Bohra et al. 2023; Lima et al. 2020) e as tecnologias pós-colheita (Macedo et al. 2023; Ribeiro e Freitas 2020) exercem influência significativa na qualidade dos frutos de acerola.

Uma ampla variação genética nas características de qualidade física, química e bioquímica é evidente na acerola (Vilvert et al. 2024b), decorrente principalmente do uso extensivo de sementes para propagação, resultando em uma alta variabilidade sexual (Ritzinger et al. 2018). Para obter um material genético promissor e adequado para lançamento como cultivar, é imprescindível que ele englobe simultaneamente diversas características favoráveis.

Diversas abordagens têm sido empregadas no melhoramento genético de fruteiras (Dalbosco et al. 2018; Pereira Miranda et al. 2022; Barth et al. 2022; Carvalho et al. 2023). Neste contexto, a utilização de índices de seleção facilita o aprimoramento de duas ou mais características dentro de um programa de melhoramento, independentemente de efeitos adversos como ligação genética e pleiotropia (Baker, 2020).

Um índice de seleção multicaracterística pode otimizar um programa de melhoramento de frutas ao incorporar múltiplas características de qualidade ideal em um mesmo genótipo, definidas de acordo com o destino pretendido do fruto. Assim, o objetivo deste estudo foi selecionar os melhores genótipos de acerola para o mercado *in natura* e indústria de processamento com base na qualidade dos frutos, empregando diferentes índices de seleção.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Material vegetal e condições experimentais

Foram avaliados 95 genótipos de acerola do banco de germoplasma da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária em Petrolina (Anexo 1), estado de Pernambuco, Brasil (09°09' S, 40°22' W, altitude 376 m). O clima local é classificado como BSh (semiárido quente e seco), segundo a classificação de Köppen (Alvares et al. 2013). As condições climáticas no período de estudo estão representadas na Figura 1. O solo é classificado como latossolo amarelo (Santos et al. 2018).

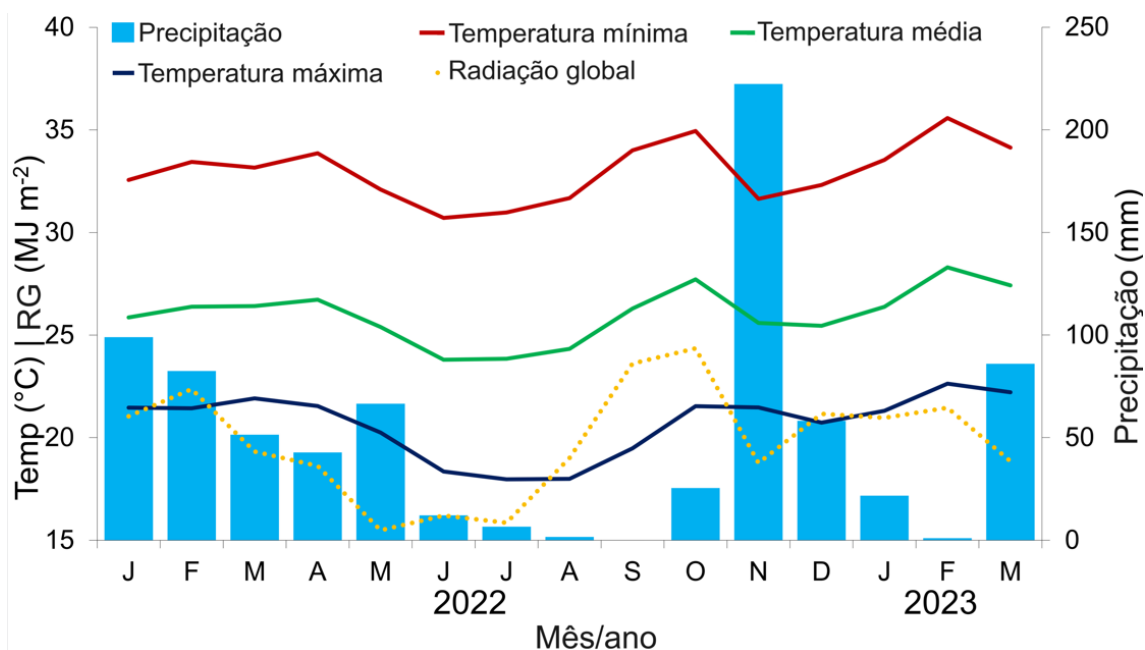


Figura 1. Principais variáveis climáticas observadas durante três safras de acerola, Petrolina, PE, Brasil.

2.2 Avaliação de características de qualidade de frutos

Os frutos foram avaliados em três ciclos de produção (janeiro a março de 2022, setembro a novembro de 2022 e janeiro a março de 2023). O estudo foi conduzido sem um desenho experimental específico. Cada genótipo foi representado por duas plantas enxertadas, no qual os porta-enxertos utilizados são plantas oriundas de sementes da variedade Flor Branca. Em cada ciclo de produção foi coletada uma amostra de 500 g de frutos de cada planta, que foi avaliada no laboratório de Fisiologia Pós-colheita, da Embrapa Semiárido.

Os frutos foram colhidos em seu máximo crescimento em dois estádios de maturação (verde e vermelho), determinados pelo desenvolvimento da cor da casca (Figura 2). Foram selecionados apenas frutos saudáveis, eliminando-se aqueles com danos mecânicos, defeitos ou sinais de doenças e insetos. Posteriormente, os frutos foram lavados, sanitizados com solução de cloro 200 ppm (v/v) por 15 minutos e secos em temperatura ambiente antes das análises.



Figura 2. Acerolas em dois estádios de maturação (vermelho e verde). Petrolina, PE, Brasil.

A massa fresca dos frutos foi medida com uma balança digital AD50 (Marte Científica, Brasil) e os resultados apresentados em gramas.

A cor foi avaliada na casca dos frutos utilizando um colorímetro modelo CR-400 (Konica Minolta, Kioto, Japão). A avaliação foi realizada na região equatorial do fruto e os resultados foram expressos no espaço de cores CIE LCh. Este espaço representa a luminosidade (L^*), variando de 0 (preto/escuro) a 100 (branco/brilho máximo); croma (C^*), onde um valor maior indica maior pureza/intensidade de cor; ângulo de matiz ($^{\circ}h$), com $0/360^{\circ}$ representando vermelho, 90° representando amarelo, 180° representando verde e 270° representando azul (Pathare et al., 2013).

O teor de sólidos solúveis (SS) foi determinado em uma alíquota de suco utilizando refratômetro digital modelo PAL-1 (Atago, Tóquio, Japão).

A acidez titulável (AT) foi avaliada com titulador manual e foi determinada em 1 mL de suco diluído em 50 mL de água destilada titulados com uma solução de NaOH 0,1 os resultados foram expressos em gramas de ácido málico por 100 gramas.

O teor de vitamina C foi determinado pelo método de Tillmans, seguindo os procedimentos descritos por Strohecker e Henning (1967). Resumidamente, um mililitro de suco de acerola foi diluído em 100 mL de ácido oxálico 0,5% e

titulado com 2,6-diclorofenol indofenol 0,02% (DFI). Os resultados foram expressos em miligramas de vitamina C por 100 gramas de suco.

2.3 Procedimentos estatísticos

2.3.1 Estimativa de parâmetros genéticos

Inicialmente, foi aplicado o diagnóstico de multicolinearidade para todas as características de qualidade avaliados, por meio do software estatístico Genes (Cruz 2016). A multicolinearidade foi categorizada com base no número de condição (CN), que é a razão entre os maiores e menores autovalores da matriz de correlação: fraco – $CN < 100$; moderado – $100 \leq CN < 1.000$; grave – $CN \geq 1.000$ (Montgomery et al. 2021).

Uma metodologia de modelo misto foi empregada para análises estatísticas, utilizando máxima verossimilhança residual restrita (REML) para estimar componentes de variância e melhor predição linear imparcial (BLUP) para prever valores genotípicos. Isso foi realizado utilizando o software Selegen–REML/BLUP (Resende 2016).

O modelo estatístico adotado foi o modelo básico de repetibilidade denotado por:

$$y = X_m + W_p + e$$

onde y é o vetor de dados fenotípicos (característica físico-química); m é o vetor do efeito da medição (fixo), somado à média geral; p é o vetor do efeito fenotípico permanente (aleatório); e e o vetor de erros ou resíduos de efeitos aleatórios; e W são matrizes de incidência para efeitos fixos e aleatórios, respectivamente.

A significância dos efeitos aleatórios do modelo (efeitos fenotípicos permanentes) foi avaliada pela análise de deviance (ANADEV) por meio do teste de razão de verossimilhança (LRT) (Mangiafico 2016) utilizando as funções lme e gls do pacote R nlme (Pinheiro et al. 2022). LRT é calculado de acordo com a equação:

$$LRT = (-2\text{LogL})_{p-1} - (-2\text{LogL})_p,$$

onde LogL é o logaritmo do ponto máximo da função de verossimilhança residual (L) associada aos modelos reduzido ($p-1$) e completo (p), e (-2LogL) é a

deviance. O LRT foi comparado com a função densidade de probabilidade (χ^2) com um grau de liberdade em $p \leq 0,01$ e $p \leq 0,05$.

Para a seleção do melhor modelo, considerou-se o modelo completo (incluindo o efeito genotípico) vs o reduzido (excluindo o efeito genotípico), com base no critério de informação de Akaike (AIC), no critério de informação Bayesiano (BIC) e no log- probabilidade (Loglik). Diferenças significativas entre genótipos de aceroleira para cada característica de qualidade foram avaliadas com base no intervalo de confiança de 95% (Costa et al. 2023).

Os parâmetros genéticos estimados foram: variância fenotípica permanente entre plantas (σ^2_{pp}); variação ambiental temporária (σ^2_{te}); variância fenotípica individual ($\sigma^2_{ip} = \sigma^2_{pp} + \sigma^2_{te}$); ; repetibilidade individual ($r = \frac{\sigma^2_{pp}}{\sigma^2_{pp} + \sigma^2_{te}}$); ($r =$); repetibilidade média em m medidas repetidas ($r_m = \frac{\sigma^2_{ip}}{\sigma^2_{pp} + \frac{\sigma^2_{te}}{2}}$); ($r_m =$); Acurácia seletiva [$A_{cm} = (1 - \frac{PEV}{\sigma^2_g})^{1/2}$]; ; coeficiente de variação genotípico ($CV_g = \frac{100 \sqrt{\sigma^2_g}}{\bar{x}}$); ; coeficiente de variação experimental ($CV_e = \frac{100 \sqrt{\sigma^2}}{\bar{x}}$); ($CV_e =$); e índice de variação ($V_i = 100 \frac{CV_g}{CV_e}$).

$$\sigma^2_{pp} \sigma^2_{te} \sigma^2_{ip} = \sigma^2_{pp} + \sigma^2_{te} \frac{\sigma^2_{pp}}{\sigma^2_{pp} + \sigma^2_{te}} \frac{\sigma^2_{ip}}{\sigma^2_{pp} + \frac{\sigma^2_{te}}{2}} \left(1 - \frac{PEV}{\sigma^2_g}\right) \frac{100 \sqrt{\sigma^2_g}}{\bar{x}} \frac{100 \sqrt{\sigma^2}}{\bar{x}} \frac{CV_g}{CV_e}$$

2.3.2 Índices de seleção

Os valores genotípicos (BLUPs) previstos para cada um dos 95 genótipos, avaliados para diferentes características de qualidade, foram adotados para a seleção multicaracterística dos melhores genótipos de acerola. Quatro índices de seleção diferentes foram aplicados, incluindo dois índices paramétricos, (1) índice clássico e (2) índice base, e dois índices não paramétricos, (3) índice baseado em soma de postos e (4) índice de distância genótipo-ideótipo.

O índice clássico, originalmente proposto por Smith (1936) para melhoramento de plantas e otimizado por Hazel (1943), representa uma função linear de múltiplas características com importância econômica. Baseia-se na estimativa dos coeficientes de ponderação utilizados para maximizar a correlação entre o índice e o agregado genotípico. Este agregado é outra combinação linear, incluindo valores genéticos que são ponderados

considerando os valores econômicos (Cruz et al. 2012). O índice clássico de Smith-Hazel é calculado da seguinte forma:

$$\hat{b} = P^{-1}Ga$$

onde \hat{b} é o vetor de coeficientes de índice, P^{-1} é o inverso da matriz de variância-covariância fenotípica entre características de qualidade, G é a matriz de covariância genética e a é o vetor de pesos econômicos. O valor genético I de um genótipo baseado nas características de qualidade x, y, \dots, n é estimado como:

$$I = b_x G_x + b_y G_y + \dots + b_n G_n$$

onde b é o coeficiente de índice para as características x, y, \dots, n , respectivamente, e G são os BLUPs individuais para as características x, y, \dots, n , respectivamente.

O índice base proposto por Williams (1962) estabelece índices por meio da combinação linear dos valores fenotípicos médios das características, que são ponderados diretamente pelos seus respectivos pesos econômicos. Este índice difere do anterior principalmente por eliminar a utilização de matrizes de covariância fenotípica e genotípica em sua estimativa. O índice base é dado como:

$$I_b = a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_n x_n = a' x$$

onde I_b é o índice de seleção, a é o vetor de peso econômico e x é a média da característica.

O índice de soma de postos de Mulamba e Mock (1978) envolve a ordenação inicial dos genótipos em relação a cada característica de qualidade, seguida da soma dos postos. O procedimento consiste em classificar os materiais genéticos em ordem favorável ao melhoramento, com base na seguinte equação:

$$IMM = \sum a_j r_{ij}$$

onde IMM é o índice do i -ésimo genótipo, a_j é o peso econômico atribuído à j -ésima característica de qualidade e r_{ij} é a classificação do i -ésimo genótipo para a j -ésima característica.

O índice de distância genótipo-ideótipo (GID) é baseado nas médias fenotípicas ajustadas e nas distâncias euclidianas de cada indivíduo a um genótipo ideal – o ideótipo (Cruz 2006). Para calcular esse índice foram determinados os valores médios, máximos e mínimos para cada característica de qualidade.

Este índice considera X_{ij} como o valor fenotípico médio do i -ésimo genótipo para a j -ésima característica de qualidade, Y_{ij} como o valor fenotípico médio transformado e C_j como uma constante relativa à depreciação do valor médio do genótipo, por não estar dentro dos padrões desejados pelo produtor de acerola. Portanto, na estimativa do índice são aplicados os seguintes valores: LL_j – limite inferior a ser apresentado pelo genótipo em relação à j -ésima característica de qualidade; UL_j – limite superior a ser apresentado pelo genótipo; e OV_j – valor ótimo a ser apresentado pelo genótipo selecionado:

Se $LL_j \leq X_{ij} \leq UL_j$, então $Y_{ij} = X_{ij}$.

Se $X_{ij} < LL_j$, então $Y_{ij} = X_{ij} + OV_j - LL_j - C_j$.

Se $X_{ij} > UL_j$, então $Y_{ij} = X_{ij} + OV_j - UL_j - C_j$.

O processo considera $C_j = UL_j - LL_j$. O valor de C_j garante que qualquer valor X_{ij} dentro da faixa de variação em torno do ótimo produzirá um valor X_{ij} próximo ao valor ótimo, ao contrário dos valores X_{ij} fora desta faixa. A transformação de X_{ij} é conduzida para garantir a depreciação daqueles valores fenotípicos fora da faixa específica. Os valores X_{ij} resultantes obtidos por meio da transformação são então padronizados e ponderados pelos pesos atribuídos a cada caractere, produzindo valores X_{ij} , conforme descrito na Equação abaixo.

$$Y_{ij} = \sqrt{a_j} \frac{Y_{ij}}{S(Y_j)}$$

onde: $S(Y_j)$ é o desvio padrão dos valores fenotípicos médios obtidos com transformação; e a_j é o peso ou valor econômico do personagem.

Para o índice clássico e o índice base foram atribuídos os seguintes pesos econômicos: massa (1) e vitamina C (2) para fruta verde; massa (1), vitamina C (1), sólidos solúveis (2) e acidez titulável (-2) para frutas vermelhas. Para o índice de soma de postos e o índice GID foram atribuídos os seguintes pesos econômicos: massa (1) e vitamina C (5), para frutas verdes; e massa (1), vitamina C (1), sólidos solúveis (5) e acidez titulável (-9), para frutas vermelhas.

A seleção dos genótipos de acerola foi realizada separadamente para ambos os estádios de maturação. Inicialmente, os ganhos genéticos (%) para cada característica de qualidade foram estimados por meio de diversos índices de seleção, considerando uma intensidade de seleção de 20% ($n = 19$ genótipos). Isso foi determinado pela equação:

$$GG (\%) = \times 100 \frac{\bar{x}_s - \bar{x}_0}{\bar{x}_0}$$

onde GG representa o ganho genético na seleção dos melhores genótipos para cada característica de qualidade, definido por diferentes índices de seleção, \bar{x}_s é a média dos BLUPs dos genótipos selecionados e \bar{x}_0 é a média geral dos BLUPs de todos os genótipos (população inicial).

A lista definitiva de genótipos selecionados inclui apenas aqueles indicados simultaneamente pelos quatro métodos. A classificação final desses genótipos foi estabelecida pela ordenação decrescente dos índices de classificação final (FRi), calculados com base nas posições dos genótipos nas classificações por diferentes índices de seleção:

$$FRi = (20 - SH) + (20 - CI) + (20 - MM) + (20 - GI)$$

onde FRi é o índice de classificação final, HS é a posição de cada genótipo no ranking pelo índice clássico de Smith e Hazel, WB é a posição de cada genótipo no ranking pelo índice base de William, MM é a posição de cada genótipo no ranking pelo índice de soma de ranks de Mulamba & Mock, e GI é a posição de cada genótipo no ranking pelo índice de distância genótipo-ideótipo.

A consistência dos diferentes métodos (dois a dois) na seleção de genótipos de acerola com frutos de alta qualidade foi avaliada pelo índice de coincidência (Hamblim e Zimmermann 1986), expresso por:

$$Ci (\%) = \times \frac{A - C}{B - C} 100$$

onde Ci é o índice de coincidência, A é o número de genótipos de acerola que coincidem em dois índices de seleção, B é o número total de genótipos selecionados ($n = 19$) e C é o número de coincidências atribuídas à aleatoriedade (padronizado em $n = 2$), tendo uma intensidade de seleção de 20%.

3. RESULTADOS

3.1 Análise de desvio

A significância dos genótipos de acerola para diversas características de qualidade foi avaliada por meio da análise de deviance através do teste de razão de verossimilhança (LRT), comparando os modelos completo (incluindo o efeito genotípico) e reduzido (excluindo o efeito genotípico). Os resultados indicaram efeitos genotípicos significativos ($p \leq 0,001$) para massa, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e vitamina C em frutos maduros, bem como para massa e vitamina C em frutos verdes (Tabela 1).

Tabela 1. Teste de razão de máxima verossimilhança (LRT) para características de qualidade de frutos de 95 genótipos de acerola colhidos em dois estádios de maturação em três safras.

Característica	Modelo completo			Modelo fixo			LRT (χ^2)	valor p
	AIC	BIC	logLik	AIC	BIC	logLik		
Fruto verde								
Massa	2198,0	2216,3	-1094,0	2367,0	2377,9	-1180,5	172,90*	<0,001
Vitamina C	4616,5	4634,7	-2303,2	4639,5	4650,5	-2316,8	27,07*	<0,001
Sólidos solúveis	831,3	849,5	-410,6	830,6	841,6	-412,3	<0,01 ^{ns}	0,998
Acidez titulável	618,4	636,7	-304,2	614,4	625,4	-304,2	3,35 ^{ns}	0,187
Fruto vermelho maduro								
Luminosidade	1786,2	1804,4	-888,1	178,2	1793,2	-888,1	0,01 ^{ns}	0,993
Cromaticidade	1871,3	1889,5	-930,7	1867,5	1878,5	-930,8	0,24 ^{ns}	0,888
Ângulo <i>hue</i>	2050,5	2068,7	-1020,2	2046,7	2057,6	-1020,3	0,23 ^{ns}	0,890
Massa	2216,9	2235,1	-1103,4	2389,9	2.400,9	-1192,0	177,05*	<0,001
Vitamina C	4160,2	4178,4	-2075,1	4422,9	4433,9	-2208,5	266,75*	<0,001
Sólidos solúveis	965,2	983,4	-477,6	1022,0	1032,9	-508,0	60,78*	<0,001
Acidez titulável	38,8	57,0	-14,4	67,0	78,0	-30,5	32,24*	<0,001

O modelo completo corresponde ao modelo que inclui o efeito genótipo, enquanto o modelo fixo corresponde ao modelo que exclui o efeito genótipo. AIC: critério de informação de Akaike; BIC: critério de informação bayesiano; logLik: probabilidade de log.*: efeito genotípico significativo identificado pelo teste qui-quadrado, com 1 grau de liberdade em $p \leq 0,05$. ns: efeito genotípico não significativo.

O modelo completo para as características de qualidade acima mencionadas apresentou valores mais baixos de AIC e BIC, juntamente com valores mais elevados de logLik (Tabela 1). Além disso, uma representação gráfica dos limites do intervalo de confiança alinha-se com os efeitos genotípicos significativos observados para essas características, confirmando assim a sua adequação para a aplicação dos quatro índices de seleção.

3.2. Multicolinearidade, análise de médias e componentes de variância

A análise da multicolinearidade revelou números de condição abaixo de 100 para as características de qualidade nos estágios de maturidade verde e vermelho, indicando fraca multicolinearidade entre as características (Montgomery et al. 2021). Além disso, os coeficientes de correlação ficaram abaixo de 0,80 e os fatores de inflação de variância (VIF) excederam 10 para todas as características de qualidade (Tabela 1).

A massa média dos frutos verdes variou entre 4,29 e 10,22 g, com média de 6,25 g. Nos frutos vermelhos houve aumento na massa média, variando de

4,70 a 11,64 g, com média de 8,25 g. O teor de vitamina C do fruto verde, destinado à extração desse composto, apresentou considerável variabilidade entre os genótipos, variando de 2,729, a 6.066,3 mg/100 g. Como esperado, as frutas vermelhas apresentaram níveis mais baixos de vitamina C, variando de 870,8 a 3.489,9 mg/100 g. O teor médio de vitamina C das acerolas apresentou redução da fase de maturação verde para a vermelha (Figura 3).

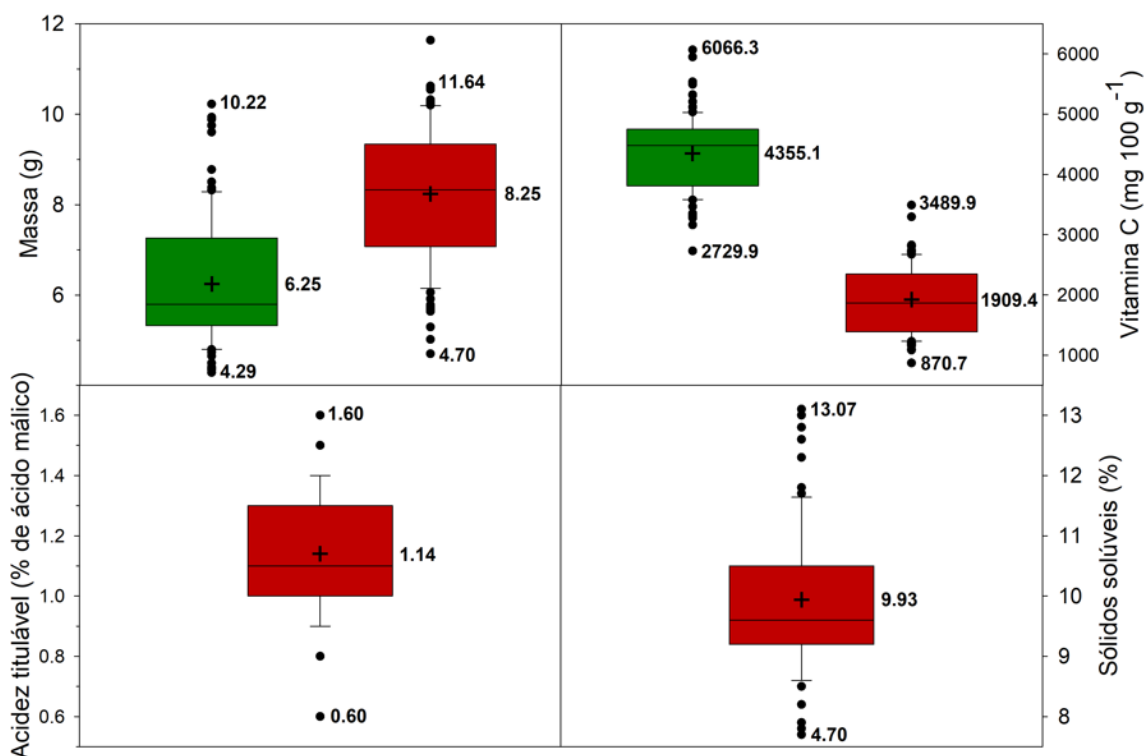


Figura 3. Distribuição das médias das diferentes características de qualidade dos frutos em 95 genótipos de acerola.

Na Figura 3, as caixas verdes e vermelhas indicam os respectivos estágios de maturação dos frutos. Os valores que acompanham cada caixa representam, de cima para baixo, o máximo, a média e o mínimo. O + representa o valor médio. Os sólidos solúveis e a acidez titulável exibiram efeito genotípico exclusivamente nas frutas vermelhas, apresentando variação significativa em ambos os parâmetros, o que contribui para o sabor geral da fruta. Os sólidos solúveis entre os diferentes genótipos variaram de 4,70% a 13,07%, enquanto a acidez titulável variou de 0,60 a 1,60% de ácido málico. Os teores médios de

sólidos solúveis e acidez titulável foram de 9,93% e 1,14% de ácido málico, respectivamente. (Figura 3). Os componentes de variância estimados, abrangendo parâmetros genéticos e fenotípicos, são apresentados na Tabela 2, a variância fenotípica permanente entre plantas (σ^2_{pp}) superou a variância ambiental temporária (σ^2_{te}), constituindo a maior parte da variância fenotípica (σ^2_p) para massa em ambos os estádios de maturação, bem como para vitamina C em frutos vermelhas. Em contraste, σ^2_{te} constituiu a maior parte do σ^2_p para sólidos solúveis e acidez titulável em frutos vermelhas, bem como para vitamina C em frutos verdes.

Tabela 2. Componentes de variância para características de qualidade de frutos de 95 genótipos de acerola colhidos em dois estádios de maturação, em três safras.

Características	σ^2_{pp}	σ^2_{te}	σ^2_p	$r = h^2$	r_m	A_m	CV _g (%)	CV _e (%)	CV _g /CV _e
Frutos verdes									
Massa	177,00	60,93	237,93	0,74±0,14	0,92	0,96	21,29	12,49	1,70
Vitamina C	245607,5	440389,6	685997,1	0,36±0,10	0,69	0,83	11,38	15,24	0,75
Frutos vermelhas									
Massa	194,45	61,21	255,66	0,76±0,15	0,91	0,95	16,91	9,48	1,78
Vitamina C	288419,9	50361,0	338780,9	0,85±0,15	0,94	0,97	28,13	11,75	2,39
Sólidos solúveis	0,94	1,11	2,05	0,46±0,11	0,72	0,85	9,77	10,60	0,92
Acidez titulável	0,02	0,05	0,07	0,34±0,10	0,60	0,78	13,44	19,04	0,71

σ^2_{pp} – variância fenotípica permanente entre plantas; σ^2_{te} – variação ambiental temporária; σ^2_p – variância fenotípica; $r = h^2$ – repetibilidade individual; r_m – repetibilidade média de colheitas ou medidas repetidas; A_m – precisão de seleção com base na média das estações ou medidas repetidas; CV_g – coeficiente de variação genética; CV_e – coeficiente de variação ambiental.

A estimativa da repetibilidade individual ($r = h^2$) variou de 0,33 a 0,85 entre as características de qualidade dos frutos. Dado que essas características são quantitativas e muito influenciadas pelo meio ambiente (Carvalho et al. 2023), a repetibilidade foi categorizada da seguinte forma, seguindo a definição para culturas perenes (Resende 2002): alta ($r \geq 0,60$) para vitamina C em acerola vermelha (0,85) e para massa em ambos os estádios (0,76 e 0,74 em frutos vermelhos e verdes, respectivamente); e mediana ($0,30 \leq r < 0,60$) para sólidos solúveis (0,46) e acidez titulável em frutas vermelhas (0,34), bem como para vitamina C em frutas verdes (0,36) (Tabela 2).

A precisão seletiva (A_m) prevista pelo REML para as características de qualidade avaliadas variou de 0,78 a 0,97, indicando alto grau de certeza nas inferências. Os maiores valores de precisão seletiva foram observados para

vitamina C, em frutos vermelhos (0,96) e massa, em ambos os estádios de maturação (0,95).

O coeficiente de variação genética (CV_g) variou de 9,77% (sólidos solúveis) a 28,13% (vitamina C), ambos observados em frutos vermelhos, indicando a presença de variação genética entre os genótipos, o que é desejável para seleção. O coeficiente de variação ambiental (CV_e) apresentou baixa magnitude (<20%) para todas as características de qualidade, variando de 9,48% (massa) a 19,04% (acidez titulável), indicando alta precisão experimental. O CV_g foi superior ao CV_e (relação >1) para massa em ambos os estádios de maturação (1,70 para verde e 1,78 para vermelhas), bem como para vitamina C nas acerolas vermelhas (2,39).

3.3. Ganhos de seleção por diferentes abordagens

Os valores genotípicos (BLUPs) dos 95 genótipos, para cada característica de qualidade em frutos verdes e vermelhos, foram aplicados a todos os índices de seleção para ordenar os genótipos. Os ganhos genéticos foram estimados para diversas características de qualidade utilizando uma intensidade de seleção de 20% ($n = 19$), usando quatro abordagens de seleção distintas (Figura 4). Em todos os métodos, houve aumentos nos valores de massa, vitamina C e sólidos solúveis, juntamente com uma diminuição na acidez titulável. Este padrão é altamente desejável em programas de seleção de aceroleira que visam a obtenção de frutos de alta qualidade.

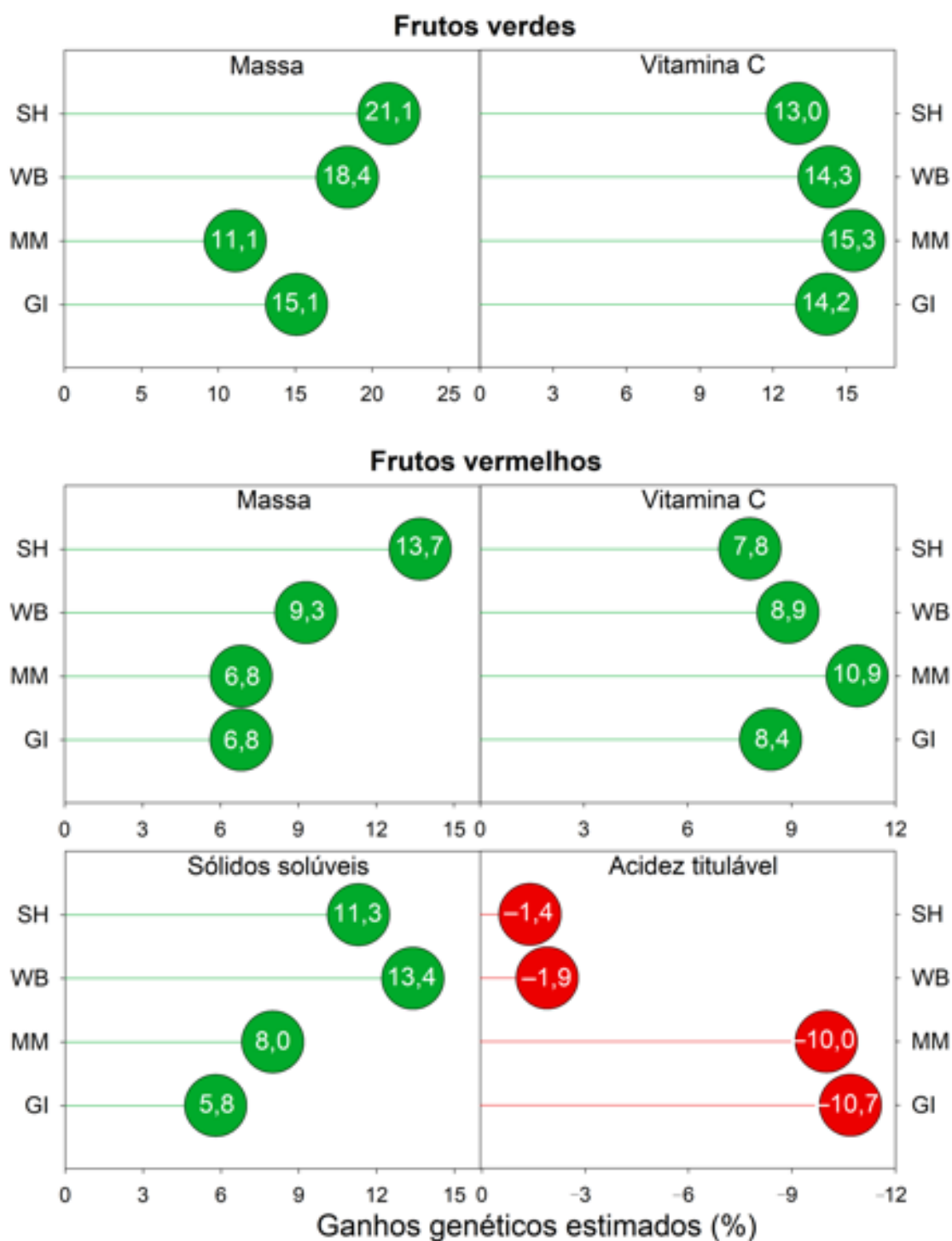


Figura 4. Ganhos genéticos para características de qualidade de frutos, na seleção de genótipos de acerola por diferentes métodos.

SH: índice clássico de Smith e Hazel; CC: índice base de William; MM: Índice de Mulamba e Mock; IG: índice de distância genótipo-ideótipo. Nos frutos verdes foram observados ganhos de seleção superiores a 10% em todos os métodos, tanto para massa (11,1–21,1%) quanto para vitamina C (13,0–15,3%).

O índice de Smith e Hazel proporcionou o maior ganho de massa (21,1%), enquanto o índice Mulamba e Mock resultou em maior ganho de vitamina C (15,3%) em comparação com outros métodos. Considerando o ganho total (ou seja, ganhos em todas as características simultaneamente), os índices de Smith e Hazel (34,1%) e clássico de William (32,7%) demonstraram os maiores ganhos nas características de qualidade da acerola verde (Figura 4).

Nos frutos vermelhos, os ganhos de massa variaram entre os métodos, variando de 2,7% (distância genótipo-ideótipo) a 13,7% (Smith e Hazel). O aumento no teor de vitamina C da fruta variou entre os diferentes índices, variando de 7,8% (Smith e Hazel) a 10,9% (Mulamba e Mock). Para o teor de sólidos solúveis e acidez titulável, influenciando a percepção de doçura e acidez dos frutos, os índices paramétricos e não paramétricos exibiram comportamentos diferentes em relação às duas variáveis. Os índices clássicos de Smith e Hazel e William (ambos paramétricos) foram mais eficazes no aumento do teor de sólidos solúveis na população de acerola (11,3% e 13,4% de ganho genético, respectivamente, em contraste com os ganhos ligeiramente menores de 8,0% e 7,2% com Mulamba e Mock e Índices de distância genótipo-ideótipo. Por outro lado, os índices não paramétricos proporcionaram maior redução (desejável) na acidez titulável das acerolas, com ganhos genéticos de -10,0% (Mulamba e Mock) e -12,3% (distância genótipo-ideótipo), enquanto Smith e Hazel e os índices básicos de William geraram ganhos de -1,4% e -1,9%, respectivamente (Figura 4).

O maior índice de coincidência (C_i) entre os índices de seleção foi encontrado entre HS e CC em frutos verdes (88,2%), sendo o C_i superior a 50% para todas as combinações de métodos. Os resultados indicam que ambos os métodos de seleção paramétricos (HS e WC) apresentaram maior C_i entre eles e ligeiramente inferior com outros métodos (não paramétricos), MM e GI, que também demonstraram maior consistência (maior C_i) entre eles.

Quanto à recomendação de genótipos promissores de acerola, considerando uma intensidade de seleção de 20%, foram selecionados um total de 19 genótipos por cada índice de seleção (Anexo 2). Porém, apenas os genótipos indicados pelos quatro métodos foram incluídos na seleção final. As cultivares comerciais Flor Branca e Junko se destacaram nas características de qualidade em frutos verdes, sendo selecionadas por todos os métodos. Em contrapartida, ambas as variedades foram excluídas das classificações de frutos

vermelhos, variando entre a 48^a e a 77^a posição para a Flor Branca e entre a 86^a e a 95^a posição para a Junko (Anexo 2).

A seleção multicaracterística realizada simultaneamente aos quatro métodos resultou na recomendação de doze genótipos promissores para colheita na fase verde, destinados à extração de vitamina C (Flor Branca, IAPAR 01, ALHA 03, ACO 10, Junko, Natália, LAG 04, Lígia, Luisa, LAG 05, Costa Rica e BV 01), além de nove genótipos de acerola para colheita na fase vermelha, destinados ao consumo *in natura* (Manoela, IAPAR 01, Okinawa, LAG 04, Costa Rica, ACO 05, ACO 14, LAG 01 e BRS Rubra). Desses genótipos, três são considerados de dupla aptidão (Costa Rica, IAPAR 01 e LAG04), pois foram selecionados tanto para processamento industrial quanto para consumo *in natura* (Tabela 3).

Considerando as médias originais e as novas médias obtidas dos genótipos de acerola selecionados, observou-se ganho genético para todas as características avaliadas, exceto acidez titulável, que é esperada em frutos de alta qualidade. Ganhos positivos foram encontrados para massa (18,6% para frutas verdes e 12,8% para frutas vermelhas) e vitamina C (16,0% para frutas verdes e 13,9% para frutas vermelhas), bem como para sólidos solúveis em frutas vermelhas (10,9). A acidez titulável em frutas vermelhas teve ganho genético negativo de -7,0% (Tabela 3).

Tabela 3. Médias iniciais e novas e ganho genético de genótipos de acerola com base nos genótipos selecionados pelos quatro índices de multicaracterísticas em comum para características de qualidade de frutos.

Classificação	Genótipo	Características de qualidade da fruta			
		Massa (g)	Vitamina C (mg/100 g)	Sólidos solúveis (%)	Acidez titulável (%)
Fruto verde					
1°	Flor Branca	9,60	2995,8		
2°	IAPAR 01	9,75	2851,7		
3°	ALHA 03	7,55	2807,3		
4°	ACO 10	8,07	2756,3		
5 ^a	Junko	6,57	2697,2		
6°	Natália	9,93	1997,7		
7°	LAG04	5,53	1924,2		
8°	Lígia	7,52	1798,9		
9°	Luísa	7,65	1754,7		
10°	LAG05	5,37	1535,7		
11°	Costa Rica	6,24	1515,9		
12°	BV 01	5,19	1492,0		
	Médias populacionais iniciais	6,25	1355,1		
	Novas médias populacionais	7,41	2050,4		
	Ganho genético (%)	18,6	12,0		
Fruto vermelha madura					
1°	Manuela	9,90	2273,6	11,67	1,05
2°	IAPAR 01	10,24	1823,2	11,30	1,06
3°	Okinawa	10,20	1674,8	10,73	0,93
4°	LAG 04	6,54	2737,1	12,30	1,03
5 ^a	Costa Rica	9,77	3295,7	10,87	1,22
6°	ACO 05	9,42	2706,9	10,67	1,19
7°	ACO 14	9,70	1746,7	9,60	0,89
8°	LAG 01	8,74	1440,0	10,97	1,01
9°	BRS Rubra	9,22	1871,0	10,97	1,16
	Médias populacionais iniciais	8,25	1909,4	9,93	1,14
	Novas médias populacionais	9,30	2174,3	11,01	1,06
	Ganho genético (%)	12,8	13,9	10,9	-7,0

4. DISCUSSÃO

A qualidade da fruta é a combinação de características físicas e bioquímicas que influenciam significativamente na aceitação do consumidor, incluindo aparência (cor, tamanho) e sabor (doçura, acidez). A presença de compostos bioativos como vitamina C e compostos fenólicos também tem sido considerada um importante fator que influencia as decisões de compra dos consumidores, que buscam os diversos benefícios à saúde proporcionados pela fruta (Vilvert et al. 2023).

Em programas de melhoramento genético de frutas conduzidos com materiais provenientes de bancos de germoplasma, muitas vezes a distribuição de cada genótipo ocorre sem a utilização de desenhos experimentais. Neste cenário, são realizadas medições repetidas em diferentes épocas de cultivo em plantas individuais, aplicando o modelo estatístico de repetibilidade básica (Resende 2016). Aqui, a análise de deviance pelo teste da razão de verossimilhança (LRT) é indicada para avaliar a significância dos efeitos genotípicos.

A presença de variabilidade genética é premissa fundamental em programas de melhoramento de plantas (Carvalho et al. 2023). Neste estudo, a variabilidade entre os genótipos de acerola, revelada pelo LRT, ressalta o potencial de obtenção de ganhos genéticos nas características de qualidade dos frutos, resultando em genótipos superiores.

A estimativa de parâmetros genéticos é essencial para melhorar a qualidade dos frutos, pois fornece insights cruciais sobre a herdabilidade e variação genética das características de qualidade dentro de uma população, orientando os melhoristas na aplicação de estratégias para selecionar genótipos promissores com características desejáveis (Alkimim et al. 2021).

Os experimentos de campo desempenham um papel fundamental no melhoramento de plantas e, neste contexto, é crucial alcançar um alto nível de precisão experimental na previsão dos valores genotípicos dos indivíduos avaliados (Valadares et al. 2022). Em nosso estudo, encontramos alta repetibilidade individual estimada e acurácia seletiva para a maioria das características de qualidade. A repetibilidade individual, medida pela consistência do desempenho genotípico individual em múltiplas avaliações,

indica a confiabilidade das características observadas. Altos valores de repetibilidade sugerem que as características observadas são estáveis e hereditárias, proporcionando aos melhoristas confiança na seleção de indivíduos com base nessas características. Além disso, a maior acurácia seletiva, refletindo a eficiência na seleção de indivíduos superiores para reprodução, implica que o programa de melhoramento possa tomar decisões mais precisas e eficazes na escolha dos pais para a próxima geração (Resende 2016).

A magnitude do coeficiente de variação genética (CVg) representou uma elevada variação genética entre os genótipos de acerola, favoráveis à seleção. Adicionalmente, o conhecimento sobre a influência ambiental também é importante, dadas as suas variações imprevisíveis (Valadares et al. 2022; Vilvert et al. 2024a).

Neste estudo, todos os caracteres exibiram um coeficiente de variação ambiental (CVe) inferior a 20%, refletindo um baixo efeito do ambiente na expressão das características, bem como um alto papel de controle genético governando as características de qualidade (Tiwari et al. 2019).

Algumas características de qualidade exibiram alta contribuição da variância ambiental temporária (σ_{2te}) para a variância fenotípica (σ_{2p}). Apesar de respeitarem as necessidades hídricas das plantas e manterem a consistência nos tratamentos culturais ao longo das colheitas, as culturas irrigadas num clima semiárido podem ser influenciadas por grandes variações sazonais ao longo do ano. Nesse caso, oscilações de temperatura e radiação solar podem impactar significativamente a qualidade final do fruto, conforme relatado anteriormente em uva (Alves Filho et al. 2019; Santos et al. 2022).

Desde sua introdução no Brasil na década de 1950, a acerola foi propagada por sementes por muitas décadas, resultando em alta variabilidade genética nos frutos (Ritzinger et al. 2018). Os programas de melhoramento de acerola são considerados relativamente recentes no Brasil em comparação com outras espécies, e o lançamento de novas cultivares que combinem as características desejadas é crucial para a expansão desta cultura.

A diversidade de características de qualidade da acerola é fundamental para os pesquisadores envolvidos no melhoramento genético de plantas (Vilvert

et al. 2024b). O melhoramento da acerola tornou-se essencial no final da década de 1990 devido à crescente demanda por frutos nos mercados nacional e internacional (Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil, 2023). Desde então, melhorar as características agrônômicas da acerola tem sido uma prioridade para pesquisadores que visam superar a alta perecibilidade dos frutos, melhorar a qualidade dos frutos, aumentar o rendimento e a tolerância das plantas aos períodos de seca.

‘Junko’ é a principal variedade de acerola produzida no Vale do São Francisco (Malegori et al. 2017). Os frutos desta cultivar se diferenciam pela maior resistência a danos mecânicos, maior tempo de persistência na planta e vida pós-colheita prolongada em comparação com outras cultivares (Souza et al. 2013). Além disso, seu alto teor de vitamina C a torna uma excelente opção para a extração industrial deste composto. Esta adequação foi confirmada através da sua recomendação utilizando vários índices de seleção em frutos verdes.

O Brasil é referência na introdução de cultivares de acerola, contando com 19 cultivares lançadas tanto por entidades públicas, como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), quanto por empresas privadas (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2023). Estas cultivares não estão confinadas às fronteiras nacionais; também são disseminados para outros países, incluindo Costa Rica e Colômbia, graças aos esforços colaborativos facilitados pelos Ministérios da Agricultura das respectivas nações (Calvo Villegas e Segreda Rodríguez 2016; Aguilera-Arango et al. 2020).

Apesar da ampla disponibilidade, há uma adoção limitada de cultivares com relação sólidos solúveis/acidez titulável desejável para o consumo *in natura* entre os produtores de acerola. Lançada em 2004 pela Embrapa, a ‘BRS Rubra’ foi uma das primeiras cultivares brasileiras com uma atraente alta relação açúcar/ácido e sabor de maçã dos frutos. Em estudos anteriores, esta cultivar destacou-se para consumo *in natura*, quando comparada com outras cultivares (Mamede et al. 2009; Ferreira et al. 2022). Além disso, a ‘BRS Rubra’ é altamente recomendada para produção em sistema orgânico, por ser resistente às principais doenças foliares da acerola (Borges 2022).

A aplicação de diversos métodos de seleção garante consistência na recomendação dos melhores genótipos que apresentem os atributos de qualidade desejados nos frutos, dependendo da finalidade pretendida. Esses genótipos diferenciados podem ser utilizados pelos produtores como alternativa para a diversificação de cultivares já plantadas na região, bem como possíveis genitores em programas de melhoramento, visando melhorar os atributos físicos e químicos da espécie. Isto encerra um potencial significativo para a eventual recomendação de uma nova cultivar de acerola no mercado.

5. CONCLUSÃO

Os quatro índices de seleção (índice clássico de Smith e Hazel, índice de base de William, índice de soma de postos de Mulamba e Mock e índice de distância genótipo-ideótipo) classificaram consistentemente os genótipos de acerola, facilitando a identificação de genótipos com base em múltiplas características desejadas para diversos fins.

Doze genótipos (Flor Branca, IARP 01, ALHA 03, ACO 10, Junko, Natália, LAG 04, Lígia, Luisa, LAG 05, Costa Rica e BV 01) se destacaram pela extração de vitamina C na maturação verde.

Onze genótipos (Manoela, IARP 01, Okinawa, LAG 04, Costa Rica, Clone 71/2, ACO 05, ACO 14, LAG 01, BRS Rubra e MAR 10) se destacaram para consumo *in natura* na maturação vermelha.

Costa Rica, IARP 01 e LAG 04 foram selecionados como genótipos de duplo propósito, destinados tanto ao consumo *in natura*, quanto à extração de vitamina C.

6. REFERÊNCIAS

Adriano E, Leonel S (2012) Fenologia da aceroleira cv. Olivier em Junqueirópolis-SP. **Rev Bras Frutic** 34:469–474. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452012000200020>

Aguilera-Arango GA, Aparicio JMDT, Rodriguez JOO (2020) Acerola (*Malpighia emarginata* DC): Fruta promissoria con posibilidades de cultivo en Colombia. Una revisión. **Rev AIA** 24:7–22.

Alkimim ER, Caixeta ET, Sousa TV, Gois IB, Silva FL, Sakiyama NS, Resende MDV (2021) Designing the best breeding strategy for *Coffea canephora*: Genetic evaluation of pure and hybrid individuals aiming to select for productivity and disease resistance traits. **PLoS ONE** 16:e0260997. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260997>

Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM, Sparovek G (2013) Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22:711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

Alves Filho EG, Silva LMA, Ribeiro PRV, Brito ES, Zocolo GJ, Souza-Leão PC, Canuto KM (2019) ¹H NMR and LC-MS-based metabolomic approach for evaluation of the seasonality and viticultural practices in wines from São Francisco River Valley, a Brazilian semi-arid region. **Food Chem** 289:558–567. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.103>

Baker RJ (2020). Selection indices in plant breeding. **CRC Press**, Boca Raton

Barth E, de Resende JTV, Mariguele KH, de Resende MDV, da Silva ALBR, Ru S (2022) Multivariate analysis methods improve the selection of strawberry genotypes with low cold requirement. **Sci Rep** 12:11458. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-15688-4>

Bohra P, Waman AA, Ravi KD (2023) Morphological and biochemical attributes of potted acerola as affected by shade conditions. **Erwerbs-Obstbau** 65:1811–1817. <https://doi.org/10.1007/s10341-023-00916-6>

Borges AL (2022). Boas práticas agrícolas para produção orgânica de acerola. **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, Cruz das Almas

Brazilian Confederation of Agriculture and Livestock (2022) Learn more about acerola, the Brazilian queen of vitamin C. **CNA**. <https://brazilianfarmers.com/news/learn-more-about-acerola-the-brazilian-queen-of-vitamin-c> Accessed 5 December 2023

Brazilian Institute of Geography and Statistics. Censo Agro (2017) IBGE. <https://censoagro2017.ibge.gov.br/> Accessed 30 November 2023.

Calvo Villegas I, Segreda Rodríguez AC (2016) La acerola (*Malpighia emarginata*) en Costa Rica – aspectos del cultivo e industrialización. **INTA**, San José

Carvalho JN, Carvalho PA, Pio R, Barbosa MAG, Leão PCDS (2023) Multitrait selection in seedless grape hybrids in semiarid regions of Brazil. **Sci J Crop Sci** 63:2091–2102. <https://doi.org/10.1002/csc2.20990>

Costa CSR, Lima MAC, Lima Neto FP, Costa AES, Vilvert JC, Martins LSS, Musser RS (2023) Genetic parameters and selection of mango genotypes using the FAI-BLUP multitrait index. **Sci Hortic** 317:112049. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112049>

Cruz CD (2006) Programa GENES: biometria. **UFV**, Viçosa

Cruz CD, Regazzi AJ, Carneiro PCS (2006) Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 4th ed. **UFV**, Viçosa

Cruz CD (2016). Genes Software-extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Sci Agron** 38:547–552. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v38i4.32629>

Dalbosco EZ, Krause W, Neves LG, Araújo DV, Hiega KM, Silva CG (2018) Parametric and non-parametric indexes applied in the selection of sour passion fruit progenies. **Rev Bras Frutic** 40:e282. <http://doi.org/10.1590/0100-29452018282>

Farinelli D, Portarena S, Silva DF, Traini C, Silva GM, Silva EC, Villa F (2021) Variability of fruit quality among 103 acerola (*Malpighia emarginata* DC) phenotypes from the subtropical region of Brazil. **J Agric Sci** 11:1078. <https://doi.org/10.3390/agriculture11111078>

Ferreira IC, Silva VP, Vilvert JC, Souza FF, Freitas ST, Lima MS (2021) Brazilian varieties of acerola (*Malpighia emarginata* DC.) produced under tropical semi-arid conditions: Bioactive phenolic compounds, sugars, organic acids, and antioxidant capacity. **J Food Biochem** 45:e13829. <https://10.1111/jfbc.13829>

Ferreira MAR, Vilvert JC, Silva BOS, Ferreira IC, Souza FF, Freitas ST (2022) Multivariate selection index of acerola genotypes for fresh consumption based on fruit physicochemical attributes. **Euphytica** 218:25. <https://10.1007/s10681-022-02978-1>

Hamblin J, Zimmermann MJDO (1986) Breeding common bean for yield in mixtures. **Plant Breed Rev** 4:245–272. <https://doi.org/10.1002/9781118061015.ch8>

Hazel LN (1943). The genetic basis for constructing selection indexes. **Genetics** 28:476–490. <https://doi.org/10.1093/genetics/28.6.476>

Huang J, Yang J, Tang K, Yang T, Tan H (2022) A study on the factors influencing the preservation rate of ascorbic acid in acerola cherry pulp. **Food Sci** 42:e16322. <https://doi.org/10.1590/fst.16322>

Lima GS, Pinheiro FWA, Gheyi HR, Soares LAA, Silva SS (2020) Growth and post-harvest fruit quality of West Indian cherry under saline water irrigation and

potassium fertilization. **Rev Caatinga** 33:775–784. <https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33n321rc>

Macedo JJ, Sanches AG, Rabelo MC, Lopes MM, Freitas VS, Silveira AG, Miranda MRA (2023) Pulsed light influences several metabolic routes, delaying ripening and improving the postharvest quality of acerola. **Sci Hortic** 307:111505. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111505>

Malegori C, Grassi S, Marques EJM, Freitas ST, Casiraghi E (2016) Vitamin C distribution in acerola fruit by near infrared hyperspectral imaging. **J Spectral Imaging** 5:6. <https://doi.org/10.1255/jsi.2016.a6>

Malegori C, Marques EJM, Freitas ST, Pimentel MF, Pasquini C, Casiraghi E (2017) Comparing the analytical performances of Micro-NIR and FT-NIR spectrometers in the evaluation of acerola fruit quality, using PLS and SVM regression algorithms. **Talanta** 165:112–116. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2016.12.035>

Mamede MEO, Miranda MPS, Ritzinger R, Godoy RCB, Velozo ES (2009) Physico-chemical and sensorial evaluation of new varieties of acerola. **Brit Food J** 111:387–395. <https://doi.org/10.1108/00070700910951867>

Mangiafico SS (2016). Summary and analysis of extension program evaluation in R, version 1.20.01. **Rutgers Cooperative Extension**, New Brunswick

Ministry of Agriculture, Livestock and Food Supply. Registro Nacional de Cultivares. **MAPA**. https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php
Accessed 28 February 2024

Miskinis RAS, Nascimento LÁ, Colussi R (2023) Bioactive compounds from acerola pomace: A review. **Food Chem** 404:134613. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134613>

Montgomery DC, Peck EA, Vining GG (2021). Introduction to linear regression analysis. **John Wiley & Sons**, Hoboken

Moura CF, Oliveira LS, Souza KO, Franca LG, Ribeiro LB, Souza PA, Miranda MRA (2018) Acerola-*Malpighia emarginata*. In: Rodrigues S, Silva EO, Brito ES (ed) Exotic fruits. **Academic Press**, New York, pp. 7–14

Mulamba NN, Mock JJ (1978) Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egypt J Genet Cytol** 7:40–51.

Pathare PB, Opara UL, Al-Said FAJ (2013) Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. **Food Bioprocess Technol** 6:36–60. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0867-9>

Pereira Miranda D, Ramos HCC, Santa-Catarina R, Vettorazzi JCF, Santana JGS, Poltronieri TPS, Pereira MG (2022) Topcross hybrids in papaya (*Carica papaya* L.): evaluation of the potential for increasing fruit quality in new cultivars.

Pinheiro J (2022). nlme: linear and nonlinear mixed effects models - R project. CRAN. <https://cran.r-project.org/web/packages/nlme/nlme.pdf> Accessed 18 September 2023

Poletto P, Álvarez-Rivera G, López GD, Borges OM, Mendiola JA, Ibáñez E, Cifuentes A (2021) Recovery of ascorbic acid, phenolic compounds and carotenoids from acerola by-products: An opportunity for their valorization. **LWT** 146:111654. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111654>

Prakash A, Baskaran R (2018) Acerola, an untapped functional superfruit: a review on latest frontiers. **Food Sci Technol** 55:3373–3384. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3309-5>

Resende MDV (2002) Genética Biométrica e Estatística no Melhoramento de Plantas Perenes. **Embrapa**, Brasília

Resende MDV (2016) Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. **Crop Breed Appl Biot** 16:330–339. <https://doi.org/10.1590/1984-70332016v16n4a49>

Ribeiro BS, Freitas ST (2020) Maturity stage at harvest and storage temperature to maintain postharvest quality of acerola fruit. **Sci Hortic** 260:108901. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108901>

Ritzinger R, Ritzinger CHSP, Fonseca N, Machado CDF (2018) Advances in the propagation of acerola. **Rev Bras Frutic** 40:928. <https://doi.org/10.1590/0100-29452018928>

Santos HG, Jacomine PKT, Anjos LHC, Oliveira VA, Lumbreras JF, Cunha TJF (2018) Brazilian Soil Classification System. 5th ed. **Embrapa**, Brasília

Santos LF, Nascimento JHB, Rodrigues AAM, Andrade Neto ER, Lima MAC (2022) Maturation and quality of ‘BRS Magna’ grapes influenced by rootstocks in rainy season. **Sci Agric** 79:e20200216. <http://doi.org/10.1590/1678-992X-2020-0216>

Smith HF (1936) A discriminant function for plant selection. **Ann Eugen** 7:240–250. <https://doi.org/10.1111/j.1469-1809.1936.tb02143.x>

Souza FF, Deon MD, Cunha e Castro JM, Lima MAC, Rybka ACP, Freitas ST (2013) Principais variedades de aceroleiras cultivadas no Submédio do Vale do São Francisco. **Embrapa Semiárido**, Petrolina

Souza KO, Moura CFH, Brito ES, Miranda MRA (2014) Antioxidant compounds and total antioxidant activity in fruits of acerola from cv. Flor Branca, Florida Sweet and BRS 366. **Rev Bras Frutic** 36:294–304. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-410/13>

Strohecker R, Henning HM (1967) Análises de vitaminas: métodos comprovados. **Madrid**, Paz Montolvo

Tiwari DN, Tripathi SR, Tripathi MP, Khatri N, Bastola BR (2019) Genetic variability and correlation coefficients of major traits in early maturing rice under rainfed lowland environments of Nepal. **Adv Agric** 2019:5975901. <https://doi.org/10.1155/2019/5975901>

Valadares NR, Fernandes ACG, Rodrigues CHO, Brito OG, Gomes LSP, Magalhães JR, Azevedo AM (2022) Bayesian approach to estimate genetic parameters and selection of sweet potato half-sib progenies. **Sci. Hortic** 294:110759. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110759>

Vilvert JC, Freitas ST, Santos LF, Ribeiro TS, Veloso CM (2023) Phenolic compounds in acerola fruit and by-products: an overview on identification, quantification, influencing factors, and biological properties. **J Food Meas Charact** 2023. <http://doi.org/10.1007/s11694-023-02175-1>

Vilvert JC, Freitas ST, Ferreira IC, Ferreira MAR, Souza FF, Veloso CM (2024a) Bayesian and classical approaches for the estimation of genetic parameters and coefficients of repeatability of acerola quality traits. **Acta Sci Agron** 46:e64573. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v46i1.64573>

Vilvert JC, Freitas ST, Veloso CM, Amaral CLF (2024b) Genetic diversity on acerola quality: a systematic review. **Braz Arch Biol Techn** 67:24220490. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2024220490>

Williams J (1962) The evaluation of a selection index. **Biometrics** 18:375–393. <https://doi.org/10.2307/2527479>

CAPITULO III: ATIVIDADE ANTIOXIDANTE TOTAL EM FRUTOS DE CLONES DE ACEROLEIRA (MALPIGHIA EMARGINATA) SELECIONADOS PARA CONSUMO IN NATURA E PROCESSAMENTO INDUSTRIAL

RESUMO: A avaliação do potencial químico de acerolas oriundas de plantas selecionadas com melhor potencial para consumo *in natura* e processamento industrial, pelo programa de melhoramento genético da Embrapa Semiárido, visa atingir um novo patamar de qualidade e conseqüentemente o aumento do valor econômico do produto. Com isso, objetivou-se com este trabalho caracterizar quimicamente frutos de clones de aceroleira quanto a sua atividade antioxidante total (ATT). Os frutos foram provenientes do campo experimental do Bebedouro, pertencente a Embrapa Semiárido, no qual são produzidos sob irrigação, em clima semiárido. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com três repetições. Foram avaliados 23 clones. Os clones BRS Rubra, Manoela, Mar10, Clone71/2, Okinawa, Costa Rica, Iapar01, Aco14, Aco05, Lag01 e Lag04 foram avaliados no estágio maduro, caracterizado pela coloração vermelha da casca. Os clones BV01, Lídia, Natália, Luísa, Junko, Flor Branca, Costa Rica, Iapar01, Alha 03, Aco10, Lag05 e Lag04 foram avaliados no estágio verde, caracterizado pelo tamanho grande e coloração verde da casca. As análises foram realizadas em dois ciclos de produção de janeiro a abril 2023 e setembro a novembro 2023. Em cada ciclo, os frutos foram avaliados para os teores de compostos fenólicos totais (CFT) e atividade antioxidante total (AAT) em ambos os estágios de maturação, assim como para os teores de antocianinas totais e flavonoides amarelos em frutos maduros. Em frutos vermelhos, os genótipos BRS Rubra, Costa Rica, Clone 71/2, Aco 14, Okinawa obtiveram maiores teores de antocianinas no segundo semestre de 2023, quanto aos flavonoides amarelos, os genótipos Aco 14 e Aco 05 genótipos de casca amarela, tiveram bom desempenho no primeiro e segundo semestre de 2023. Os CFT não apresentaram diferença significativa entre genótipos para frutos verdes, somente para os frutos maduros. A atividade antioxidante total nos frutos verdes teve melhor desempenho pela captura pelo método ABTS, sendo influenciada pelo genótipo e pelo ciclo de produção. Os genótipos BRS Rubra, Costa Rica e Okinawa mostraram que além do seu potencial para consumo *in natura* e extração de ácido ascórbico, podem ser explorados para finalidade nutracêuticas em ambos os estágios de maturação em colheitas distintas no mesmo ano. Este

estudo mostrou que as propriedades bioativas da acerola são altamente dependentes do genótipo, em decorrência da sua alta variabilidade genética.

Palavras-chave: acerola, fitoquímico, qualidade, compostos bioativos, atividade antioxidante total.

1. INTRODUÇÃO

A aceroleira (*Malpighia emarginata* Sessé & Moc. ex DC.) é uma planta da família Malpighiaceae, originária da América Central e região norte da América do Sul, a qual foi introduzida no Brasil no século passado. Atualmente, o Brasil é o maior produtor e exportador mundial da cultura (Dala-Paula 2019). A acerola é conhecida principalmente como um dos frutos mais ricos em ácido ascórbico (vitamina C), com teores que podem ultrapassar 4.000 mg/100 g, equivalente a 100 vezes a quantidade encontrada no limão e na laranja (Prakash e Baskaran 2018; Huang et al. 2022).

O potencial biológico do ácido ascórbico na acerola já é algo conhecido dos mercados interno e externo e tem sido amplamente explorado pela indústria alimentícia e farmacêutica. Porém, outras substâncias com propriedades nutracêuticas também são encontradas na acerola como vitaminas do complexo B (tiamina, riboflavina, niacina, ácido pantotênico), provitamina A, cálcio, ferro, magnésio, além de outros compostos bioativos com capacidade antioxidantes como carotenoides (neoxantina, violaxantina, luteína, β -criptoxantina, α -caroteno e, principalmente, β -caroteno), antocianinas (principalmente derivadas da cianidina e pelargonidina) e substâncias fenólicas (Paiva et al. 2002).

Alguns estudos recentes realizaram o levantamento da presença dos grupamentos fitoquímicos mais abundantes e promissores presentes em acerola, os compostos fenólicos, onde foram constatados mais de setenta compostos em acerola (Vilvert et al. 2023). Os compostos fenólicos como flavonóides, ácidos fenólicos e estilbenos são os principais responsáveis pela alta atividade antioxidante das acerolas. Esses compostos podem ajudar a reduzir os danos oxidativos dos radicais livres ao corpo humano e fortalecer o sistema imunológico (Souza et al. 2014). Portanto, o consumo de acerolas surge como excelente fonte de antioxidantes naturais, sendo eficaz e econômico.

Nos últimos anos, a procura global por frutas e vegetais tem aumentado, como resultado de comportamentos alimentares e estilos de vida mais saudáveis por parte dos consumidores, uma vez que o seu consumo tem sido associado a uma menor incidência de mortalidade causada por doenças crônicas não transmissíveis (Mariano-Nasser et al. 2017).

Apesar do seu alto perfil nutricional e de haver uma busca por alimentos funcionais, a acerola ainda é subutilizada mundialmente e as informações relacionadas aos compostos bioativos e aos fatores que influenciam a síntese desses compostos ainda são escassas (Vilvert et al. 2023). A exploração desses outros fitoquímicos nos frutos por meio da indústria de processamento ainda é muito limitada, o que faz com que produtores e consumidores não tenham conhecimento dessa realidade da riqueza nutricional de acerola, a qual vai além do potencial para extração de ácido ascórbico (Poletto et al. 2021).

Considerando que hoje existam produtos comerciais contendo acerola sendo utilizados como suplementos dietéticos para aumentar a resposta imunológica, o potencial antioxidante e para necessidades nutricionais (Chang et al. 2019) e tendo em vista a extrema importância desses fitoquímicos para a saúde humana, a acerola é uma boa candidata para o desenvolvimento de novos alimentos funcionais com efeitos promissores na saúde humana (Seraglio et al. 2018).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi caracterizar os frutos dos genótipos de aceroleira do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Semiárido em relação seu potencial antioxidante devido à presença de compostos fenólicos totais. Estas informações serão fundamentais para o programa de melhoramento genético da cultura selecionar genótipos com características nutracêuticas superiores para o mercado *in natura* e de processamento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Genótipos e condições de cultivo

Os vinte e três genótipos de acerola com características atrativas ao consumo *in natura* e ao processamento selecionados no capítulo I foram direcionados para este trabalho (anexo 2), no qual também pertencem ao Banco Ativo de Germoplasma de Acerola (BAG) da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, Brasil (09°09' S, 40°22' O e 365 m de altitude). O clima da região é classificado como semiárido (BSh), de acordo com a classificação de Köppen, com temperatura anual média de 26 °C, precipitação anual de 500 mm e umidade relativa de 66%. As plantas foram irrigadas diariamente, e a quantidade de água aplicada foi determinada de acordo com a evapotranspiração da cultura. Os tratos culturais e o manejo fitossanitário foram conduzidos de acordo com as recomendações técnicas (Ritzinger, Kobayashi e Oliveira, 2003).

Tabela 1. Dados climáticos tomados na estação meteorológica do campo experimental de Bebedouro, em Petrolina-PE, referentes aos dois ciclos produtivos do ano de 2023.

Período (mês/ano)	T (°C)			UR %			Rg (MJ/m ²)
	Max.	Med.	Mín.	Max.	Med.	Min.	
Ciclo de produção de janeiro a abril de 2023							
Jan/23	33,53	26,37	21,31	93,86	73,18	44,16	20,79
Fev/23	35,57	28,3	22,63	85,16	60,41	34,31	21,45
Mar/23	34,14	27,42	22,21	87,89	66,72	40,91	18,85
Abr/23	34,15	26,78	21,39	93,94	71,84	41,73	19,73
Média	34,23	27,18	21,85	90,51	66,06	40,39	20,3
Ciclo de produção de setembro a novembro de 2023							
Set/23	34,94	27,44	21,02	83,88	55,93	30,35	22,7
Out/23	36,45	28,58	21,78	78,74	51,14	26,3	26,08
Nov/23	36,27	28,88	22,88	83,08	55,93	32,08	24,35
Média	35,89	28,3	21,89	81,48	55,02	29,54	24,39

T. Méd. = Temperatura média; T. Máx. = Temperatura máxima; T. Mín. = Temperatura mínima; UR. Méd. = Umidade relativa do ar média; UR. Máx. = Umidade relativa do ar máxima; UR. Mín. = Umidade relativa do ar mínima; Rg. = Radiação solar global. Fonte: Estação Agrometeorológica de Bebedouro, Petrolina, PE (EMBRAPA SEMIÁRIDO, 2023).

Os vinte e três genótipos (anexo 2), foram colhidos no primeiro semestre de 2023 (ciclo de produção de 12 de janeiro a 19 de abril de 2023) e segundo semestre de 2023 (ciclo de produção de 17 de setembro a 27 de novembro de

2023). Foi feita a colheita de 500 gramas de frutos, após isso os mesmos foram transportados para o Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-colheita da Embrapa Semiárido, no qual os frutos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizados, com três repetições, e posteriormente submetidos às análises de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante, conforme descrito abaixo.

2.2 Determinação de compostos fenólicos totais (CFT)

Os CFTs foram determinados com uso do reagente de Folin-Ciocalteu, utilizando uma curva padrão de ácido gálico como referência, conforme descrito por Larrauri et al. (1997). A extração foi realizada usando 2 g da polpa de acerola. Foi adicionado 20 mL de solução de metanol 50% (primeira solução extratora), homogeneizando e deixando em repouso por 1 hora para extração. Logo em seguida, a mistura foi centrifugada a 15.000 rpm por 15 minutos. Após a centrifugação, o sobrenadante obtido foi filtrado e colocado em um balão de 100mL protegido da luz. O precipitado foi dissolvido em uma solução de acetona 70% (segunda solução extratora), ficando em repouso por mais 1 hora. Logo em seguida essa mistura foi centrifugada a 15.000 rpm por 15 minutos. O segundo sobrenadante obtido foi misturado ao primeiro no mesmo balão de 100mL, aferindo com água destilada, obtendo assim o extrato para determinação dos compostos fenólicos totais. A determinação foi realizada usando alíquotas de 0,1mL do extrato (CFT), 0,9mL de água destilada, 1mL do reagente Folin-Ciocalteu, 2mL de NaCO₃ 20% e 2mL de água destilada em tubos de ensaio, sendo em seguida homogeneizados e deixados em repouso por 30 minutos. Depois de decorrido o tempo, a leitura foi realizada em espectrofotômetro, usando a curva padrão de ácido gálico e os resultados expressos em mg de ácido gálico/100g de polpa.

2.3 Determinação da atividade antioxidante total (AAT)

Foram selecionados dois métodos usuais para determinação da AAT: ABTS e DPPH. A atividade antioxidante determinada pelo método de captura do radical livre ABTS (2,2'-azino-bis 3-etilbenzeno-tiazolína-6-ácido sulfônico) seguiu a metodologia descrita por Miller et al. (1993), com adaptações feitas por Rufino et al. (2007), pela reação do radical em concentração de 7 mm, com

persulfato de potássio. Após o preparo e descanso por 16 horas, o mesmo foi diluído em álcool etílico para obtenção de um valor de absorvância entre 0,695 a 0,705, em leituras a 734 nm, em espectrofotômetro UV-Vis. O valor final foi expresso em $\mu\text{M trolox.g}^{-1}$.

A atividade antioxidante, determinada pelo método de captura do radical livre DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazila), seguiu a metodologia descrita por Sanchez-Moreno et al. (1998), com as adaptações feitas por Rufino et al. (2007). Foram transferidas alíquotas de 0,1 mL de cada diluição do extrato para tubos de ensaio com 3,9 mL do radical, além da utilização de 0,1 mL da solução controle. As leituras foram realizadas, em espectrofotômetro UV-Vis, a 515 nm. Para ambos os métodos, as determinações foram realizadas no mesmo extrato obtido para a quantificação dos polifenóis extraíveis totais.

2.4 Determinação de antocianinas totais (ANT) e flavonoides amarelos (FLA)

As antocianinas totais e os flavonoides amarelos foram avaliados nos frutos maduros segundo Francis (1982). Foi pesado 1 g da polpa em um recipiente de aço inox, usando balança analítica. Em seguida foi adicionado 30mL da solução extratora etanol (95%) - HCl (1,5N) na proporção 85:15.

As amostras foram homogeneizadas em um homogeneizador de tecidos tipo "Turrax" por 2 minutos na velocidade 5 rpm. Logo após, o conteúdo foi transferido diretamente para um balão volumétrico de 50 mL ao abrigo da luz, aferido com a solução extratora, homogeneizado e armazenado em frasco âmbar, o qual ficou em repouso por uma noite em refrigeração. No dia seguinte, o material foi filtrado em um Béquer de 50mL protegido da luz. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro, no comprimento de onda igual a 535nm para antocianinas e 374nm para flavonoides amarelos. Os resultados foram expressos em mg/100g, através das seguintes fórmulas:

- Antocianinas totais = Absorvância x fator de diluição/98,2
- Flavonoides amarelos = Absorvância x fator de diluição/76,6

2.5 Análises estatísticas

A distribuição dos dados foi avaliada quanto à normalidade pelo teste

de W de Shapiro-Wilk e, observando-se este critério, submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$) e os valores médios para os tratamentos individualmente e para os desdobramentos das interações comparados pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), utilizando o programa estatístico SISVAR versão 5,6 (Lavras, MG, Brasil).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de ANT nos frutos maduros apresentaram amplitude entre 13 mg/100g (AC014) e 21,8mg/100g (Iapar01) de antocianinas no primeiro semestre de 2023, e 14,7 mg/100g (Clone71/2) a 25,4 mg/100g (BRS Rubra), no segundo semestre de 2023 (Tabela 2).

Tabela 2. Teores de antocianinas totais (ANT), flavonoides amarelos (FLA) em acerolas (*Malpighia emarginata*) maduras e verdes, em dois ciclos de produção.

Genótipo	ANT (mg·100 g ⁻¹)		FLA (mg 100 g ⁻¹)	
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 1	Ciclo 2
BRS Rubra	18,3Bab	25,4Aa	4,3Ade	2,6Bg
Aco 05	14,4Abc	14,8Ad	5,5Bc	7,7Ab
Costa Rica	13,4Bc	22,3Aab	6,7Ab	5,9Bcd
Manoela	21,3Aa	21,6Aabc	4,9Acd	4,8Aef
Clone 71/2	19,6Aa	22,7Bd	3,8Bef	5,4Aa
Aco 14	13,00Bc	14,7Aab	8,8Aa	9,8Bde
Mar 10	20,7Aa	20,7Abc	4,4Bde	6,3Ac
Okinawa	18,7Ba	21,6Aabc	5,3Ac	4,4Bf
Lag 01	18,9Aa	19,2Abc	3,4Bf	5,4Adf
Lag 04	20,2Ba	23,2Aab	4,4Ade	4,5Af
Iapar 01	21,8Aa	21,6Aabc	3,5Bf	5,7Acd

*Médias seguidas, na mesma coluna, pela mesma letra minúscula, comparando os genótipos, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Médias seguidas, na linha, pela mesma letra maiúscula, comparando a interação do genótipo em de cada ciclo de produção, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

As antocianinas são conhecidas por serem uma classe de flavonóides importantes responsáveis pelo desenvolvimento da cor vermelha na acerola madura. Na verdade, estudos demonstraram que o amadurecimento está associado ao aumento da síntese e concentração de antocianinas na fruta acerola (Oliveira et al. 2012; Vasavilbazo-Saucedo et al. 2018; Xu et al. 2020).

Na referida pesquisa, os teores de antocianinas foram estatisticamente diferentes entre os genótipos. Os genótipos “BRS Rubra”, Costa Rica, Clone 71/2, Okinawa e Lag 04, apresentaram maiores teores de antocianinas no segundo semestre de 2023.

A Okinawa está entre as primeiras variedades propagadas vegetativamente pelo o nordeste brasileiro (Ritzinger; Ritzinger 2011). Seguida

pela “BRS Rubra” essas variedades estão entre as mais adequadas para uso *in natura*, e também para o processamento em polpa e suco e extração de ácido ascórbico (Ritzinger, 2018). No referido trabalho esses genótipos se mostraram mais promissores a teores de antocianinas mais elevados no segundo semestre de 2023. Reafirmando a sua adaptabilidade as condições edafoclimáticas, na região do submédio do Vale do São Francisco.

A “BRS Rubra” foi lançada em 2004 pela Embrapa, e foi uma das primeiras cultivares brasileiras com uma atraente alta relação pras características desejáveis ao consumo *in natura*. E em estudos anteriores, esta cultivar destacou-se para essa finalidade, quando comparada com outras cultivares (Mamede et al. 2009; Ferreira et al. 2022). A ‘BRS Rubra’ também vêm sendo explorada em outras possibilidades além de suas características físico-químicas dos frutos, sabendo-se também que ela é altamente recomendada para produção em sistema orgânico, por ser resistente às principais doenças foliares da acerola (Borges 2022).

A utilização de antocianinas de frutas para realçar e dar cor aos produtos alimentícios tem sido crescente, uma vez que ingredientes naturais são associados pelos consumidores a benefícios à saúde e melhoria na qualidade de vida, em contraste com as críticas aos corantes sintéticos e sua insegurança para a saúde humana (Rodríguez-Mena et al. 2023)

Os teores de FLA mostraram amplitude entre 3,5 mg/100g (Iapar01) a 8,8 mg/100g (Aco14), no primeiro semestre de 2023, e 2,6 mg/100g (BRS Rubra) a 9,8 mg/100g (Aco 14), no segundo semestre de 2023 (Tabela 2).

Na referida pesquisa, os teores de flavonóides amarelos foram estatisticamente diferentes entre os genótipos. Os genótipos “BRS Rubra”, Aco 05, Costa Rica, Clone 71/2, Aco 14, Mar 10, Okinawa, Lag 010, Iapar 01 apresentaram maiores teores de flavonóides amarelos no segundo semestre de 2023.

Os flavonóides são geralmente a principal classe de compostos fenólicos em acerolas no estágio de maturação verde, quando as antocianinas estão ausentes, são geralmente incolores ou amarelo pálido (Panche et al. 2016). Essa classe tem menor participação na composição fenólica das acerolas do que outras classes de flavonóides (Prakash e Baskaran 2018).

Na referida pesquisa, entre os onze genótipos avaliados, nove possuíam coloração casca vermelha e dois sendo genótipos de coloração de casca

amarela sendo o genótipo (Aco 14 e Aco 05), anexo 2. Esses genótipos (Aco 14 e Aco 05) mostraram um bom desempenho quanto aos teores de flavonoides amarelos nos dois ciclos de produção no ano de 2023.

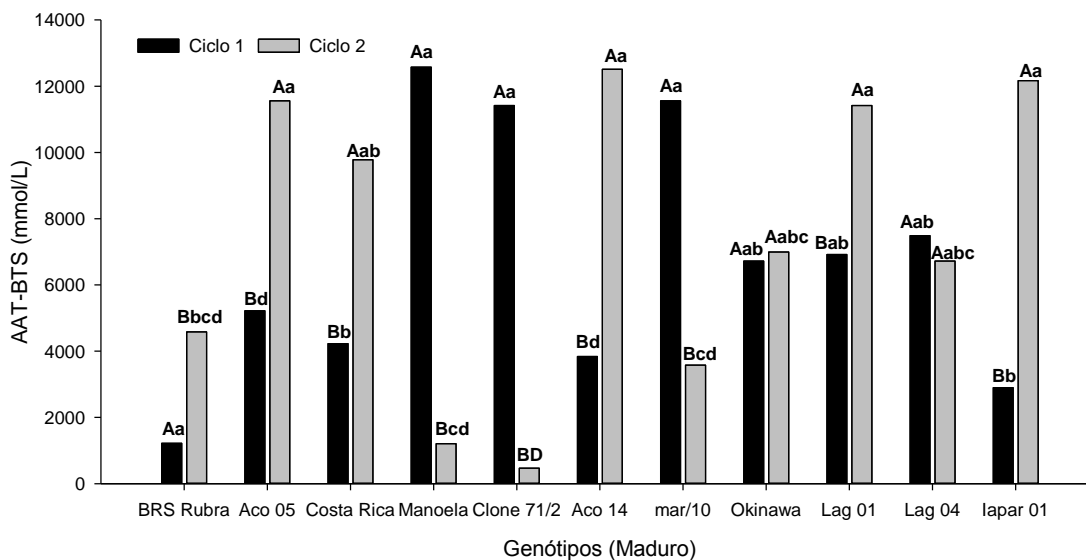


Figura 1 (A). Capacidade antioxidante de frutos maduros (ABTS) de diferentes genótipos, capacidade antioxidante equivalente a (mmol/L).

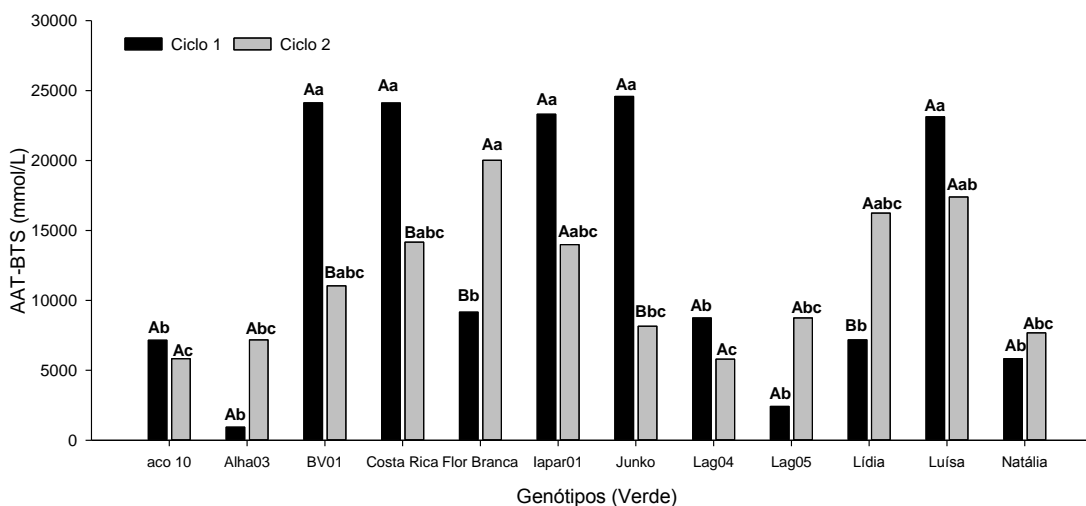


Figura 1 (B). Capacidade antioxidante de frutos verdes (ABTS) de diferentes genótipos, capacidade antioxidante equivalente a (mmol/L)

A AAT, determinada pelos métodos de captura dos radicais livres ABTS, apresentou uma amplitude de 468,8 (Clone 71/2) e 9159,8 (Costa Rica) (mmol/L) ABTS, e 11416,8 (Lag01), e 6997,9 (Okinawa) na primeira e segunda safra de 2023, respectivamente, para os frutos maduros (Figura 1 A). Quanto

para os frutos verdes, houve amplitude entre 937,6(Alha 03) e 9159,6 (Flor Branca) e 7175 (Alha 03), e 8740,6 (Lag05), na primeira e segunda safra de 2023 respectivamente, (Figura 1 B).

A atividade antioxidante é a propriedade biológica atribuída aos fenólicos do fruto e subprodutos da acerola mais avaliada, sabe-se que a acerola é rica em vários compostos bioativos com propriedades antioxidantes (Granato et al. 2018).

A atividade antioxidante total é uma estratégia de análise que pode ser utilizada para estimar as propriedades bioativas da acerola (Mezadri et al. 2008; Nascimento et al. 2018; Oliveira et al. 2012; Xu et al. 2020).

No referido trabalho, a atividade antioxidante total dos genótipos de acerola foi determinada por métodos de eliminação de radicais DPPH e ABTS. Destacando que não houve significância pelo método de DPPH, havendo significância somente pelo método ABTS demonstrado pelas figuras 1 A e 1B .

No estudo de Xu et al. (2020) a AAT de acerolas maduras foi de cerca de 70 mmol pelo método ABTS. Trazendo que a AAT das acerolas verdes é superior a AAT das acerolas maduras, o que é explicado principalmente pelo maior teor de ácido ascórbico em frutos verdes (Cruz et al. 2019; Xu et al. 2020).

No presente estudo, os valores de AAT obtidos nos genótipos de acerola foram superiores aos relatados em outros estudos, demonstrando que esses genótipos também apresentam propriedades nutracêuticas superiores. Esses resultados são explicados pelo fato de os programas de melhoramento de acerola no Brasil estarem focados no desenvolvimento de novas variedades com maiores compostos bioativos e propriedades nutracêuticas (Ritzinger et al. 2018).

Tabela 3. Compostos fenólicos totais (CFT), em acerolas (*Malpighia emarginata*) maduras.

GENÓTIPO	CFT (mg de ácido gálico·100 g)
ACO14	3592,7a
ACO05	3271,4bc
CLONE71/2	3635,5a
COSTA RICA	2454,6c
IAPAR01	3568,8a
LAG01	3571,5a
LAG04	3473,5ab
MANOELA	3557,2a
MAR10	3541,2abc
OKINAWA	3460,2abc
BRS RUBRA	3443,2abc

*Médias seguidas, na mesma coluna, pela mesma letra minúscula, comparando os genótipos, não diferem entre si pelo teste de Tukey($p \leq 0,05$).

Os teores de CFT apresentaram amplitude entre 2456,6 (Costa Rica) e 3568,8 (Iapar01) mg de ácido gálico/100g (Tabela 3).

O papel nutracêutico dos compostos fenólicos está relacionado à capacidade dessas substâncias em neutralizar os radicais livres e reduzir os danos oxidativos no organismo, o que poderia desencadear processos degenerativos e patológicos em humanos (Granato et al. 2018).

Pesquisas desenvolvidas utilizando o reativo Folin-Ciocalteu para determinação dos teores de compostos fenólicos relataram que Melo et al. (2008) encontraram valores de $4.962,0 \pm 65,57$ mg de ácido gálico 100 g⁻¹ de polpa; Rufino et al. (2009) citaram valores de $1.063,3 \pm 53$, Freire et al. (2013) encontraram $1.489,0 \pm 100,01$ e Paz et al. (2015) relataram 12.466 mg de ácido gálico 100 g⁻¹ com base no peso seco. Segundo Menichini et al. (2009), o genótipo é um dos fatores que influencia a quantidade de fitoquímicos no material vegetal.

No referido estudo, os teores de CFT foram estatisticamente diferentes entre os genótipos de acerola. Considerando que todos os genótipos foram cultivados nas mesmas condições ambientais, as diferenças observadas possivelmente se devem à variabilidade genética entre os genótipos.

As diferenças no perfil fenólico entre os genótipos de acerola têm sido atribuídas principalmente à diversidade genética, bem como às condições ambientais (Hanamura et al., 2008; Xu et al., 2020). Em geral, há um número limitado de estudos analisando compostos fenólicos totais em genótipos de

acerola. Considerando a grande diversidade de genótipos e condições de cultivo de acerola (Ritzinger et al., 2018), estudos futuros devem ser realizados para melhor compreender os compostos fenólicos totais de diferentes genótipos cultivados em diferentes condições ambientais

4.CONCLUSÕES

Os genótipos “Brs Rubra”, Costa Rica, Clone 71/2, Aco 14, Okinawa, Lag 04 apresentaram maiores teores de antocianinas no primeiro e segundo semestre de 2023, bem como teores mais elevados de compostos fenólicos totais. Ainda, valores elevados de capacidade antioxidante foram observados nos estádios e ciclos de produção investigados.

A coloração dos genótipos Aco 14 e Aco 05 ficou evidente na potencialidade nos teores de flavonoides amarelos no primeiro e no segundo semestre de 2023.

Os genótipos "BRS Rubra", Costa Rica e Okinawa mostraram que além do seu potencial para consumo *in natura* e extração de ácido ascórbico, podem ser explorados para finalidade nutracêuticas em ambos estagio de maturação em colheitas distintas no mesmo ano.

Os ciclos de produção e os genótipos influenciou significativamente a concentração da capacidade antioxidante nos frutos de acerola.

Os teores de compostos fenólicos e capacidade antioxidante em todos os genótipos avaliados nos frutos de acerola podem ser considerados expressivos, podendo estes contribuir com a ingestão diária de antioxidante naturais.

5. REFERÊNCIAS

Borges AL (2022). Boas práticas agrícolas para produção orgânica de acerola. Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas

Cruz RG, Beney L, Gervais P, Lira SP, Vieira TMFS, Dupont S (2019). Comparison of the antioxidant property of acerola extracts with synthetic antioxidants using an in vivo method with yeasts. **Food Chemistry** 227:698–705. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.099>

Chang SK, Alasalvar C, Shahidi F (2019). Superfruits: Phytochemicals, antioxidant efficacies, and health effects - A comprehensive review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition** 59:1580–1604. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1422111>

DALA-PAULA, Bruno et al. Domestic processing and storage on the physical-chemical characteristics of acerola juice (*Malpighia glabra* L.). **Ciência e agrotecnologi**. v. 43 [accessed 8 december 2024] , 021519. Available from: <<https://doi.org/10.1590/14137054201943021519>>. Epub 20 dec 2019. Issn 1413-7054, (2019)

EMBRAPA SEMIÁRIDO, Dados meteorológicos, Disponível em: <<http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/index.php?op=dadosmet>>, Acesso em: 10 de janeiro de (2024)

Ferreira MAR, Vilvert JC, Silva BOS, Ferreira IC, Souza FF, Freitas ST (2022) Multivariate selection index of acerola genotypes for fresh consumption based on fruit physicochemical attributes. **Euphytica** 218:25. <https://10.1007/s10681-022-02978-1>

Francis FJ (1982). Analysis of anthocyanins. **New York: Academic Press** 1:181e207

Freire JM, Abreu CMP, Rocha DA, Corrêa AD, Marques NC (2013) Quantificação de compostos fenólicos e ácido ascórbico em frutos e polpas congeladas de acerola, caju, goiaba e morango. **Ciência Rural** 43: 12e2291-2295

Granato D, Putnik P, Kovacević DB, Santos JS, Calado V, Rocha S, Cruz AG, Jarvis B, Rodionova OY, Pomerantsev A (2018). Trends in chemometrics: Food authentication, microbiology, and effects of processing. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, 17:663–677. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12341>

Mamede MEO, Miranda MPS, Ritzinger R, Godoy RCB, Velozo ES (2009) Physico-chemical and sensorial evaluation of new varieties of acerola. **Brit Food J** 111:387–395. <https://doi.org/10.1108/00070700910951867>

Mariano-Nasser FDC, Nasser MD, Furlaneto KA, Ramos JA, Vieites RL, Pagliarini MK (2017). Bioactive compounds in different acerola fruit cultivares. **Semina Ci. agr** 38:4e2505-2514 DOI: 10.5433/1679-0359

Menichini F, Tundis R, Bonesi M, Loizzo M R, Conforti F, Statti G, De Cindio B, Houghton P J, Menichini F (2009) The influence of fruit ripening on the phytochemical content and biological activity of *Capsicum chinense* Jacq. cv Habanero. **Food Chemistry** 114:2e553-560

Mezadri T, Villaño D, Fernández-Pachón MS, García-Parrilla MC, Troncoso, AM (2008). Antioxidant compounds and antioxidant activity in acerola (*Malpighia emarginata* DC.) fruits and derivatives. **Journal of Food Composition and Analysis** 21:282–290. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.02.002>

Miller NJ, Diplock AT, RICE-EVANS C, Davies MJ, Gopinathan V, Milner AA (1993) Novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates, **Clinical Science** 84: 4e407-412

Larrauri JA, Rupérez P, Saura-Calixto (1997) Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels, **Food Chemistry** 45:4e1390-1393

Hanamura T, Uchida E, Aoki H (2008) Changes of the composition in acerola (*Malpighia emarginata* DC.) fruit in relation to cultivar, growing region and maturity. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 88: 1813–1820. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3285>

Huang J, Yang J, Tang K, Yang T, Tan H (2022) A study on the factors influencing the preservation rate of ascorbic acid in acerola cherry pulp. **Food Sci** 42:e16322. <https://doi.org/10.1590/fst.16322>

Oliveira LDS, Moura CFH, Brito ES, Soares RV, Miranda M R A (2012). Antioxidant metabolism during fruit development of different acerola (*Malpighia emarginata* D.C) clones. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 60: 7957–7964. <https://doi.org/10.1021/jf3005614>

Paiva J, Resende M, Cordeiro E (2002) Multi-effects index selection and parameters estimates applied to acerola plant, **Brazilian journal of food technology** 37:e799-807

Panche AN, Diwan AD, Chandra SR (2016). Flavonoids: an overview. **Journal of nutritional Science** 5:e47

Paz M, Gúllon P, Barroso MF, Carvalho AP, Domingues VF, Gomes AM, Becker H, Longhinotti E, Delerue-Matos C (2015) Brazilian fruits pulps as functional foods and additives: Evaluation of bioactive compounds. **Food Chemistry** 172: 462-468

Prakash A, Baskaran R (2018) Acerola, an untapped functional superfruit: a review on latest frontiers. **Food Sci Technol** 55:3373–3384. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3309-5>

Poletto P, Álvarez-Rivera G, López GD, Borges OM, Mendiola JA, Ibáñez E, Cifuentes A (2021) Recovery of ascorbic acid, phenolic compounds and carotenoids from acerola by-products: An opportunity for their valorization. **LWT** 146:111654. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111654>

Ritzinger R, Kobayashi AK, Oliveira JRP (2003). A cultura da aceroleira. **Embrapa Mandioca e Fruticultura**

Ritzinger R, Ritzinger CHSP (2011) Acerola. **Informe agropecuário** 32:17-25

Ritzinger R, Ritzinger CHSP, Fonseca N, Machado CF (2018). Advances in the propagation of acerola. **Revista Brasileira de Fruticultura** 40: 1–12. <https://doi.org/10.1590/0100-29452018928>

Rodríguez-Mena A, Ochoa-Martínez LA, González-Herrera SM, Rutiaga-Quiñones OM, González-Laredo RF, Olmedilla-Alonso B (2023). Natural pigments of plant origin: Classification, extraction and application in foods. **Food Chemistry** 398:133908

Rufino MSM, Alves RE, Brito ES, Morais SM, Sampaio CG, Pérez-Jiménez J, Saura-Calixto FD (2007) Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS, Fortaleza: **Embrapa Agroindústria Tropical**, 4p (Comunicado Técnico, 128)

Rufino MSM, Fernandes FAN, Alves RE, Brito ES (2009) Free radical-scavenging behaviour of some north-east Brazilian fruits in a DPPH system. **Food Chemistry** 114:2e693-695

Sánchez-Moreno C, Larrauri JA, Saura-Calixto F (1998) A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols, **Journal of the Science of Food and Agriculture** 76:2e270-276

Seraglio SKT, Schulz M, Nehring P, Della Betta F, Valesse AC, Daguer H, Costa ACO (2018). Nutritional and bioactive potential of Myrtaceae fruits during ripening. **Food chemistry** 239:649e656

Souza KO, Moura CFH, Brito ES, Miranda MRA (2014) Antioxidant compounds and total antioxidant capacity in fruits of acerola from cv. Flor Branca, Florida Sweet, and BRS 366. **Revista Brasileira de Fruticultura** 36:294–304 <https://doi.org/10.1590/0100-2945-410/13>

Vasavilbazo-Saucedo A, Abarca NA, Ocampo HAG, Reyes JAA, Valdez LSG, González AL (2018) Phytochemical characterization and antioxidant properties of the wild edible acerola *Malpighia umbellata* Rose. **Cyta-Journal of Food** 16:698–706. <https://doi.org/10.1080/19476337.2018.1475424>

Vilvert JC, Freitas ST, Santos LF, Ribeiro TS, Veloso CM (2023) Phenolic compounds in acerola fruit and by-products: an overview on identification, quantification, influencing factors, and biological properties. **J Food Meas Charact.** <http://doi.org/10.1007/s11694-023-02175-1>

Xu M, Shen C, Zheng H, Xu Y, Xue C, Zhu BH J(2020) Metabolomic analysis of acerola cherry (*Malpighia emarginata*) fruit during ripening development via UPLC-Q-TOF and contribution to the antioxidant activity. **Food Research International** 130:108915. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108915>

ANEXO 1- Material suplementar do capítulo II.

Tabela 1 Identificação de 95 acessos de aceroleira avaliados.

BRS SERTANEJA	1
BRS CABOCLA	2
BRS RUBRA	3
BRS APODI	4
BRS CEREJA	5
BRS ROXINHA	6
BRS FRUTACOR	7
BRS JABURU	8
CLONE 47	9
FLORIDA SWEET	10
BV 01	11
BV 07	12
MAR06	13
VALÉRIA	14
DOMINGA	15
LÍGIA	16
NATÁLIA	17
MANOELA	18
CAROLINA	19
NEUSA	20
LUISA	21
MAR10	22
CLONE 71/2	23
SAMURAI	24
ECLIPSE	25
"MAR07"	26
OLIVIER	27
OKINAWA	28
NIKKI	29
JUNKO	30
FLOR BRANCA	31
COSTA RICA	32
COOPAMA N1	33
"MAR03"	34
"MAR02"	35
MONAMI	36
FP19	37
MINEIRA	38
"MAR08"	39
IARP 01	40

RECI 01	41
RECI 02	42
ALHA 09	43
ALHA 03	44
ALHA 04	45
ALHA 05	46
CAMTA	47
BARBADOS	48
ALHA 06	49
CARP 01	50
CARP 02	51
"MAR09"	52
ACO 01	53
CARP 03	54
CARP 05	55
CARP 06	56
ACO 09	57
ACO 10	58
ACO 13	59
ACO 14	60
ACO 15	61
MORENA	62
"MAR10"	63
CARP 07	64
CARP 08	65
ACO 03	66
ACO 05	67
ACO 07	68
ACO 08	69
UEL 01	70
UEL 03	71
F.SXBRSCAB	72
S/ID	73
TROPICANA	74
MULATA	75
"MAR11"	76
CARP 09	77
ACO 35	78
ACO 34	79
ACO 33	80
ACO 32	81
ACO 31	82
ACO 30	83
LAG 01	84
ACO 20	85

ACO 19	86
ACO 18	87
ACO 17	88
"MAR12"	89
LAG 09	90
LAG 08	91
LAG07	92
LAG05	93
LAG04	94
LAG03	95

ANEXO 2- Material suplementar do capítulo II.

Genótipos promissores de acerola com frutos de alta qualidade identificados por quatro diferentes índices de seleção de multicaracterísticas.

Ranking	Classico	Base	Mulamba e Mock	Genotipo-ideotipo	Clássico	Base	Mulamba e Mock	Genotipo-ideotipo
	Fruta verde				Fruta madura			
	Genótipos selecionados por diferentes abordagens				Genótipos selecionados por diferentes abordagens			
1	Flor Branca	Flor Branca	Flor Branca	Flor Branca	Manoela	Manoela	Manoela	Manoela
2	IARP 01	IARP 01	ALHA 03	ALHA 03	IARP 01	IARP 01	Okinawa	Okinawa
3	Natália	LAG04	Junko	IARP 01	Costa Rica	Okinawa	LAG 04	LAG 04
4	LAG04	Natália	ACO 10	ACO 10	Okinawa	Costa Rica	IARP 01	Camta
5	ALHA 03	ALHA 03	Costa Rica	Junko	RECI 02	CARP 01	Clone 71/2	IARP 01
6	ACO 10	Camta	IARP 01	Natália	CARP 01	RECI 02	Camta	ALHA 05
7	Barbados	Junko	Lígia	Lígia	Clone 71/2	LAG 04	Dominga	ACO 14
8	Junko	ACO 10	Luisa	Luisa	BRS Cereja	BRS Jaburu	Costa Rica	LAG 01
9	Camta	LAG05	ALHA 09	LAG04	ACO 05	Clone 71/2	ALHA 05	LAGO3
10	Luisa	Barbados	ACO 05	Costa Rica	BRS Jaburu	ACO 19	ACO 14	Costa Rica
11	Lígia	BV 01	LAG04	CARP 07	LAG 04	ACO 05	ACO 05	Dominga
12	LAG05	Lígia	LAG05	LAG05	ACO 19	BRS Cereja	LAG 01	ACO 07
13	CARP 07	Luisa	Clone 47	ACO 05	ACO 33	ACO 33	LAGO3	Valéria
14	ACO 03	CARP 07	Natália	ALHA 09	BRS Rubra	BRS Rubra	BRS Rubra	ACO 05
15	BV 01	Costa Rica	ACO 35	MAR 08	ACO 03	LAG 01	Valéria	Samurai
16	ACO 09	ACO 03	CARP 02	BV 01	ACO 10	Camta	Monami	ACO 30
17	Costa Rica	ACO 09	ACO 34	ACO 35	MAR 10	Samurai	Samurai	Monami
18	Mineira	ACO 05	LAGO3	FP19	ACO 14	ACO 14	ACO 10	ALHA 09
19	FP19	ALHA 09	BV 01	CARP 02	LAG 01	MAR 10	MAR 10	BRS Rubra
Cultivares comerciais	Posição no ranking							
Flor Branca	1	1	1	1	53	48	51	77
Junko	8	7	3	5	94	94	95	86

Os genótipos em negritos foram selecionados simultaneamente pelos quatro métodos de seleção.

ANEXO 3- Material suplementar do capítulo III.

Figura 1. Genótipos selecionados com características a serem destinados ao consumo in natura e processamento.

