Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Qualidade pós-colheita de cereja-do-rio-grande (*Eugenia involucrata* DC.):
caracterização de acessos e estádios de maturação

Barbara Della Antonia

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2020

Barbara Della Antonia
Engenheira Agrônoma

Qualidade pós-colheita de cereja-do-rio-grande (*Eugenia involucrata* DC.): caracterização de
acessos e estádios de maturação

Orientador:
Prof. Dr. **ANGELO PEDRO JACOMINO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Della Antonia, Barbara

Qualidade pós-colheita de cereja-do-rio-grande (*Eugenia involucrata* DC.): caracterização de acessos e estádios de maturação / Barbara Della Antonia. - - Piracicaba, 2020.

54 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Frutas nativas 2. Mirtaceae 3. Variabilidade fenotípica 4. Ponto de colheita I. Título

AGRADECIMENTOS

À Deus, criador de todas as coisas e santificador de todas as criaturas.

À Santíssima Virgem Maria, mãe de Deus e nossa mãe.

À Universidade de São Paulo, à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e ao Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de realização do mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado (Fevereiro/2018 a Maio/2019).

À FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pela concessão da bolsa de mestrado no período de Junho/2019 a Fevereiro/2020, através do processo 2019/04706-1 e pelos recursos fornecidos através do fomento ao Projeto Temático: processo 2014/12606-3.

Ao Prof. Dr. Angelo Pedro Jacomino, pela orientação, paciência e confiança.

À pesquisadora Dra. Poliana Spricigo pelos ensinamentos, conselhos e correções.

À equipe do Laboratório de Pós-colheita de Produtos Hortícolas – Prof. Angelo, Poliana, Thaís, Fernanda, Isabela, Thiago, Marina, Carla, Ana Flávia, Valentina e Marcos – pelos momentos de descontração e pelo auxílio na execução deste trabalho.

À todos os funcionários do Departamento de Produção Vegetal – Anexo da horticultura (ESALQ/USP), pelo apoio dado a este estudo, e em especial ao Marcos, Cido, Carlinhos e Thiago, pelo auxílio e parceria na resolução de problemas, nas coletas e nas viagens.

Às secretárias do Departamento de Produção Vegetal – Bete, Célia e Jouly – e do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Luciane e Angela, pela atenção e disponibilidade.

À todos os parceiros que colaboram para o desenvolvimento desse trabalho, fornecendo informações no monitoramento da safra e auxiliando na coleta dos frutos: Rosângela, Sérgio, Patrícia, Thiago, Darci, Luiz, Maria, José Roberto, Donizete, Isabel, Luiz, Edilson e Horst.

À minha família, pelo amor, cuidados e orações. À minha mãe agradeço pelo incentivo em todos os momentos. À meu pai, pelo suporte sempre que necessário, principalmente no auxílio às coletas. E ao meu irmão, pela alegria e ânimo, que não me deixaram desanimar frente às dificuldade enfrentadas. Obrigada por todo amor que há em nossa família!

Às queridas amigas Ariane, Barbara, Lenise e Mariana, pela amizade incondicional e pela companhia nos açaís, sorvetes e cafés, nas idas às missas no Carmelo e pelas conversas edificantes.

Aos meus amigos do Ministério Universidades Renovadas, do Terço da Mãe Rainha e do Opus Dei, que me ensinaram que é através do trabalho cotidiano, no cumprimento com amor dos pequenos deveres, que se caminha em busca da santidade.

Meus sinceros agradecimentos!

*“Que a tua vida não seja uma vida estéril. -
Sê útil. - Deixa rasto. - Ilumina com o
resplendor da tua fé e do teu amor”*

São Josémaria Escrivá

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	7
1. INTRODUÇÃO.....	9
REFERÊNCIAS	10
2. OBJETIVOS.....	11
2.1. Geral	11
2.2. Específicos.....	11
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1. Cereja-do-rio-grande, fruta nativa da Mata Atlântica	13
3.2. Qualidade pós-colheita de frutos	15
REFERÊNCIAS	17
4. CARACTERIZAÇÃO DE ACESSOS DE CEREJA-DO-RIO-GRANDE.....	19
RESUMO	19
ABSTRACT	19
4.1. Introdução.....	20
4.2. Material e métodos	20
4.3. Resultados e Discussão.....	23
4.4. Conclusão	35
REFERÊNCIAS	36
5. CARACTERIZAÇÃO DE ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO DE CEREJA-DO-RIO-GRANDE	39
RESUMO	39
ABSTRACT	39
5.1. Introdução.....	40
5.2. Material e Métodos.....	40
5.3. Resultados e Discussão.....	44
5.4. Conclusão	52
REFERÊNCIAS	52

RESUMO

Qualidade pós-colheita de cereja-do-rio-grande (*Eugenia involucrata* DC.): caracterização de acessos e estádios de maturação

A cerejeira-do-rio-grande (*Eugenia involucrata* DC.), espécie pertencente a família das mirtáceas, é originária do Brasil e nativa do bioma Mata Atlântica. Apresenta frutos com coloração vermelho-escuro, sabor adocicado e alto teor de compostos bioativos. Assim como outras mirtáceas nativas, apresenta potencialidades nutricionais e funcionais. No entanto, estudos acerca da variabilidade fenotípica e do comportamento pós-colheita da cereja-do-rio-grande se fazem necessários para que essa frutífera possa ser explorada comercialmente. O objetivo deste trabalho foi caracterizar cerejas-do-rio-grande de diferentes acessos e determinar o ponto de colheita dos frutos. Para a caracterização de acessos, frutos provenientes de 46 acessos de cereja-do-rio-grande foram analisados quanto às características físico-químicas, compostos bioativos e capacidade antioxidante. Foi observado que os frutos possuíam de 1 a 2 sementes por fruto; rendimento de polpa em média de 84,30%; e valores de ratio em média de 11,43. Elevadas concentrações de compostos bioativos e alta capacidade antioxidante foram observadas para os acessos de cereja-do-rio-grande. Para a caracterização da maturação foram colhidos frutos em três estádios, determinados de acordo com a coloração externa, e armazenados a $22\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Os frutos foram analisados diariamente quanto à atividade respiratória e produção de etileno. Análises físico-químicas, de compostos bioativos e capacidade antioxidante foram realizadas no primeiro e no último dia de vida útil do fruto, que variou de acordo com o estágio de maturação em que foram colhidos. Frutos colhidos nos estádios 1 e 2 apresentaram alterações nas características analisadas, no entanto, não atingiram qualidade semelhante àquela apresentada pelos frutos colhidos no estágio mais avançado – estágio 3. Durante o armazenamento, observou-se alterações na atividade respiratória e na produção de etileno somente para os frutos dos estádios 1 e 2, enquanto frutos do estágio 3 não apresentaram alterações. Frutos coletados no estágio 3 de maturação tiveram vida útil pós-colheita com duração de 2 dias. Os resultados indicaram que a cereja-do-rio-grande é um fruto rico em compostos nutraceuticos, com destaque para o acesso CE027, e que o ponto de colheita adequado é o estágio 3 de maturação. A cereja-do-rio-grande possui grande potencial de uso, não somente para fins alimentícios, como também para a indústria farmacêutica e cosmética.

Palavras-chave: Frutas nativas, Mirtaceae, Variabilidade fenotípica, Ponto de colheita

ABSTRACT

Postharvest quality of cherry of the Rio Grande (*Eugenia involucrata* DC.): characterization of accessions and maturation stages

Cherry of the Rio Grande (*Eugenia involucrata* DC.), which belongs to the Myrtaceae family, is native from Brazil and to the Atlantic Forest biome. It has dark red fruit, sweet flavor, and high content of bioactive compounds. Similar to other native Myrtaceae, it has nutritional and functional properties. Nevertheless, studies on phenotypic variability and postharvest behavior are required before this fruit becomes commercially exploited. The aim of this study was to characterize cherries of the Rio Grande from different accessions and to establish the harvesting point of the fruit. To characterize the accessions, fruit from 46 accessions were analyzed regarding physical-chemical characteristics, bioactive compounds, and antioxidant capacity. It was observed fruit had from 1 to 2 seeds; average pulp yield of 84,30%; and average ratio values of 11,43. High concentrations of bioactive compounds and high antioxidant capacity were observed. Three stages of fruit harvesting were determined according to external coloring and the fruit were stored at $22\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ for ripeness characterization. Fruit were analyzed daily for respiratory activity and ethylene production. Physicochemical, bioactive compounds and antioxidant capacity analyses were performed on the first and last day of fruit shelf life, which varied according to the ripening stage at which they were harvested. Fruit harvested at stages 1 and 2 exhibited changes in the characteristics studied but did not reach a comparable quality to that presented by fruit harvested at the most advanced stage - stage 3. During storage, changes in respiratory activity and ethylene production were observed only for 1 and 2 stages, while stage 3 showed no changes. Fruit harvested in stage 3 of ripeness had a 2-day postharvest shelf life. Results indicated cherry of the Rio Grande as a fruit rich in nutraceutical compounds, with emphasis on CE027 accession, and the proper harvest point was stage 3 maturation. Cherry of the Rio Grande has great potential of use, not only for food purposes, but also for the pharmaceutical and cosmetic industries.

Keywords: Native fruits, Mirtaceae, Phenotypic variability, Harvest point

1. INTRODUÇÃO

A cerejeira-do-rio-grande (*Eugenia involucrata* DC.), espécie pertencente à família das Mirtáceas, é uma frutífera nativa da Mata Atlântica. Tem ocorrência natural nas florestas semidecíduas de altitude inseridas nesse bioma, no entanto, também pode ser encontrada em cultivos domésticos, principalmente nas regiões Sul e Sudeste do país (LORENZI; LACERDA; BACHER, 2015). A cereja-do-rio-grande é um fruto de coloração vermelho-escura, sabor adocicado e polpa suculenta, sendo geralmente destinada para o consumo *in natura* ou para a produção de sucos, doces e geleias (DONADIO; MÔRO; SERVIDONE, 2004).

Ademais, a *E. involucrata* DC. – assim como outras espécies nativas da flora brasileira – apresenta potencialidades nutricionais, funcionais e agroindustriais. Estudos indicam que a cereja-do-rio-grande é uma fruta rica em compostos bioativos, tal como os compostos fenólicos e as antocianinas, e com alta capacidade antioxidante, evidenciando o potencial não somente para o uso alimentício, como também para o uso nas indústrias farmacêutica e cosmética (INFANTE et al., 2016; MARIN et al., 2008; NICÁCIO et al., 2017).

Contudo, essas características relacionadas as potencialidades da cereja-do-rio-grande ainda são pouco conhecidas e precisam ser mais exploradas. Além disso, é necessário investigar a aptidão dessa espécie para a comercialização, principalmente para o mercado *in natura* (GUERRA et al., 2016). Estudos que forneçam informações sobre a variabilidade fenotípica da cereja-do-rio-grande são essenciais para o desenvolvimento de cultivares com características desejáveis, sobretudo aquelas relacionadas à qualidade dos frutos. Nesse sentido, a caracterização de acessos de cereja-do-rio-grande é importante, uma vez que identifica as plantas que possuem frutos com características físicas e composição química adequadas para o aproveitamento comercial.

Para a comercialização de frutos com boa qualidade, além da caracterização físico-químicas de acessos, também se faz necessário a obtenção de informações relativas a fisiologia e o comportamento pós-colheita da cereja-do-rio-grande. Estudos acerca dos estádios de maturação dos frutos, a fim de determinar o ponto de colheita, são essenciais para que os frutos atinjam o seu potencial quanto aos atributos de qualidade e à sua vida útil durante a pós-colheita (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Nesse contexto, esse estudo visa colaborar com informações importantes para a seleção de plantas matrizes, bem como para o estabelecimento de técnicas de conservação pós-colheita, e assim, possibilitar tanto a domesticação dessa espécie quanto a produção de cereja-do-rio-grande em escala comercial.

REFERÊNCIAS

- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças - fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005.
- DONADIO, L. C.; MÔRO, F. V.; SERVIDONE, A. A. **Frutas brasileiras**. 2. ed. Jaboticabal: Novos Talentos, 2004.
- GUERRA, D. et al. Genetic and cytological diversity in cherry tree accessions (*Eugenia involucrata* DC.) in Rio Grande do Sul. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 16, n. 3, p. 219–225, 2016.
- INFANTE, J. et al. Antioxidant and anti-Inflammatory activities of unexplored Brazilian native fruits. **PLoS ONE**, v. 11, n. 4, p. 1–13, 2016.
- LORENZI, H.; LACERDA, M. T. C. DE; BACHER, L. B. **Frutas no Brasil: nativas e exóticas** (de consumo *in natura*). São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2015.
- MARIN, R. et al. Volatile components and antioxidant activity from some myrtaceous fruits cultivated in southern Brazil. **Latin American Journal of Pharmacy**, v. 27, n. 2, p. 172–179, 2008.
- NICÁCIO, A. E. et al. Antioxidant activity and determination of phenolic compounds from *Eugenia involucrata* DC. fruits by UHPLC-MS/MS. **Food Analytical Methods**, v. 10, n. 8, p. 2718–2728, 2017.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Caracterizar frutos de cerejeira-do-rio-grande de diferentes acessos e determinar o ponto de colheita dos frutos, visando à qualidade pós-colheita e à seleção de plantas matrizes com potencial para o consumo *in natura* e/ou industrialização.

2.2. Específicos

- Caracterizar frutos provenientes de acessos de cereja-do-rio-grande, quanto aos seus aspectos físico-químicos, compostos bioativos e capacidade antioxidante;
- Determinar o ponto de colheita da cereja-do-rio-grande com base nas características qualitativas – parâmetros físico-químicos, compostos bioativos e capacidade antioxidante – e no comportamento respiratório dos frutos em diferentes estádios de maturação.

.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Cereja-do-rio-grande, fruta nativa da Mata Atlântica

A cereja-do-rio-grande, *Eugenia involucrata* DC, é uma espécie frutífera pertencente à família das Mirtáceas e de ocorrência natural na Mata Atlântica. Esse bioma, que se estende por toda a costa brasileira, é considerado um dos mais ricos em biodiversidade do mundo, abrigando cerca de 20 mil espécies vegetais. Essa riqueza, que representa aproximadamente 35% das espécies existentes no Brasil, é superior a encontrada em alguns continentes, como a América do Norte – com 17 mil espécies vegetais – e a Europa, com 12,5 mil. Contudo, a ocupação e a presença de atividades humanas nesse bioma tem afetado drasticamente a sua extensão. Atualmente, a porção restante da Mata Atlântica está fragmentada e corresponde a apenas 29% da sua cobertura original (SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2019).

A Mata Atlântica é caracterizada por diferentes vegetações – como florestas ombrófilas densas, abertas e mistas; florestas estacionais decíduais e semidecíduais; campos de altitude; mangues e restingas – e contém em toda sua formação espécies com alto valor genético, as quais apresentam ampla variabilidade de tamanhos, formas, cores e aromas (SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2019). Além disso, pesquisas têm verificado as potencialidades nutricionais e funcionais dessas espécies. Esses estudos são essenciais, uma vez que tem se aumentado a demanda por alimentos saudáveis e que apresentem características desejáveis, como alto teor de vitaminas, fibras e compostos bioativos (VIANA; REIS, 2015). Ademais, esses estudos contribuem para a preservação das espécies nativas, bem como possibilitam uma exploração comercial sustentável.

Dentre as espécies nativas da Mata Atlântica, estudos apontam que a família das mirtáceas é a mais importante quanto à diversidade e à dominância (ARAÚJO et al., 2019; STEFANELLO; PASCOAL; SALVADOR, 2011). Algumas espécies frutíferas dessa família como a goiaba, a jabuticaba e a pitanga são mais conhecidas e há anos estão sendo cultivadas comercialmente. Já as espécies menos populares - como por exemplo, a cereja-do-rio-grande, o cambuci (*Campomanesia phaea* O. Berg), a uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) e a grumixama (*Eugenia brasiliensis* Lam.) – vêm sendo estudadas em relação às características nutricionais e funcionais, bem como quanto ao potencial de inserção no mercado, tanto para o consumo *in natura* quanto para o processamento.

Nomeada cientificamente como *Eugenia involucrata* DC, a cereja-do-rio-grande pode ser conhecida por outros nomes, tal como cereja, cereja-do-mato, cereja-da-terra, ibaíba e ivaí. Essa espécie ocorre predominantemente nas florestas semidecíduas de altitude inseridas no bioma Mata Atlântica das regiões Sul e Sudeste. Além disso, tem sido cultivada em pomares domésticos nessas mesmas regiões (DONADIO, 2007; LORENZI et al., 2006).

A cerejeira-do-rio-grande é uma árvore caducifólia, com características rústicas e ornamentais, e possui boa formação de copa, a qual é densa e ovalada (Figura 1A). Comumente atinge de 5 a 8 metros de altura, sendo que nas matas pode alcançar até 15 metros. As folhas são simples, pecioladas, têm lâmina cartácea e glabra, apresentam discreta nervação na face superior e medem de 5 a 9 centímetros de comprimento (LORENZI, 2002; LORENZI et al., 2006).

Figura 1. Cerejeira-do-rio-grande: a) planta adulta; b) flor; c) fruto com coloração vermelho-escuro; d) frutos com coloração vermelha.

Já as flores são solitárias e axilares com a presença de pedúnculo de até 3 cm (Figura 1B). O florescimento e a frutificação geralmente ocorrem de setembro a novembro. Os frutos são uma drupa piriforme coroadada por cálice persistente, com coloração variando do vermelho ao vermelho-escuro e apresentam casca brilhante e glabra (Figuras 1C e 1D). Com relação ao mesocarpo dos frutos, esse é carnoso e suculento, com sabor doce ou acidulado, contendo de uma a três sementes (LORENZI, 2002; LORENZI; LACERDA; BACHER, 2015).

Além de estar presente nos pomares domésticos, a cerejeira-do-rio-grande é comumente utilizada no paisagismo, principalmente na arborização urbana (CARVALHO, 2008). Ademais, essa é uma espécie de importância para a silvicultura, uma vez que é adequada à recuperação de áreas degradadas, e para a restauração dos sistemas ecológicos, já que é consumida, e consequentemente dispersada, pela avifauna silvestre (LORENZI, 2002).

Estudos realizados indicam que as propriedades nutritivas, funcionais e medicinais da *E. involucrata* DC estão presentes não somente na polpa dos frutos, como nas folhas e nas sementes. Folhas de cerejeira-do-rio-grande, as quais são comumente utilizadas na medicina popular, apresentam propriedades digestiva, antidiarreica e antirreumática (SAUSEN et al., 2009). O potencial terapêutico dessa espécie foi elucidado por ensaios *in vivo* realizados por Vechi et al. (2018) e Sato et al. (2018), os quais verificaram que as folhas da cerejeira-do-rio-grande, ricas em catequina, possuem atividades antinoceptiva, antimicrobiana e gastroprotetora.

Com relação aos frutos, esses são uma fonte promissora de compostos antioxidantes naturais. Trabalhos realizados por Infante et al. (2016) e Nicácio et al. (2017) indicaram que tanto os frutos, quanto as folhas e as sementes de *E. involucrata* DC possuem uma alta concentração de compostos fenólicos, como a epicatequina e o ácido gálico, e portanto, são uma excelente fonte de compostos antioxidantes, apresentando também boa atividade antiinflamatória nos ensaios *in vivo*. Além disso, outros estudos realizados por Marin et al. (2008) indicaram a presença de 66 compostos voláteis nos frutos desta espécie, com destaque para o β -cariofileno, o que evidencia sua riqueza em compostos aromáticos.

O consumo da cerejeira-do-rio-grande pode ser feito utilizando-se os frutos *in natura* ou através de produtos processados, tais como sucos, licores, doces e geleias. Ao avaliar a aptidão tecnológica da cerejeira-do-rio-grande, e consequentemente, o potencial para industrialização, Camlosfski (2008) observou que há degradação de alguns componentes após o processamento - sobretudo, dos compostos fenólicos. Apesar disso, os resultados obtidos por Camlosfski (2008) evidenciariam que a cerejeira-do-rio-grande possui um potencial tecnológico a ser explorado e que pode ser constituir com uma alternativa para a indústria alimentícia, principalmente para a extração de pectina e para a produção de polpas, sucos e licores.

3.2. Qualidade pós-colheita de frutos

A inserção de novos produtos nos mercados consumidores é um empreendimento que exige cautela, uma vez que, se forem ofertados produtos medíocres, a consequência pode ser um efeito inverso ao desejado. Ao se tratar de produtos hortícolas, como as frutas nativas ainda pouco

conhecidas, a atenção deve estar voltada para a qualidade do fruto. A disponibilização, ao mercado, de frutas com baixa qualidade, sobretudo essas que ainda são desconhecidas pela grande maioria dos consumidores, como por exemplo a cereja-do-rio-grande, pode interferir na aceitação desse novo produto (GUERRA et al., 2016).

A qualidade do fruto refere-se à um conjunto de atributos observados pelo consumidor, tais como aparência, sabor, firmeza, aroma e composição nutricional, e é a partir do grau de excelência ou superioridade desses atributos que é dada a aceitação do produto pelo consumidor (CAMELO, 2004; KADER, 2002). Essa qualidade é influenciada por fatores pré-colheita, tais como os aspectos genéticos, ambientais e culturais, pelo manuseio na colheita e, durante a pós-colheita, pelo transporte e armazenamento (MATIUIZ, 2007; NEVES, 2009). Para frutos ainda não domesticados – como a cereja-do-rio-grande – é essencial investigar, inicialmente, parâmetros básicos relacionados a esses fatores que influenciam a qualidade. Nesse sentido, estudos sobre a variabilidade fenotípica e sobre o comportamento pós-colheita da cereja-do-rio-grande são fundamentais para que cultivares sejam estabelecidas e, conseqüentemente, técnicas de cultivo, colheita e pós-colheita sejam desenvolvidas.

O estabelecimento de cultivares pode ser feito através da caracterização de acessos, já que ao avaliá-los pretende-se realizar a construção de um banco de dados com informações relativas as características físico-químicas – como por exemplo, coloração, dimensões, quantidade de sementes, firmeza, teor de sólidos solúveis e acidez titulável – e nutracêuticas, como por exemplo teor de compostos bioativos e capacidade antioxidante (COSTA; SPEHAR; SERENO, 2012). Essas informações poderão ser utilizadas para estudos futuros que associados as pesquisas em outras áreas, como propagação e caracterização do genótipo, poderão ser capazes de desenvolver cultivares para a domesticação dessa espécie (MACIEL et al., 2018).

Quanto aos estudos relativos ao comportamento pós-colheita da cereja-do-rio-grande, primeiramente se faz necessário a caracterização dos estádios de maturação visando à determinação do ponto de colheita. A compreensão acerca da fisiologia do amadurecimento é fundamental para se realizar a colheita no momento ideal, de forma que não haja interferência no metabolismo do vegetal. Frutos colhidos fora do período ideal podem apresentar alterações negativas quanto aos atributos qualitativos observados pelo consumidor, como a cor, o sabor e o aroma (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Para isso, é necessário além de informações sobre as características físico-químicas e nutracêuticas da cereja-do-rio-grande, estudos sobre a taxa respiratória e a produção de etileno dos frutos (BASTOS et al., 2016).

Dessa forma, essas informações primárias, como caracterização de acessos e determinação de ponto de colheita são fundamentais para o desenvolvimento de técnicas que

permitirão selecionar fenótipos de interesse e gerar dados para desenvolvimento de técnicas de produção, manuseio, acondicionamento e conservação pós-colheita. A partir destes resultados será possível maior divulgação desta fruta aos mercados consumidores e consequentemente a popularização do consumo da cereja-do-rio-grande.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, F. F. DE et al. Wild brazilian species of *Eugenia* genera (Myrtaceae) as an innovation hotspot for food and pharmacological purposes. **Food Research International**, v. 121, p. 57–72, 2019.
- BASTOS, V. J. et al. Harvest point determination of indian jujube fruit (*Ziziphus mauritiana* L.) based on physicochemical and functional parameters. **Scientia Horticulturae**, v. 213, p. 392–402, 2016.
- CAMELO, A. F. L. The quality in fruits and vegetables. In: **Manual for the preparation and sale of fruits and vegetables: From field to market**. Roma: Food and Agriculture Organization of United Nations, 2004. p. 87–104.
- CAMLOFSKI, A. M. O. **Caracterização do fruto de cerejeira (*Eugenia involucrata* DC.) visando seu aproveitamento tecnológico**. 2008. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos): Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. 1. ed. Brasília: Emprapa Informação Tecnológica, 2008.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças - fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005.
- COSTA, A. M.; SPEHAR, C. R.; SERENO, J. R. B. **Conservação de recursos genéticos no Brasil**. 1. ed. Brasília, DF: Emprapa, 2012.
- DONADIO, L. C. **Dicionário das frutas**. Jaboticabal: Unesp, 2007.
- GUERRA, D. et al. Genetic and cytological diversity in cherry tree accessions (*Eugenia involucrata* DC) in Rio Grande do Sul. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 16, n. 3, p. 219–225, 2016.
- INFANTE, J. et al. Antioxidant and anti-Inflammatory activities of unexplored Brazilian native fruits. **PLoS ONE**, v. 11, n. 4, p. 1–13, 2016.
- KADER, A. A. Fruits in the global market. In: KNEE, M. (Ed.). **Fruit quality and its biological basis**. Sheffield: Sheffield Academic Press, 2002. p. 279.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002.

- LORENZI, H. et al. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas (de consumo *in natura*)**. São Paulo: Insituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006.
- LORENZI, H.; LACERDA, M. T. C. DE; BACHER, L. B. **Frutas no Brasil: nativas e exóticas (de consumo *in natura*)**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2015.
- MACIEL, K. S. et al. Characterization of Fruits in Contrasting Environments and Germination of Tamarillo Seeds at Different Temperatures. **American Journal of Plant Sciences**, v. 9, n. 01, p. 23–33, 2018.
- MARIN, R. et al. Volatile components and antioxidant activity from some myrtaceous fruits cultivated in southern Brazil. **Latin American Journal of Pharmacy**, v. 27, n. 2, p. 172–179, 2008.
- MATTIUZ, B. Fatores da pré-colheita influenciam a qualidade final dos produtos. **Visão agrícola**, v. 7, p. 18–21, 2007.
- NEVES, L. C. **Manual pós-colheita da fruticultura brasileira**. 1. ed. Londrina: EDUEL, 2009.
- NICÁCIO, A. E. et al. Antioxidant activity and determination of phenolic compounds from *Eugenia involucrata* DC. fruits by UHPLC-MS/MS. **Food Analytical Methods**, v. 10, n. 8, p. 2718–2728, 2017.
- SATO, T. S. et al. Proposta de formulação contendo extrato de folhas de *Eugenia involucrata* e análise da atividade antimicrobiana. **Revista Fitos**, v. 12, n. 1, p. 68–82, 2018.
- SAUSEN, T. et al. Avaliação da atividade alelopática do extrato aquoso de folhas de *Eugenia involucrata* DC. e *Acacia sellowiana* (O. Berg) Burret. **Polibotânica**, n. 27, p. 145–158, 2009.
- SOS MATA ATLÂNTICA; INPE. **Atlas dos resmanescentes florestais da Mata Atlântica - Relatório Técnico - Período 2017 - 2018**. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/wp-content/uploads/2019/05/Atlas-mata-atlantica_17-18.pdf>. Acesso em: 4 abr. 2020.
- STEFANELLO, M. É. A.; PASCOAL, A. C. R. F.; SALVADOR, M. J. Essential oils from neotropical myrtaceae: chemical diversity and biological properties. **Chemistry and biodiversity**, v. 8, p. 73–94, 2011.
- VECHI, G. et al. Analyses of chemical composition and gastroprotective and antinociceptive properties of *Eugenia involucrata* DC. leaves. **Journal of Applied Pharmaceutical Science**, v. 8, n. 4, p. 79–83, 2018.
- VIANA, E. DE S.; REIS, R. C. O potencial da fruticultura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 3, p. 5, 2015.

4. CARACTERIZAÇÃO DE ACESSOS DE CEREJA-DO-RIO-GRANDE

RESUMO

A cerejeira-do-rio-grande (*Eugenia involucrata* DC.), espécie nativa do bioma Mata Atlântica, apresenta frutos com coloração vermelho-escuro e sabor adocicado. Dados sobre as características dessa espécie frutífera são escassos, e portanto, estudos relativos à variabilidade fenotípica são necessários para viabilizar o aproveitamento comercial dessa fruta. O objetivo deste trabalho foi caracterizar cerejas-do-rio-grande de diferentes acessos, visando à qualidade pós-colheita e à seleção de plantas matrizes. Frutos provenientes de 46 acessos foram analisados quanto à: coloração externa; diâmetro, altura e formato; firmeza; massa fresca dos frutos inteiros e das sementes; rendimento de polpa; quantidade de sementes; teor de sólidos solúveis; acidez titulável, *ratio* SS/TA, compostos fenólicos totais, antocianinas totais, flavonoides totais e capacidade antioxidante. Os valores de massa fresca variaram de 1,57 a 7,20g, sendo que em 85,1% dos acessos os frutos continham de 1 a 2 sementes. O rendimento de polpa foi de, em média, 84,30%. Em relação ao teor de sólidos solúveis, esse variou entre 5,50 e 15,12 °Brix e a acidez titulável entre 0,39 a 2,45 g 100 g⁻¹ EAC. O valor médio do *ratio* SS/AT foi 11,43. Quanto aos compostos bioativos, os compostos fenólicos variaram de 87,35 a 565,99 mg 100 g⁻¹ EAG, os flavonoides totais de 13,36 a 63,37 mg 100 g⁻¹ e as antocianinas totais de 6,44 a 179,49 mg 100 g⁻¹. A capacidade antioxidante variou de 28,86 a 125,07 µmol g⁻¹ de ET. Os resultados indicaram que a cereja-do-rio-grande é um fruto rico em compostos bioativos, com destaque para o acesso CE027.

Palavras-chave: Cerejeira-do-rio-grande; Variabilidade fenotípica; Compostos bioativos

ABSTRACT

Cherry of the Rio Grande (*Eugenia involucrata* DC.) is native tree to the Atlantic Forest biome. It has dark red fruits and sweet flavor. Information about this fruit species are scarce, therefore, studies on phenotypic variability are needed to make commercial use of this fruit feasible. The objective of this study was to characterize cherry of the Rio Grande from different accessions, aiming at postharvest quality and the selection of parental plants. Fruit from 46 accessions were analyzed for: external color; diameter, height and shape; firmness; fresh weight of whole fruits and seeds; pulp yield; number of seeds; soluble solids content; titratable acidity, SS/TA ratio, total phenolic compounds, total anthocyanins, total flavonoids and antioxidant capacity. Fresh weight values ranged from 1,57 to 7,20 g, and in 85,1% of the accessions the fruit contained 1 to 2 seeds. Pulp yield was, on average, 84,30%. Regarding of soluble solids content, 5,50 and 15,12 °Brix were observed, while titratable acidity ranged from 0,39 to 2,45 g 100 g⁻¹ EAC. The mean value of the SS/AT ratio was 11,43. As for bioactive compounds, phenolic compounds ranged from 87,35 to 565,99 mg 100 g⁻¹ EAG, total flavonoids from 13,36 to 63,37 mg 100 g⁻¹ and total anthocyanins from 6,44 to 179,49 mg 100 g⁻¹. The antioxidant capacity ranged from 28,86 to 125,07 µmol g⁻¹ ET. The results indicated cherry of the Rio Grande as a fruit rich in bioactive compounds, with emphasis on accessions CE027.

Keywords: Cherry of the Rio Grande; Phenotypic variability; Bioactive compounds

4.1. Introdução

A cereja-do-rio-grande, *Eugenia involucrata* DC., é uma espécie nativa do Brasil. Ocorre naturalmente nas florestas semidecíduas de altitude inseridas no bioma Mata Atlântica. Além disso, também tem sido cultivada em pomares domésticos, especialmente nas regiões Sul e Sudeste do país (LORENZI; LACERDA; BACHER, 2015). Essa espécie frutífera apresenta frutos de coloração vermelho-escura, sabor adocicado e polpa succulenta (DONADIO; MÔRO; SERVIDONE, 2004). Estudos indicam que a cereja-do-rio-grande é uma fruta rica em compostos bioativos, e portanto, com potencial não somente para o uso alimentício, como também para o uso farmacêutico e cosmético (INFANTE et al., 2016; MARIN et al., 2008; NICÁCIO et al., 2017).

Contudo, há poucas informações sobre a variabilidade genética e fenotípica da cereja-do-rio-grande, e isso tem sido um obstáculo para o desenvolvimento de cultivares com características desejáveis, principalmente aquelas relacionadas à qualidade dos frutos, e consequentemente, dificultado a domesticação dessa espécie (GUERRA et al., 2016). Nesse contexto, a caracterização de acessos de cereja-do-rio-grande se faz necessária, uma vez que identifica as plantas que possuem frutos com características adequadas para o aproveitamento comercial.

As informações obtidas através da caracterização viabilizam a elaboração de uma base de dados, a qual poderá ser utilizada para o desenvolvimento de técnicas que visem aperfeiçoar a produção e a conservação pós-colheita. Por conseguinte, esse estudo sobre a diversidade fenotípica dos acessos possibilitará a inserção e popularização dessa fruta nos mercados consumidores (DEGENHARDT et al., 2007).

Diante desses aspectos, este trabalho teve como objetivo caracterizar frutos provenientes de acessos de cereja-do-rio-grande quanto aos seus aspectos físico-químicos, compostos bioativos e capacidade antioxidante visando à seleção de plantas matrizes com potencial para o consumo *in natura*, processamento e/ou obtenção de compostos nutracêuticos.

4.2. Material e métodos

4.2.1. Coleta, acondicionamento e transporte

Cerejeiras-do-rio-grande foram amostradas em sete municípios do Estado de São Paulo. As plantas selecionadas são todas originárias de sementes. Ao todo, foram coletados e caracterizados frutos de 46 acessos (Tabela 1).

Tabela 1. Áreas de coleta de cereja-do-rio-grande (*Eugenia involucrata* DC.).

Município	Coordenadas geográficas			Clima ¹	Quantidade de acessos
	Latitude	Longitude	Altitude		
Piracicaba – SP	22° 41' 31,7" S	47° 38' 41,4" O	561	Cfa	13
Rio Claro – SP	22° 15' 51,0" S	47° 32' 38,6" O	634	Cwa	4
Jundiaí – SP	23° 07' 34,4" S	46° 58' 02,0" O	730	Cfb	5
Salesópolis – SP	23° 30' 21,9" S	45° 52' 03,0" O	793	Cfb	6
Paraibuna – SP	23° 27' 59,1" S	45° 42' 45,7" O	690	Cfb	16
São Paulo – SP	23° 43' 23,7" S	46° 41' 05,9" O	774	Cfb	1
Ibitinga – SP	21° 50' 46,5" S	48° 48' 53,8" O	452	Aw	1

¹Classificação climática de Köppen (KOTTEK et al., 2006).

Os acessos foram identificados afixando-se placas de metal no tronco das plantas. As placas foram grafadas com o código de identificação do acesso (Tabela 2).

Tabela 2. Códigos de identificação dos acessos de cereja-do-rio-grande (*Eugenia involucrata* DC.).

Acesso	Município	Acesso	Município	Acesso	Município
CE001	Piracicaba	CE025	Rio Claro	CE044	Paraibuna
CE004	Piracicaba	CE026	Jundiaí	CE045	Paraibuna
CE005	Piracicaba	CE027	Jundiaí	CE046	Paraibuna
CE006	Piracicaba	CE028	Jundiaí	CE047	Paraibuna
CE007	Piracicaba	CE029	Jundiaí	CE048	Paraibuna
CE008	Piracicaba	CE030	Jundiaí	CE049	Paraibuna
CE009	Piracicaba	CE031	Salesópolis	CE050	Paraibuna
CE011	Piracicaba	CE032	Salesópolis	CE051	Paraibuna
CE012	Piracicaba	CE033	Salesópolis	CE052	Paraibuna
CE015	Piracicaba	CE035	Salesópolis	CE053	Paraibuna
CE016	Piracicaba	CE038	Salesópolis	CE054	Paraibuna
CE017	Piracicaba	CE039	Salesópolis	CE055	Paraibuna
CE019	Piracicaba	CE040	Paraibuna	CE056	São Paulo
CE022	Rio Claro	CE041	Paraibuna	CE057	Ibitinga
CE023	Rio Claro	CE042	Paraibuna		
CE024	Rio Claro	CE043	Paraibuna		

Após a coleta manual dos frutos, estes foram acondicionados em recipientes plásticos e transportados em caixas térmicas com placas de gelo até o Laboratório de Pós-colheita de Produtos Hortícolas (Departamento de Produção Vegetal) da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo, em Piracicaba – SP, onde foram realizadas as análises físico-químicas e de compostos bioativos.

4.2.2. Análises físico-químicas, compostos bioativos e capacidade antioxidante

Os frutos foram avaliados no dia da coleta, ou seja, ainda frescos, quanto a: coloração externa; diâmetro, altura e formato; firmeza; massa fresca dos frutos inteiros e das sementes; rendimento de polpa e quantidade de sementes. Amostras compostas por polpa e casca foram homogeneizadas com um mixer. Parte da amostra foi utilizada na determinação dos teores de sólidos solúveis, acidez titulável e *ratio*, e outra parte foi imediatamente congelada em nitrogênio líquido e armazenada a -80°C , para posterior realização das análises de compostos bioativos – compostos fenólicos totais, antocianinas totais e flavonoides totais – e capacidade antioxidante. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com 46 tratamentos (acessos) e três repetições com dez frutos para cada acesso.

Coloração externa: foi aferida pelo colorímetro Minolta®, modelo CR-300. Foram realizadas duas leituras em pontos equidistantes na região equatorial dos frutos inteiros. Os resultados foram expressos em luminosidade (L^*), ângulo hue (h°) e cromaticidade (C^*).

Diâmetro, altura e formato: os atributos diâmetro e altura foram medidos com um paquímetro digital, sendo os resultados expressos em milímetros (mm). Já o formato do fruto foi obtido pela relação entre altura e diâmetro, sendo caracterizados como alongados (elipsoides a piriformes), os frutos que apresentam altura/diâmetro > 1 ; como achatados, os que apresentam altura/diâmetro < 1 e como arredondados (globosos), os que apresentam altura/diâmetro $= 1$.

Firmeza: foi medida pelo método da aplanção descrito por Calbo e Nery (1995), com os resultados expressos em kgf cm^{-2} .

Massa fresca dos frutos inteiros e das sementes, rendimento de polpa e quantidade de sementes: os frutos inteiros e as sementes tiveram a massa aferida através de uma balança analítica. Os resultados foram expressos em gramas (g). A diferença entre a massa fresca do fruto inteiro e a massa das sementes foi utilizada para o cálculo do rendimento de polpa, o qual foi expresso em porcentagem (%). A quantificação das sementes foi realizada por contagem do número de sementes em cada fruto.

Teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e *ratio* SS/AT: a quantificação do teor de sólidos solúveis foi realizada por leitura direta em refratômetro digital Atago PR-101, Palette, cujos resultados foram expressos em $^{\circ}\text{Brix}$ (AOAC, 2005). Já a acidez titulável foi determinada por titulação de neutralização, de acordo com a metodologia descrita por Carvalho et al. (1990). Para isso, foram preparados extratos contendo 5 g de amostra homogeneizada com 45 mL de água destilada. A titulação foi feita com NaOH à 0,1N até pH 8,1. O volume de NaOH usado na titulação foi medido e após os cálculos os resultados foram expressos em equivalentes ácido cítrico

(EAC; g 100 g⁻¹ de massa fresca). Valores de *ratio* foram calculados pela relação entre sólidos solúveis e acidez titulável.

Compostos fenólicos totais (CFT): O preparo do extrato, na concentração de 10 mg mL⁻¹, foi realizado empregando etanol 80% como extrator. A quantificação dos compostos fenólicos totais foi feita após a reação de oxidação com o reagente Folin-Ciocalteou (WOISKY; SALATINO, 1998). Para isso, utilizou-se uma alíquota de 0,5 mL de extrato, 2,5 mL de solução Folin-Ciocalteou (diluição 1:10) e 2 mL de carbonato de sódio a 4%. A leitura foi feita em espectrofotômetro na absorvância de 740 nm. Os resultados foram expressos em equivalentes de ácido gálico (EAG; mg 100 g⁻¹ de massa fresca), de acordo com a curva de calibração.

Antocianinas totais (ANT) e flavonoides totais (FT): A análise foi realizada segundo a metodologia de Francis (1982). O extrato, na concentração de 10 mg mL⁻¹, foi preparado utilizando-se a solução etanol 95% - HCl 1,5 N (85:15). A leitura foi realizada na absorvância de 535 nm (antocianinas totais) e 374 nm (flavonoides totais). Os resultados foram expressos em mg 100 g⁻¹ de massa fresca, para a análise de antocianinas totais; e em mg 100 g⁻¹ de quercetina, com base em massa fresca, para flavonoides totais.

Capacidade antioxidante (CA): O extrato foi preparado na concentração de 10 mg mL⁻¹ e utilizou-se como extrator etanol 80%. A quantificação da capacidade antioxidante foi realizada pelo método de sequestro do radical livre DPPH (2,2-difenil-1- picril-hidrazil), adaptado de Mensor et al. (2001), no qual tomou-se uma alíquota de 0,5 mL do extrato e adicionou-se 3 mL de etanol 100% e 0,5 mL de solução DPPH a 0,5 mM. A leitura foi feita em espectrofotômetro na absorvância 517 nm. Os resultados foram expressos em equivalentes trolox (ET; µmol g⁻¹ de massa fresca), de acordo com a curva de calibração.

4.2.3. Análise dos resultados

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) seguida do teste Scott-Knott – ao nível de 5% de significância – no software SISVAR para a avaliação das médias e à análise multivariada de componentes principais (ACP) e agrupamento (*cluster*) pelo software Statistica 13.

4.3. Resultados e Discussão

A massa fresca da cereja-do-rio-grande variou de 1,57 g a 7,20 g, representada respectivamente pelos acessos CE016 e CE054, de modo que a média geral da massa fresca dos

frutos foi de 3,85 g (Tabela 3). Em cerejas-do-rio-grande analisadas por Camlofski (2008), a massa fresca dos frutos foi de 6,75 g, ou seja, valor superior ao apresentado pela maioria dos acessos avaliados. Já em relação ao número de sementes, os frutos continham de 1 a 2 sementes em 85,1% dos acessos, sendo que CE044 foi o acesso que apresentou maior quantidade, em média 4,43 de sementes por fruto (Tabela 3). No entanto, a maior massa de sementes foi observada em frutos do acesso CE025 (1,32 g), denotando que não é possível estabelecer uma relação entre a quantidade de sementes por fruto e a massa das sementes.

Tabela 3. Caracterização física de 46 acessos de cereja-do-rio-grande (*Eugenia involucrata* DC.).

Acesso	Variáveis															
	MF		MS		NS		REND		FIRM		DIAM		ALT		FORM	
CE001	3,71	e	0,44	e	1,87	c	87,84	a	0,163	e	16,88	e	23,38	f	1,39	c
CE004	2,11	h	0,35	f	1,13	e	83,09	b	0,417	a	14,46	g	18,33	i	1,27	e
CE005	2,26	h	0,49	e	1,13	e	77,50	d	0,259	c	14,29	g	19,79	h	1,39	c
CE006	1,88	i	0,40	f	1,33	d	77,92	d	0,363	b	14,35	g	17,07	j	1,20	f
CE007	2,38	h	0,43	f	1,33	d	80,78	c	0,320	b	14,85	g	18,01	i	1,21	f
CE008	1,91	i	0,45	e	1,30	d	75,66	d	0,190	e	14,53	g	14,48	m	1,00	h
CE009	2,24	h	0,39	f	1,07	e	81,69	c	0,256	c	15,82	f	16,04	k	1,02	h
CE011	2,11	h	0,37	f	1,07	e	81,20	c	0,330	b	14,69	g	16,15	k	1,11	g
CE012	2,54	g	0,51	e	1,40	d	79,04	c	0,328	b	15,24	g	17,24	j	1,13	g
CE015	2,49	h	0,35	f	1,07	e	84,26	b	0,278	c	14,85	g	20,57	h	1,40	c
CE016	1,57	j	0,31	f	1,13	e	77,02	d	0,258	c	13,38	h	13,92	m	1,04	h
CE017	1,72	j	0,38	f	1,07	e	76,86	d	0,495	a	13,66	h	15,34	l	1,13	g
CE019	2,05	i	0,42	f	1,10	e	75,98	d	0,287	c	13,87	h	17,30	j	1,26	e
CE022	4,25	d	0,63	d	2,23	c	85,78	b	0,211	d	17,16	e	22,71	f	1,32	d
CE023	6,03	b	0,63	d	1,47	d	89,16	a	0,136	f	21,22	a	24,38	e	1,15	g
CE024	4,60	d	0,72	c	1,87	c	83,57	b	0,150	f	19,69	c	22,28	g	1,14	g
CE025	6,52	a	1,32	a	2,97	b	79,21	c	0,130	g	21,44	a	26,76	c	1,25	e
CE026	2,71	g	0,36	f	1,97	c	86,66	b	0,192	e	15,79	f	20,00	h	1,27	e
CE027	2,60	g	0,35	f	1,00	e	86,67	b	0,133	f	15,06	g	18,94	i	1,26	e
CE028	6,18	b	0,71	c	2,93	b	88,97	a	0,263	c	20,38	b	23,74	e	1,17	g
CE029	4,21	d	0,58	d	1,83	c	86,48	b	0,107	g	16,58	e	25,04	e	1,51	a
CE030	3,13	f	0,45	e	2,57	b	85,78	b	0,159	f	15,87	f	17,36	j	1,10	g
CE031	4,74	c	0,86	b	1,93	c	80,64	c	0,166	f	18,51	d	24,02	e	1,30	d
CE032	4,53	d	0,63	d	1,40	d	86,15	b	0,184	e	18,36	d	23,01	f	1,26	e
CE033	4,85	c	0,71	c	1,13	e	84,51	b	0,179	e	20,08	c	23,19	f	1,16	g
CE035	5,82	b	0,81	c	1,37	d	85,47	b	0,216	d	19,81	c	26,18	c	1,33	d
CE038	5,09	c	0,76	c	1,23	e	84,72	b	0,182	e	19,62	c	23,32	f	1,19	f
CE039	5,30	c	0,60	d	1,23	e	87,49	a	0,207	d	19,80	c	22,92	f	1,16	g
CE040	2,94	f	0,50	e	1,70	c	83,34	b	0,171	e	16,92	e	20,45	h	1,21	f
CE041	4,81	c	0,59	d	2,00	c	87,93	a	0,100	g	19,19	c	25,42	d	1,33	d
CE042	4,59	d	0,52	e	1,90	c	88,93	a	0,089	h	19,26	c	24,33	e	1,27	e
CE043	3,58	e	0,48	e	2,57	b	86,65	b	0,123	g	17,46	e	25,22	d	1,45	b
CE044	3,73	e	0,90	b	4,43	a	76,24	d	0,135	f	17,11	e	25,53	d	1,50	a
CE045	3,35	f	0,48	e	2,10	c	85,85	b	0,166	e	15,77	f	23,68	e	1,53	a
CE046	3,44	f	0,55	e	1,60	d	84,34	b	0,113	g	16,29	f	24,79	e	1,53	a
CE047	4,71	c	0,54	e	1,80	c	88,62	a	0,106	g	18,80	d	23,52	f	1,26	e
CE048	3,36	f	0,39	f	1,53	d	88,89	a	0,136	f	17,18	e	21,37	g	1,25	e
CE049	4,33	d	0,54	e	1,80	c	88,02	a	0,073	h	17,75	d	24,06	e	1,37	c
CE050	3,11	f	0,33	f	1,30	d	89,56	a	0,104	g	16,18	f	22,99	f	1,43	b
CE051	4,34	d	0,60	d	1,60	d	86,63	b	0,092	h	16,49	e	26,24	c	1,59	a
CE052	2,97	f	0,43	f	1,40	d	85,85	b	0,142	f	16,05	f	23,45	f	1,46	b
CE053	4,49	d	0,60	d	2,93	b	86,73	b	0,088	h	19,04	d	25,51	d	1,35	d
CE054	7,20	a	1,06	b	2,73	b	85,22	b	0,145	f	22,26	a	29,11	b	1,31	d

CE055	4,50	d	0,55	d	1,97	c	87,46	a	0,174	e	18,57	d	26,66	c	1,44	b
CE056	4,97	c	0,65	d	1,13	e	86,68	b	0,197	e	19,92	c	22,52	g	1,13	g
CE057	7,06	a	0,67	d	1,23	e	90,70	a	0,299	b	19,88	c	30,86	a	1,56	a
Média geral	3,85		0,56		1,71		84,30		0,196		17,27		22,11		1,28	
CV (%)	38,35		35,70		40,15		4,97		47,39		13,50		17,71		11,67	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de significância. MF: massa fresca do fruto inteiro, em g; MS: massa das sementes, em g; NS: número de sementes; REND: rendimento da polpa, em %; FIRM: firmeza, em kgf cm⁻²; DIAM: diâmetro, em mm; ALT: altura, em mm; FORM: formato, relação ALT/DIAM; CV: coeficiente de variação, em %.

O maior rendimento de polpa foi de 90,70 %, observado em frutos do acesso CE057, os quais também apresentaram elevado valor de massa fresca dos frutos inteiro, de 7,06±1,43 g (Tabela 3). Contudo, alto rendimento de polpa não necessariamente esteve relacionado a uma maior massa fresca dos frutos inteiros. Esse é o caso do acesso CE025, o qual apesar de apresentar elevado valor de massa fresca dos frutos (6,52 g), também apresentou alto valor de massa de sementes (1,32 g), e portanto, um rendimento de polpa de 79,21 %, ou seja, abaixo da média geral dos acessos (84,30 %). O rendimento médio de polpa foi superior ao relatado por Donadio e Moro (2004) e Camlofski (2008) para a cereja-do-rio-grande. Contudo, os valores foram semelhantes aos descritos para outras mirtáceas nativas, como por exemplo a pitanga (*Eugenia uniflora* L.), que apresentou rendimento de polpa de 89% (PIO et al., 2005) e a cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.), de 84% (CAMILO et al., 2014).

A firmeza da cereja-do-rio-grande, em média geral, foi de 0,196 kgf cm⁻² (Tabela 3). Os maiores valores foram observados para os acessos CE004 e CE017, os quais foram de 0,417 kgf cm⁻² e 0,495 kgf cm⁻², respectivamente. Já os menores valores de firmeza foram apresentados pelos acessos CE042 (0,089 kgf cm⁻²), CE049 (0,073 kgf cm⁻²), CE051 (0,092 kgf cm⁻²) e CE053 (0,088 kgf cm⁻²). Os valores de firmeza observados para a cereja-do-rio-grande foram inferiores ao descrito por Teixeira et al. (2011) para a jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba* (Vell) Berg. cv. Sabara), de 0,55 kgf cm⁻². A firmeza é um atributo de qualidade do fruto de considerável importância para a comercialização (SILVA et al., 2005). A elevada variação (47,39%) nos valores de firmeza da cereja-do-rio-grande pode ser consequência de fatores ambientais, como as condições climáticas durante o cultivo e a colheita dos frutos, bem como da variabilidade genética dos acessos, já que a firmeza é altamente influenciada por esses aspectos (CHITARRA; CHITARRA, 2005; SILVA et al., 2005).

A análise das dimensões, tais como diâmetro e altura, são fundamentais para a caracterização do tamanho e formato do fruto. A cereja-do-rio-grande apresentou diâmetro médio de 17,24 mm e altura média de 22,16 mm (Tabela 3). Esses valores foram semelhantes aos descritos por Donadio (2004) e Camlofski (2008). Frutos de maior diâmetro foram observados nos acessos

CE025 (21,44 mm) e CE023 (21,22 mm). Já os frutos dos acessos CE016, CE017 e CE019 apresentaram os menores diâmetros, os quais foram de 13,38 mm, 13,66 mm e 13,87 mm, respectivamente. Em relação à altura dos frutos, o maior valor observado foi de 30,86 mm, para o acesso CE057 e os menores valores foram apresentados pelos acessos CE016 (13,92 mm) e CE008 (14,48 mm). Frutos com o formato elipsoide a piriforme prevaleceram em 93,6% dos acessos de cereja-do-rio-grande, ou seja, nestes acessos foi observado que a altura dos frutos foi maior que o diâmetro. Apenas os acessos CE008, CE009 e CE016 apresentaram frutos arredondados, nos quais a relação entre altura e diâmetro foi de 1,00; 1,02 e 1,04, respectivamente.

A fim de investigar a coloração externa dos frutos, três parâmetros colorimétricos foram analisados: luminosidade (L^*), cromaticidade (C^*) e ângulo hue (h°). A luminosidade, aspecto que classifica as cores em claras e escuras (KMSA, 1998), foi em média 34,61 para a cereja-do-rio-grande (Tabela 4). O maior valor para L^* foi apresentado pelo acesso CE005 (44,60), indicando frutos com cores mais claras quando comparados aos demais frutos analisados. Cerejas-do-rio-grande com coloração mais escura puderam ser observadas nos acessos CE027 e CE030, os quais apresentaram os menores valores para luminosidade, sendo 27,49 e 28,14, respectivamente.

A cromaticidade, que é relacionada a saturação da cor, foi em média 13,00 para a cereja-do-rio-grande (Tabela 4). Os menores valores de observados para C^* foram de 3,25 (CE051) e 3,44 (CE052). Valores baixos como esses apontam para frutos com baixa presença de pigmentos. Já o maior valor observado foi de 35,84, para o acesso CE015, indicando frutos com uma coloração mais intensa (KMSA, 1998).

Tabela 4. Coloração externa de 46 acessos de cereja-do-rio-grande (*Eugenia involucrata* DC.)

Acesso	Variáveis						Acesso	Variáveis					
	L*		C*		h°			L*		C*		h°	
CE001	34,75	f	11,96	e	16,61	g	CE033	31,22	h	12,23	e	18,53	g
CE004	40,80	b	30,07	a	33,57	c	CE035	33,15	g	5,86	h	6,91	j
CE005	44,60	a	33,39	a	40,96	a	CE038	31,89	h	8,42	f	15,19	h
CE006	42,46	b	31,49	a	35,11	b	CE039	32,36	h	15,91	d	21,58	f
CE007	41,89	b	27,55	b	28,41	d	CE040	34,64	f	6,14	h	1,87	k
CE008	39,11	c	30,62	a	32,90	c	CE041	34,95	f	7,35	g	10,82	i
CE009	38,33	d	25,34	b	30,85	d	CE042	35,05	f	5,34	i	17,90	g
CE011	36,76	e	24,19	b	25,78	e	CE043	35,75	e	5,49	i	20,13	g
CE012	34,90	f	24,47	b	24,49	e	CE044	34,01	g	6,32	h	20,87	g
CE015	40,81	b	35,84	a	37,97	b	CE045	35,23	f	4,14	k	15,40	h
CE016	36,06	e	27,16	b	28,45	d	CE046	35,59	e	5,34	i	18,75	g
CE017	39,51	c	30,47	a	30,12	d	CE047	35,91	e	4,91	j	20,08	g
CE019	33,24	g	18,72	c	25,00	e	CE048	35,88	e	4,06	k	9,41	j
CE022	29,00	i	12,46	e	22,06	f	CE049	35,72	e	6,16	h	5,28	j
CE023	33,18	g	9,45	f	12,03	i	CE050	35,77	e	3,80	k	354,34	l
CE024	33,89	g	12,49	e	17,35	g	CE051	35,14	f	3,25	l	354,15	l
CE025	31,68	h	6,80	g	8,26	j	CE052	35,47	e	3,44	l	349,32	m
CE026	31,69	h	4,73	j	2,62	k	CE053	36,47	e	9,58	f	9,73	j
CE027	27,49	j	5,42	i	20,37	g	CE054	31,01	h	8,65	f	8,85	j
CE028	28,52	i	9,34	f	23,02	f	CE055	29,09	i	7,29	g	18,13	g
CE029	28,44	i	12,32	e	22,27	f	CE056	33,52	g	6,78	h	8,44	j
CE030	28,14	j	8,38	f	21,27	f	CE057	32,88	g	4,56	j	10,99	i
CE031	31,87	h	8,41	f	12,25	i	Média geral	34,61		13,00		17,52	
CE032	34,24	f	12,02	e	17,73	g	CV (%)	11,16		75,79		3,01	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de significância. L*: luminosidade; C*: cromaticidade e h°: ângulo hue; CV: coeficiente de variação, em %.

Em relação à tonalidade da cor, a qual é dada pelo parâmetro ângulo hue, os acessos apresentaram tonalidade entre o vermelho e o vermelho-escuro, com variação nos valores de ângulo hue de 349,32° a 40,96°, representado pelos acessos CE052 e CE005, respectivamente (Tabela 4). Essa variação na tonalidade de cor apresentada pela cereja-do-rio-grande, dada pelo valor máximo e mínimo do ângulo hue, pode ser facilmente observada a olho humano (Figura 2).

Figura 2. Coloração externa de cereja-do-rio-grande: acessos CE005 e CE052.

Quanto ao teor de sólidos solúveis, a média geral dos acessos foi de 9,53 °Brix (Tabela 5), valor semelhante ao descrito por Camlofski (2008) para este mesmo fruto. Outras frutíferas nativas, como por exemplo, a pitanga (*Eugenia uniflora* L.) e a jabuticaba (*Plinia cauliflora*), apresentaram respectivamente os teores de SS médio de 11,8 °Brix (BAGETTI et al., 2011) e 12,6 °Brix (WAGNER JÚNIOR et al., 2017), ou seja, superiores a maior parte dos acessos de cereja-do-rio-grande que foram amostrados neste trabalho. Os acessos CE008 (14,53 °Brix), CE011 (15,08 °Brix), CE015 (15,12 °Brix) e CE017 (14,82 °Brix) foram os que apresentaram maiores valores para esse atributo, enquanto os menores teores de SS foram observados para os acessos de CE029 (5,97 °Brix) e CE055 (5,50 °Brix).

O teor de acidez titulável da cereja-do-rio-grande variou de 0,39 g 100 g⁻¹ EAC a 2,45 g 100 g⁻¹ EAC, representado pelos acessos CE030 e CE005, respectivamente (Tabela 5). A média geral dos acessos foi de 0,98 g 100 g⁻¹ EAC. Este valor foi superior ao descrito por Wagner Júnior et al. (2017) para a jabuticaba (*Plinia cauliflora*), de 0,64 g 100 g⁻¹ EAC. Contudo, o teor médio de AT para a cereja-do-rio-grande foi inferior ao reportado por Tokairin et al. (2018) para o cambuci, fruta nativa da Mata Atlântica, o qual foi de 1,93 g 100 g⁻¹ EAC.

Tabela 5. Caracterização química, compostos bioativos e capacidade antioxidante de 46 acessos de cereja-do-rio-grande (*Eugenia involucrata* DC.).

Acesso	Variáveis													
	SS		AT		RATIO		CFT		FT		ANT		CA	
CE001	7,37	h	0,64	f	11,60	d	131,28	i	23,42	d	23,22	g	34,79	g
CE004	12,57	c	1,73	b	7,48	g	128,26	i	19,02	e	9,10	i	32,58	h
CE005	11,35	d	2,45	a	4,68	h	109,50	j	15,93	f	10,56	i	28,86	h
CE006	12,03	c	1,77	b	6,89	g	156,31	h	19,19	e	10,66	i	37,32	g
CE007	13,77	b	1,39	c	10,09	e	156,92	h	20,10	e	14,15	h	37,22	g
CE008	14,53	a	1,90	b	7,77	g	149,17	h	19,23	e	11,34	i	37,18	g
CE009	13,82	b	1,36	c	10,20	e	140,29	i	23,63	d	15,51	h	36,85	g
CE011	15,08	a	1,53	b	9,98	e	143,64	i	24,63	d	16,97	h	39,21	g
CE012	12,73	c	1,77	b	7,25	g	140,10	i	27,07	d	19,72	h	42,65	f
CE015	15,12	a	1,89	b	8,08	g	143,04	i	25,50	d	11,47	i	39,21	g
CE016	12,80	c	1,99	b	6,47	g	173,40	g	20,32	e	17,65	h	44,49	f
CE017	14,82	a	1,80	b	8,25	f	87,35	k	21,76	e	12,46	i	28,99	h
CE019	12,70	c	1,73	b	7,36	g	121,39	j	16,46	f	12,82	i	45,59	f
CE022	7,00	h	1,04	d	6,73	g	196,36	f	20,90	e	53,12	e	54,83	e
CE023	8,18	g	0,57	g	14,42	c	165,25	h	13,36	g	20,54	h	40,67	g
CE024	8,33	g	0,58	g	14,25	c	138,65	i	13,38	g	6,44	i	31,83	h
CE025	11,00	d	1,13	d	10,40	e	256,14	e	23,15	d	39,57	f	51,13	e
CE026	6,40	i	0,45	h	14,17	c	372,69	c	45,09	b	85,34	d	108,42	a
CE027	9,78	e	0,73	f	13,33	c	565,99	a	63,37	a	179,49	a	118,08	a
CE028	6,68	i	0,77	f	8,72	f	241,04	e	17,23	f	43,26	f	58,97	d
CE029	5,97	j	0,71	f	8,36	f	200,96	f	16,06	f	28,51	g	62,92	d
CE030	6,92	h	0,39	h	18,01	b	332,15	c	32,81	c	77,97	d	93,67	b
CE031	8,82	f	0,81	e	10,85	e	287,14	d	19,43	e	43,91	f	67,75	d
CE032	8,62	f	0,92	e	9,34	f	188,15	g	16,65	f	23,71	g	43,25	f
CE033	8,88	f	0,91	e	9,76	e	210,48	f	18,45	e	36,80	f	57,00	e
CE035	7,13	h	0,85	e	8,43	f	268,61	d	23,44	d	60,86	e	68,08	d
CE038	8,45	f	0,84	e	10,09	e	224,85	e	20,61	e	36,88	f	46,05	f
CE039	8,02	g	1,02	d	7,94	g	203,97	f	13,97	g	17,85	h	52,25	e
CE040	8,72	f	0,41	h	21,39	a	350,16	c	40,25	b	83,67	d	86,92	b
CE041	7,15	h	0,58	g	12,46	d	207,09	f	26,84	d	51,93	e	76,02	c
CE042	8,03	g	0,66	f	12,14	d	250,03	e	29,59	c	73,34	d	79,24	c
CE043	6,58	i	0,41	h	15,93	b	324,42	c	37,30	b	109,63	c	97,04	b
CE044	9,13	e	0,59	g	16,08	b	462,99	b	37,41	b	99,59	c	99,83	b
CE045	8,10	g	0,42	h	19,41	a	426,80	b	37,23	b	117,67	c	113,14	a
CE046	10,60	d	0,50	g	21,18	a	274,26	d	40,75	b	68,17	e	88,84	b
CE047	8,67	f	0,51	g	16,86	b	282,38	d	32,63	c	88,11	d	93,23	b
CE048	7,73	h	0,84	e	9,23	f	255,48	e	37,42	b	106,54	c	93,21	b
CE049	7,57	h	0,45	h	16,82	b	193,05	f	13,46	g	15,18	h	84,84	b
CE050	6,98	h	0,48	g	14,45	c	340,01	c	42,00	b	101,04	c	81,62	c
CE051	9,60	e	0,84	e	11,49	d	352,60	c	55,14	a	151,51	b	100,94	b

CE052	9,47	e	0,78	e	12,08	d	480,57	b	44,94	b	135,14	b	125,07	a
CE053	6,58	i	0,55	g	11,98	d	159,87	h	30,83	c	36,63	f	77,52	c
CE054	7,08	h	0,72	f	9,87	e	158,83	h	18,31	e	18,88	h	69,14	d
CE055	5,50	j	0,51	g	10,72	e	155,83	h	37,87	b	36,78	f	71,03	d
CE056	8,50	f	0,99	d	8,60	f	173,83	g	25,24	d	58,55	e	77,37	c
CE057	13,73	b	0,97	d	14,21	c	210,71	f	27,07	d	52,23	e	75,99	c
Média geral	9,53		0,98		11,43		232,43		27,14		50,97		65,89	
CV (%)	29,3		55,0		34,9		46,14		42,25		83,34		40,77	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de significância. SS = teor de sólidos solúveis, em °Brix; AT = acidez titulável, em g 100 g⁻¹ EAC; RATIO: relação SS/AT; CFT: compostos fenólicos totais, em mg 100 g⁻¹ EAG; FT: flavonoides totais, em mg 100 g⁻¹; ANT: antocianinas totais, em mg 100 g⁻¹; CA: capacidade antioxidante pelo método do sequestro do radical livre DPPH, em µmol g⁻¹ ET; CV: coeficiente de variação, em %.

A relação entre o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável, conhecida por *ratio*, foi em média 11,43 para a cereja-do-rio-grande (Tabela 5). Este valor foi superior ao reportado para outras frutíferas, como a pitanga e a uvaia (*E. pyriformis* Cambess), de 7,23 (BAGETTI et al., 2011) e 6,14 (SILVA et al., 2018), respectivamente, e inferior ao descrito por Guedes et al. (2014) para a jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*), de 18,77. O maior *ratio* foi observado para o acesso CE040 (21,39), sendo isto consequência da baixa AT (0,41 g 100 g⁻¹ EAC) em relação ao teor de SS (8,72 °Brix). Já o menor *ratio* foi apresentado pelo acesso CE005 (4,68), o qual apesar de ter um conteúdo de SS de 11,35 °Brix, ou seja, acima da média para a cereja-do-rio-grande (9,53 °Brix), apresentou um elevado teor de AT (2,45 g 100 g⁻¹ EAC).

Quanto aos compostos bioativos, a quantidade média de compostos fenólicos totais foi de 232,43 mg 100 g⁻¹ EAG (Tabela 5). Esse valor foi superior ao descrito anteriormente para a cereja-do-rio-grande, de 136,56 mg 100 g⁻¹ EAG (CAMLOFSKI, 2008), e ao reportado por Stafussa et al. (2018) para outras espécies do gênero *Eugenia*, tal como a uvaia, a cagaita, a grumixama e a pitanga, as quais apresentaram valores de 132,48 mg 100 g⁻¹ EAG, 155,95 mg 100 g⁻¹ EAG, 207,83 mg 100 g⁻¹ EAG e 222,28 mg 100 g⁻¹ EAG, respectivamente. Dentre os acessos, o CE027 foi o que apresentou maior teor de CFT, de 565,99 mg 100 g⁻¹ EAG. Já o menor valor foi observado para os frutos do acesso CE017, de 87,35 mg 100 g⁻¹ EAG. A variação na quantidade de CFT dos acessos analisados pode ser consequência não somente dos fatores genéticos, como também dos fatores ambientais (CHEYNIER, 2012; TAIZ; ZEIGER, 2013).

O teor médio de flavonoides totais para a cereja-do-rio-grande foi de 27,14 mg 100 g⁻¹ (Tabela 5). Esse valor foi semelhante ao apresentado por Silva et al. (2019) para a uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) e superior ao descrito por Alezandro et al. (2013) para a jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba* (Vell) Berg. cv. Sabara). O acesso CE027 foi o que apresentou a maior quantidade de

flavonoides totais, no valor de 63,37 mg 100 g⁻¹. Já o menor teor de FT foi observado para o acesso CE023, de 13,36 mg 100 g⁻¹.

O teor médio de antocianinas totais para cereja-do-rio-grande foi de 50,97 mg 100 g⁻¹ (Tabela 5). Esse valor foi menor do que o apresentado por frutos considerados ricos em antocianinas, como por exemplo a jussara - *Euterpe edulis* (RUFINO et al., 2010), com teor de 192 mg 100 g⁻¹, e o mirtilo (REQUE et al., 2014), com teor 361,17 mg 100 g⁻¹. Entretanto, o valor apresentado pela cereja-do-rio-grande foi maior do que o observado para o morango por Wu et al. (2006), que foi de 21,2 mg 100 g⁻¹. Os valores de antocianinas das cerejas-do-rio-grande variaram de 6,44 mg 100 g⁻¹ a 179,49 mg 100 g⁻¹, representado pelos acessos CE024 e CE027, respectivamente. Ao menos 3 acessos (CE027, CE051 e CE052) apresentaram valores superiores aos reportados para o açaí (*Euterpe oleracea*), a jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) e a pitanga roxa, frutas conhecidas pelo alto teor de antocianinas (BAGETTI et al., 2011; RUFINO et al., 2010).

A capacidade antioxidante da cereja-do-rio-grande, mensurada pelo método de sequestro do radical livre DPPH, foi em média 65,89 µmol g⁻¹ ET (Tabela 5). Valores semelhantes para este fruto foram reportados por Nicácio et al. (2017). No entanto, o teor médio da CA da cereja-do-rio-grande foi menor do que o apresentado por outras frutas nativas brasileiras, como a grumixama, o cambuci, a pitanga e a jabuticaba (STAFUSSA et al., 2018). O maior valor de CA foi aferido no acesso CE052, de 125,07 µmol g⁻¹ ET. Já o menor teor de CA foi de 28,86 µmol g⁻¹ ET, sendo observado para o acesso CE005. A variação observada nos teores da capacidade antioxidante pode ser resultante da variação da concentração de compostos fenólicos totais e flavonoides totais, bem como de outros compostos bioativos, como carotenoides e ácido ascórbico (SOUZA et al., 2012).

A análise de agrupamento distinguiu três grupos (Figura 3). O grupo 1 concentrou 30,4% dos acessos estudados, os quais apresentaram valores maiores para o teor de sólidos solúveis e acidez titulável, bem como frutos com coloração mais clara – valores maiores para luminosidade e cromaticidade. Já no grupo 2, o qual concentrou a maior parte dos acessos (47,8%), os frutos distinguiram-se pelo tamanho, já que apresentavam dimensões maiores quando comparados aos demais. Por fim, o grupo 3 foi composto por 21,7% dos acessos, os quais apresentavam frutos com maior teor de compostos bioativos e capacidade antioxidante, bem como, coloração mais escura – indicada pelo ângulo hue.

Figura 3. Análise de agrupamento hierárquico (método de Ward; distância euclidiana) de 46 acessos de cereja-do-rio-grande (*Eugenia involucrata* DC.).

Com relação à análise de componentes principais, foram avaliadas 14 variáveis em frutos de cerejeira-do-rio-grande: massa do fruto (MF), massa das sementes (MS), altura (ALT), diâmetro (DIAM), luminosidade (L*), cromaticidade (C*), ângulo hue (h°), firmeza (FIRM), acidez titulável (AT), teor de sólidos solúveis (SS), compostos fenólicos totais (CFT), flavonoides totais (FT), antocianinas totais (ANT) e capacidade antioxidante (CA), as quais foram reduzidas a dois componentes. Esses dois componentes explicaram 75,46 % da variabilidade dos dados, em que 49,40 % corresponde ao fator 1 e 26,08 % corresponde ao fator 2 (Figura 4).

Figura 4. Análise de componentes principais em 46 acessos de cereja-do-rio-grande (*Eugenia involucrata* DC.): projeção das variáveis no plano fatorial.

Com a projeção dos acessos no plano fatorial (Figura 5), pode ser observado que no primeiro quadrante distinguíram-se os acessos com valores elevados de compostos bioativos, bem como frutos de coloração mais escura. Os acessos presentes neste quadrante são provenientes de Jundiá e Paraibuna. No segundo quadrante concentrou-se os acessos coletados em Piracicaba, os quais apresentaram valores elevados de SS, AT, C*, FIRM e L*, com destaque para o acesso CE005 que apresentou maior teor de AT e para o acesso CE017 que apresentou maior teor de SS. No terceiro quadrante houve a concentração de 38,3% dos acessos, os quais foram agrupados por

apresentarem valores semelhantes de características relacionadas ao tamanho dos frutos, tal como ALT, DIAM, MF e MS. Os acessos CE025 e CE054 se destacaram neste quadrante, uma vez que apresentaram maior diâmetro e massa fresca, respectivamente. Os acessos localizados no quarto quadrante, como o CE001 e o CE032, não se destacaram em nenhuma variável.

Figura 5. Análise de componentes principais de 46 acessos de cereja-do-rio-grande (*Eugenia involucrata* DC.): projeção dos acessos no plano fatorial.

4.4. Conclusão

Ao analisar os acessos de cereja-do-rio-grande constatou-se que os frutos possuíam, em média, de 1 a 2 sementes, rendimento de polpa médio de 84,30%, e *ratio* de 11,43. Essas características físico-químicas são essenciais para a aceitação dos frutos no mercado *in natura*, e principalmente, para a destinação ao processamento. Além disso, pode ser notada ampla variação na coloração externa, bem como nos teores de antocianinas totais. Elevadas concentrações de compostos bioativos e alta capacidade antioxidante foram observadas para 21,7% dos acessos de cereja-do-rio-grande. O acesso CE027 destacou-se quando comparado aos demais, já que

apresentou os maiores teores de compostos fenólicos, flavonoides e antocianinas, e consequentemente, alta capacidade antioxidante.

Referências

- ALEZANDRO, M. R. et al. Comparative study of chemical and phenolic compositions of two species of jaboticaba: *Myrciaria jaboticaba* (Vell.) Berg and *Myrciaria cauliflora* (Mart.) O. Berg. **Food Research International**, v. 54, n. 1, p. 468–477, 2013.
- AOAC. **Official Methods of Analysis**. 18. ed. Gaithersburg: Association of Official Analytical Chemists, 2005.
- BAGETTI, M. et al. Caracterização físico-química e capacidade antioxidante de pitangas (*Eugenia uniflora* L.). **Ciencia e Tecnologia de Alimentos**, v. 31, n. 1, p. 147–154, 2011.
- CALBO, A. G.; NERY, A. A. Medida de firmeza em hortaliças pela técnica de aplanção. **Horticultura Brasileira**, v. 13, p. 14–18, 1995.
- CAMILO, Y. M. V. et al. Caracterização de frutos e seleção de progênies de cagaiteiras (*Eugenia dysenterica* DC.). **Científica**, v. 42, n. 1, p. 1–10, 2014.
- CAMLOFSKI, A. M. O. **Caracterização do fruto de cerejeira (*Eugenia involucrata* DC) visando seu aproveitamento tecnológico**. 2008. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos): Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.
- CARVALHO, C. et al. **Análises químicas de alimentos**. Campinas: ITAL (manual técnico), 1990.
- CHEYNIER, V. Phenolic compounds: from plants to foods. **Phytochemistry Reviews**, v. 11, n. 2–3, p. 153–177, 2012.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças - fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005.
- DEGENHARDT, J. et al. **Cerejeira-do-mato (*Eugenia involucrata*)**. 1. ed. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007.
- DONADIO, L. C.; MÔRO, F. V.; SERVIDONE, A. A. **Frutas brasileiras**. 2. ed. Jaboticabal: Novos Talentos, 2004.
- DONADIO, L. C.; MORO, F. V. Potential of Brazilian *Eugenia* myrtaceae - As ornamental and as a fruit crop. **Acta Horticulturae**, v. 632, p. 65–68, 29 fev. 2004.
- FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. (Ed.). **Anthocyanins as food colors**. London: Academic Press, 1982. p. 181–206.
- GUEDES, M. N. S. et al. Fruit quality of jaboticaba progenies cultivated in a tropical climate of altitude. **Fruits**, v. 69, n. 6, p. 449–458, 2014.

- GUERRA, D. et al. Genetic and cytological diversity in cherry tree accessions (*Eugenia involucrata* DC) in Rio Grande do Sul. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 16, n. 3, p. 219–225, 2016.
- INFANTE, J. et al. Antioxidant and anti-Inflammatory activities of unexplored Brazilian native fruits. **PLoS ONE**, v. 11, n. 4, p. 1–13, 2016.
- KMSA. **Comunicação precisa da cor**: controle de qualidade da percepção à instrumentação. São Paulo: Konica Minolta Sensing America, 1998.
- KOTTEK, M. et al. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, n. 3, p. 259–263, 2006.
- LORENZI, H.; LACERDA, M. T. C. DE; BACHER, L. B. **Frutas no Brasil**: nativas e exóticas (de consumo *in natura*). São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2015.
- MARIN, R. et al. Volatile components and antioxidant activity from some myrtaceous fruits cultivated in southern Brazil. **Latin American Journal of Pharmacy**, v. 27, n. 2, p. 172–179, 2008.
- MENSOR, L. L. et al. Screening of Brazilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method. **Phytotherapy Research**, v. 15, n. 2, p. 127–130, 2001.
- NICÁCIO, A. E. et al. Antioxidant activity and determination of phenolic compounds from *Eugenia involucrata* DC. fruits by UHPLC-MS/MS. **Food Analytical Methods**, v. 10, n. 8, p. 2718–2728, 2017.
- PIO, R. et al. Características físico-químicas de frutos de pitangueira em função da altura de inserção na planta. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 11, n. 1, p. 105–107, 2005.
- REQUE, P. M. et al. Characterization of blueberry fruits (*Vaccinium* spp.) and derived products. **Food Science and Technology**, v. 34, n. 4, p. 773–779, 2014.
- RUFINO, M. DO S. M. et al. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, n. 4, p. 996–1002, 2010.
- SILVA, A. P. G. DA et al. Characteristics of the fruits of two uvaia populations grown in Salesópolis, SP, Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 2, p. e-511, 2018.
- SILVA, A. P. G. DA et al. Chemical composition, nutritional value and bioactive compounds in six uvaia accessions. **Food Chemistry**, v. 294, p. 547–556, 1 out. 2019.
- SILVA, M. M. DA et al. Influência dos fatores pré-colheita na perda de firmeza em frutos do mamoeiro (*Carica papaya* L.) cv. golden e gran golden. In: MARTINS, D. S. (Ed.). **Papaya Brasil**: mercado e inovações tecnológicas para o mamão. Vitória, ES: Incaper, 2005. p. 568–571.

- SOUZA, V. R. DE et al. Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. **Food Chemistry**, v. 134, n. 1, p. 381–386, 2012.
- STAFUSSA, A. P. et al. Bioactive compounds of 44 traditional and exotic Brazilian fruit pulps: phenolic compounds and antioxidant activity. **International Journal of Food Properties**, v. 21, n. 1, p. 106–118, 2018.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.
- TEIXEIRA, G. H. A. et al. Changes in the quality of jaboticaba fruit (*Myrciaria jaboticaba* (Vell) Berg. cv. Sabará) stored under different oxygen concentrations. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 91, n. 15, p. 2844–2849, 2011.
- TOKAIRIN, T. DE O. et al. Cambuci: a native fruit from the brazilian atlantic forest showed nutraceutical characteristics. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 5, p. e-666, 2018.
- WAGNER JÚNIOR, A. et al. Aspects of the sensorial quality and nutraceuticals of *Plinia cauliflora* fruits. **Acta Scientiarum - Agronomy**, v. 39, n. 4, p. 475–485, 2017.
- WOISKY, R. G.; SALATINO, A. Analysis of propolis: some parameters and procedure for chemical quality control. **Journal of Apicultural Research**, v. 37, p. 99–105, 1998.
- WU, X. et al. Concentrations of anthocyanins in common foods in the United States and estimation of normal consumption. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 11, p. 4069–4075, 2006.

5. CARACTERIZAÇÃO DE ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO DE CEREJA-DO-RIO-GRANDE

RESUMO

A cereja-do-rio-grande (*Eugenia involucrata* DC.), espécie nativa da Mata Atlântica, apresenta frutos com coloração vermelho-escura, sabor adocicado e alto teor de compostos bioativos. São restritos os conhecimentos acerca da fisiologia e do comportamento pós-colheita dessa fruta, o que dificulta a exploração comercial dessa espécie. O objetivo deste trabalho foi caracterizar os estádios de maturação da cereja-do-rio-grande, visando à determinação do ponto de colheita dos frutos. Foram colhidos frutos em três estádios de maturação, determinados de acordo com a coloração externa, e armazenados a $22\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Os frutos foram analisados diariamente quanto à atividade respiratória e produção de etileno. Análises físico-químicas, de compostos bioativos e capacidade antioxidante foram realizadas no primeiro e no último dia de vida útil do fruto, que variou de acordo com o estágio de maturação em que foram colhidos. Frutos colhidos nos estádios 1 e 2 apresentaram alterações nas características analisadas, no entanto, não atingiram qualidade semelhante àquela apresentada pelos frutos colhidos no estágio mais avançado – estágio 3. Durante o período de armazenamento, a atividade respiratória e a produção de etileno aumentaram para os frutos dos estádios 1 e 2, porém não foram observadas alterações para os frutos do estágio 3. A vida útil dos frutos colhidos no estágio 3 foi de apenas 2 dias. Os resultados indicaram que o ponto de colheita adequado para a cereja-do-rio-grande é o estágio 3 de maturação.

Palavras-chave: Ponto de colheita; Pós-colheita; Fisiologia

ABSTRACT

Cherry of the Rio Grande (*Eugenia involucrata* DC.) is native to the Atlantic Forest. It has dark red fruits, sweet flavor, and high content of bioactive compounds. Knowledge about the physiology and postharvest behavior of this fruit is restricted, which hinders the commercial exploitation of this species. The objective of this study was to characterize the ripening stages of the cherry of the Rio Grande, aiming to determine the harvest point of the fruits. Fruits were harvested at three maturation stages, determined according to external color, and stored at $22\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Fruit were analyzed daily for respiratory activity and ethylene production. Physicochemical, bioactive compounds and antioxidant capacity analyzes were carried out on the first and last day of the fruit's shelf life, which varied according to the ripening stage at which they were harvested. Fruit harvested at stages 1 and 2 exhibited changes in the characteristics studied but did not reach a comparable quality to that presented by fruits harvested at the most advanced stage - stage 3. During the storage period, respiratory activity and ethylene production increased for the fruits of stages 1 and 2, but no changes were observed for the fruit from the stage 3. The shelf life of the fruit harvested in stage 3 was only 2 days. Results indicated that the proper harvest point for cherry of the Rio Grande is the ripening stage 3.

Keywords: Harvest point; Postharvest; Physiology

5.1. Introdução

A cereja-do-rio-grande (*Eugenia involucrata* DC.) é uma espécie frutífera nativa da Mata Atlântica. Produz frutos de coloração vermelho-escuro, sabor adocicado e polpa suculenta, os quais comumente são destinados para o consumo *in natura* ou para a produção de sucos, doces e geleias (DONADIO; MÔRO; SERVIDONE, 2004). Além do uso alimentício, alguns estudos têm indicado que a cereja-do-rio-grande também tem potencial para o uso farmacêutico e cosmético, principalmente por ser uma fruta rica em compostos bioativos, e consequentemente, com alta capacidade antioxidante (INFANTE et al., 2016; MARIN et al., 2008; NICÁCIO et al., 2017).

No entanto, a falta de informações sobre a fisiologia e o comportamento pós-colheita da cereja-do-rio-grande tem sido um obstáculo para o aproveitamento comercial desse fruto. Nesse sentido, estudos acerca do seu desenvolvimento e fisiologia, principalmente quanto aos estádios de maturação, se faz necessário para que a colheita dos frutos seja realizada no momento adequado, já que, frutos colhidos fora do período ideal podem apresentar alterações negativas quanto aos atributos qualitativos observados pelo consumidor, como a cor, o sabor e o aroma (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Para isso, é necessário além de informações sobre as características físico-químicas e nutraceuticas da cereja-do-rio-grande, estudos sobre a taxa respiratória e a produção de etileno dos frutos (BASTOS et al., 2016). A determinação do ponto de colheita é essencial para que, durante a pós-colheita, as cerejas-do-rio-grande colhidas alcancem o seu potencial quanto à sua vida útil e aos atributos de qualidade (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Além disso, as informações obtidas pela caracterização dos estádios de maturação dos frutos possibilitam o desenvolvimento de técnicas de colheita, manuseio e conservação pós-colheita, e consequentemente, a comercialização dos frutos. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo determinar o ponto de colheita da cereja-do-rio-grande com base nas características qualitativas – como os parâmetros físico-químicos, compostos bioativos e capacidade antioxidante – e no comportamento respiratório dos frutos em diferentes estádios de maturação.

5.2. Material e Métodos

5.2.1. Coleta, acondicionamento e transporte

Cerejas-do-rio-grande em três estádios de maturação foram coletadas no município de Paraibuna – SP (latitude: 23° 27' 59,1" S; longitude: 45° 42' 45,7" O; altitude: 690 m). Os estádios

foram definidos de acordo com a coloração externa, sendo que o estágio 1 (E1) refere-se aos frutos que apresentam a coloração alaranjada, com manchas variando do amarelo ao vermelho; o estágio 2 (E2) é referente aos frutos que apresentam a casca predominantemente vermelha, com manchas em tonalidades mais escuras; e o estágio 3 (E3) são os frutos que apresentam a casca com coloração vermelho-escura (Figura 6).

Figura 6. Cerejas-do-rio-grande em três estádios de maturação.

Após a coleta, os frutos foram acomodados em recipientes plásticos e transportados em caixas térmicas com placas de gelo até o Laboratório de Pós-colheita de Produtos Hortícolas (Departamento de Produção Vegetal) da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo, em Piracicaba – SP, onde foram armazenados à $22\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $85 \pm 5\%$.

5.2.2. Análise da atividade respiratória e produção de etileno

Os frutos foram analisados quanto à atividade respiratória (produção de dióxido de carbono – CO_2) e à produção de etileno (C_2H_4). As análises foram realizadas diariamente até a senescência, cujo período variou conforme o estágio de maturação. Inicialmente, os frutos foram colocados em recipientes de vidro, os quais foram armazenados abertos em ambiente com

temperatura ($22\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa ($85 \pm 5\%$) controladas. Previamente à análise, os frascos foram fechados por 1 hora. Em seguida, com uma seringa, retirou-se uma amostra de 1 mL do ar contido dentro do frasco, a qual foi injetada em um cromatógrafo a gás, Trace 2000GC (Thermo Finnigan) equipado com detector por ionização de chama (FID), com nitrogênio como gás de arraste, a um fluxo de $33,3\text{ mL min}^{-1}$ e temperatura de coluna a $200\text{ }^{\circ}\text{C}$. Os resultados da atividade respiratória foram expressos em $\text{mL de CO}_2\text{ kg}^{-1}\text{ h}^{-1}$ e de produção de etileno em $\mu\text{L de C}_2\text{H}_4\text{ kg}^{-1}\text{ h}^{-1}$.

5.2.3. Análises físico-químicas, compostos bioativos e capacidade antioxidante

Para caracterização de cada estágio de maturação foram feitas avaliações no início e no final do armazenamento, o qual foi variável conforme o estágio de maturação. Em cada período de análise, os frutos foram avaliados ainda frescos quanto à coloração externa e a firmeza. Em seguida, amostras compostas por polpa e casca foram homogeneizadas com um mixer. Parte da amostra foi utilizada para a determinação do teor de sólidos solúveis e acidez titulável, e outra parte foi imediatamente congelada em nitrogênio líquido e armazenada a -80°C , para posterior realização das análises de compostos bioativos – compostos fenólicos totais, antocianinas totais e flavonoides totais – e capacidade antioxidante.

Coloração externa: foi aferida pelo colorímetro Minolta®, modelo CR-300. Foram realizadas duas leituras em pontos equidistantes na região equatorial dos frutos inteiros. Os resultados foram expressos em luminosidade (L^*), ângulo hue (h°) e cromaticidade (C^*).

Firmeza: foi medida pelo método da aplanção descrito por Calbo e Nery (1995), com os resultados expressos em kgf cm^{-2} .

Teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e *ratio* SS/AT: a quantificação do teor de sólidos solúveis foi realizada por leitura direta em refratômetro digital Atago PR-101, Palette, cujos resultados foram expressos em $^{\circ}\text{Brix}$ (AOAC, 2005). Já a acidez titulável foi determinada por titulação de neutralização, de acordo com a metodologia descrita por Carvalho et al. (1990). Para isso, foram preparados extratos contendo 5 g de amostra homogeneizada com 45 mL de água destilada. A titulação foi feita com NaOH à 0,1N até pH 8,1. O volume de NaOH usado na titulação foi medido e após os cálculos os resultados foram expressos em equivalentes ácido cítrico (EAC; $\text{g } 100\text{ g}^{-1}$ de massa fresca). Valores de *ratio* foram calculados pela relação entre sólidos solúveis e acidez titulável.

Compostos fenólicos totais (CFT): O preparo do extrato, na concentração de 10 mg mL^{-1} , foi realizado empregando etanol 80% como extrator. A quantificação dos compostos fenólicos

totais foi feita após a reação de oxidação com o reagente Folin-Ciocalteou (WOISKY; SALATINO, 1998). Para isso, utilizou-se uma alíquota de 0,5 mL de extrato, 2,5 mL de solução Folin-Ciocalteou (diluição 1:10) e 2 mL de carbonato de sódio a 4%. A leitura foi feita em espectrofotômetro na absorvância de 740 nm. Os resultados foram expressos em equivalentes de ácido gálico (EAG; mg 100 g⁻¹ de massa fresca), de acordo com a curva de calibração.

Antocianinas totais (ANT) e flavonoides totais (FT): A análise foi realizada segundo a metodologia de Francis (1982). O extrato, na concentração de 10 mg mL⁻¹, foi preparado utilizando-se a solução etanol 95% - HCl 1,5 N (85:15). A leitura foi realizada na absorvância de 535 nm (antocianinas totais) e 374 nm (flavonoides totais). Os resultados foram expressos em mg 100 g⁻¹ de massa fresca, para a análise de antocianinas totais; e em mg 100 g⁻¹ de quercetina, com base em massa fresca, para flavonoides totais.

Capacidade antioxidante (CA): O extrato foi preparado na concentração de 10 mg mL⁻¹ e utilizou-se como extrator etanol 80%. A quantificação da capacidade antioxidante foi realizada pelo método de sequestro do radical livre DPPH (2,2-difenil-1- picril-hidrazil), adaptado de Mensor et al. (2001), no qual tomou-se uma alíquota de 0,5 mL do extrato e adicionou-se 3 mL de etanol 100% e 0,5 mL de solução DPPH a 0,5 mM. A leitura foi feita em espectrofotômetro na absorvância 517 nm. Os resultados foram expressos em equivalentes trolox (ET; µmol g⁻¹ de massa fresca), de acordo com a curva de calibração.

5.2.4. Análise dos resultados

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com esquema fatorial 3x2, sendo três estádios de maturação e dois períodos de avaliação. Para cada tratamento foram utilizadas três repetições com cinco frutos cada. Os resultados das análises físico-químicas, de compostos bioativos e capacidade antioxidante foram submetidos a análise de variância (ANOVA) seguida de teste de Tukey ao nível de 5% de significância para avaliação das médias. Já os resultados da análise da atividade respiratória e produção de etileno foram comparados graficamente com o auxílio de barras verticais do erro padrão da média.

5.3. Resultados e Discussão

5.3.1. Análise da atividade respiratória e produção de etileno

Frutos colhidos no estágio 1 duraram 4 dias, enquanto frutos colhidos no estágio 2 tiveram duração de 3 dias e frutos do estágio 3, 2 dias. A atividade respiratória e a produção de etileno variaram de acordo com o estágio de maturação em que os frutos foram colhidos (Figura 7). Durante o armazenamento pode ser observado aumento na atividade respiratória dos frutos dos estágios 1 e 2, sendo que, ao final o E1 apresentava valores de 124,91 mL de CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ e o E2, valores de 126,28 mL de CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ (Figura 7A). Já os frutos do estágio 3 não apresentaram alteração na atividade respiratória no período após a colheita, sendo que ao final, o valor era de 105,98 mL de CO₂ kg⁻¹ h⁻¹. Dessa forma, pode se notar que ao final não houve diferença significativa nos valores de atividade respiratória dos frutos quando comparados todos os estágios.

Em relação à produção de etileno, foi observado aumento durante o armazenamento para os frutos dos estágios 1 e 2 (Figura 7B). Já os frutos do estágio 3 não apresentaram variação na produção de etileno. Ao final, os valores de produção de etileno apresentados pelo estágio 1 (7,19 µL de C₂H₄ kg⁻¹ h⁻¹) e pelo estágio 2 (7,35 µL de C₂H₄ kg⁻¹ h⁻¹) foram superiores ao apresentado pelos frutos do estágio 3 (1,86 µL de C₂H₄ kg⁻¹ h⁻¹). O aumento na taxa respiratória e na produção de etileno, observado após a colheita, para frutos colhidos nos estágios 1 e 2, pode estar relacionado às alterações bioquímicas descritas neste trabalho para esses frutos, tal como a alteração na cor, a perda da firmeza e a redução do teor de sólidos solúveis.

Figura 7. Atividade respiratória (A) e produção de etileno (B) de cereja-do-rio-grande em três estádios de maturação.

5.3.2. Análises físico-químicas, compostos bioativos e capacidade antioxidante

No final do armazenamento foi observado que os frutos colhidos no estágio 1 e no estágio 2 tiveram alterações significativas na coloração – atributo físico utilizado para a definição dos estádios; no entanto, não atingiram a mesma coloração dos frutos colhidos no estágio 3 (Figura 8).

Figura 8. Cerejas-do-rio-grande em três estádios de maturação, no início e no fim do armazenamento.

A percepção visual das alterações da cor da casca após o armazenamento dos frutos foi elucidada ao analisar os parâmetros da coloração, tal como a luminosidade, a cromaticidade e a tonalidade – dada pelo ângulo hue. Os parâmetros luminosidade e cromaticidade tiveram comportamento semelhante (Figuras 9A e 9B). Verificou-se que para os estádios 1 e 2 houve um decréscimo nos valores de luminosidade e cromaticidade, indicando que no final do armazenamento os frutos de E1 e E2 apresentaram cores mais escuras, porém menos pigmentadas, em relação à coloração observada para estes estádios no dia da colheita.

Contudo, tanto no início quanto no fim do armazenamento, os frutos colhidos no estágio 3 foram os que apresentaram os menores valores de luminosidade e cromaticidade. Apesar de ter sido observada uma redução nos valores destes parâmetros para os frutos colhidos nos estádios 1 e 2, no final do armazenamento os frutos colhidos no estágio 3 ainda apresentavam coloração mais escura e menos pigmentada quando comparado aos demais estádios.

Em relação à tonalidade, observou-se uma diferença significativa entre os frutos de cada estágio no dia da colheita (Figura 9C). O estágio 1 apresentou ângulo hue de $63,68^\circ$, indicando a tonalidade laranja. Já o estágio 2, de $29,24^\circ$, a casca dos frutos apresentava a tonalidade vermelha; e o estágio 3, de $9,64^\circ$, a tonalidade vermelho-escura. No final do armazenamento foi observada

uma diminuição dos valores de ângulo hue dos estádios 1 e 2, para 20,20° e 17,60°, respectivamente, de forma que a tonalidade dos frutos colhidos em E1 e E2 tornou-se semelhante a tonalidade dos frutos colhidos em E3 (12,31°), ou seja, vermelho-escura.

Figura 9. Coloração externa - luminosidade (A), cromaticidade (B) e ângulo hue (C) – e firmeza (D) de cereja-do-rio-grande (*Eugenia involucrata* DC.) em três estádios de maturação, analisadas no início e no fim do armazenamento. Período: I = Início, análise realizada no dia da colheita e F = fim, análise realizada no último dia do armazenamento. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúsculas comparam estádios em cada período e minúsculas comparam períodos em cada estádio, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

A firmeza do fruto – atributo de qualidade pós-colheita relacionado diretamente ao amadurecimento – foi menor no dia da colheita para frutos do estádio 3, de 0,141 kgf cm⁻² do que para os frutos colhidos nos estádios 1 e 2, de 0,435 kgf cm⁻² e 0,345 kgf cm⁻², respectivamente

(Figura 9D). Após o armazenamento, foi observado que os frutos colhidos nos estádios 1 ($0,115 \text{ kgf cm}^{-2}$) e 2 ($0,184 \text{ kgf cm}^{-2}$) tiveram um decréscimo na firmeza, atingindo valores semelhantes ao apresentado pelos frutos do estágio 3 ($0,159 \text{ kgf cm}^{-2}$). A perda da firmeza no decorrer do amadurecimento é um processo natural, já que as células vegetais tendem à diminuição da turgescência, e consequentemente à perda da estrutura celular (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Quanto às características químicas relacionadas ao sabor – teor de sólidos solúveis e acidez titulável – pôde ser observado que os frutos colhidos no estágio 3 não apresentaram alterações nos valores, enquanto os frutos do estágio 1 tiveram um decréscimo significativo durante o armazenamento tanto para o teor de SS ($4,55^\circ\text{Brix}$, inicial; $3,73^\circ\text{Brix}$, final) quanto para a AT ($1,93 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1} \text{ EAC}$, inicial; $0,90 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1} \text{ EAC}$, final) – Figura 10A e 10B. Já os frutos do estágio 2 apresentaram uma redução significativa no teor de SS, de $5,20^\circ\text{Brix}$ para $4,42^\circ\text{Brix}$, no entanto, não houve alterações significativas para os valores de acidez titulável durante o armazenamento.

Figura 10. Caracterização química – sólidos solúveis (A), acidez titulável (B) e *ratio* (C) – de cereja-do-rio-grande (*Eugenia involucrata* DC.) em três estádios de maturação, analisadas no início e no fim do armazenamento. Período: I = Início, análise realizada no dia da colheita e F = fim, análise realizada no último dia do armazenamento. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúsculas comparam estádios em cada período e minúsculas comparam períodos em cada estágio, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

O decréscimo no teor de sólidos solúveis, conforme observado para os estádios 1 e 2, e no valor de acidez titulável – observado somente para E1, está associado à fisiologia pós-colheita dos frutos. Durante o armazenamento, alguns processos fisiológicos – como por exemplo, a atividade respiratória – acarretam o consumo de açúcares e ácidos orgânicos, e consequentemente, a diminuição do teor de sólidos solúveis e da acidez titulável (BRACKMANN et al., 2014).

Conforme pôde ser observado anteriormente, ao longo do armazenamento houve uma elevação da atividade respiratória para os frutos colhidos nos estádios 1 e 2, enquanto os frutos do estágio 3 a mantiveram constante (Figura 7A). Esse comportamento da atividade respiratória dos frutos justifica o teor de SS e AT relatado para cada estágio no final do armazenamento.

Os frutos do estágio 3 foram os que apresentaram o maior teor de sólidos solúveis, bem como a menor acidez titulável. Resultados semelhantes a esse foram obtidos por Freitas et al. (2019) ao analisar uvaíias (*Eugenia pyriformis* Cambess) em diferentes estádios de maturação. Esse desempenho foi observado tanto no dia da colheita (8,32 °Brix; 0,45 g 100g⁻¹ EAC) quanto no final do armazenamento (8,07 °Brix; 0,48 g 100 g⁻¹ EAC), visto que após o armazenamento os frutos colhidos nos estádios 1 e 2 não atingiram os mesmos valores daqueles colhidos no estágio 3. Consequência disso, o *ratio* SS/AT foi consideravelmente maior para o estágio 3; tanto no início, de 18,37, quanto no final do armazenamento, de 16,94 (Figura 10C). Não houve alterações significativas no *ratio* SS/AT dos frutos do estágio 2, apesar da redução do teor de sólidos solúveis no armazenamento. Já o *ratio* SS/AT do estágio 1 aumentou, de 2,36 para 4,15, devido ao decréscimo da acidez titulável no final.

Esses resultados são um indicativo de que os frutos devem ser colhidos no estágio de maturação mais tardio, já que o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável são parâmetros associados ao sabor, e consequentemente, à qualidade dos frutos – tanto para o consumo *in natura* quanto para o processamento (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Comportamento semelhante a esse – onde o estágio de maturação mais avançado apresenta o maior teor de SS e a menor AT – também pôde ser observado ao estudar os estádios de maturação de outros frutos, como por exemplo a jaboticaba – *Myrciaria jaboticaba* (Vell.) O. Berg (BECKER et al., 2015), a murta – *Eugenia gracillima* Kiaersk. (ARAUJO et al., 2016) e o araçá - *Psidium guineense* Swartz (MELO; SELEGUINI; VELOSO, 2013). Frutos mais maduros, ou seja, colhidos em estádios de maturação mais tardios, apresentam valores de SS maiores devido aos processos metabólicos, tal como a biossíntese ou degradação dos polissacarídeos durante o desenvolvimento dos frutos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Quanto ao teor de compostos fenólicos totais, inicialmente, frutos colhidos no estágio 3 apresentaram os maiores valores, de 502,23 mg 100 g⁻¹ EAG, e frutos colhidos no estágio 1, os menores valores, de 239,99 mg 100 g⁻¹ EAG (Figura 11A). O estágio de maturação dos frutos é um dos fatores que influenciam positivamente o teor de CFT no momento da colheita, de forma que frutos colhidos em estádios mais avançados tendem a apresentar maiores teores de CFT (EICHHOLZ; HUYSKENS-KEIL; ROHN, 2015). Esse comportamento também foi reportado

por Betta et al. (2018) para outros frutos, tais como o araçá-amarelo (*Psidium cattleianum*), o guabiju (*Myrcianthes pungens*) e a jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*).

Figura 11. Compostos bioativos – compostos fenólicos totais (A), flavonoides totais (B) e antocianinas totais (C) – e capacidade antioxidante (D) de cereja-do-rio-grande (*Eugenia involucrata* DC.) em três estádios de maturação, analisadas no início e no fim do armazenamento. Período: I = Início, análise realizada no dia da colheita e F = fim, análise realizada no último dia do armazenamento. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúsculas comparam estádios em cada período e minúsculas comparam períodos em cada estágio, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

No entanto, após o armazenamento observou-se um decréscimo no teor de CFT para os frutos do estágio 3 (431,80 mg 100 g⁻¹ EAG). Isso pode estar relacionado com a diminuição de alguns compostos fenólicos – como por exemplo, o ácido gálico – ao final do processo de

amadurecimento dos frutos, sendo que essa redução é decorrente da utilização dos fenólicos na biossíntese de outros compostos (ARENA; POSTEMSKY; CURVETTO, 2012; BETTA et al., 2018). Comportamento semelhante a esse, onde frutos têm o teor de CFT diminuído ao final do amadurecimento, também foi relatado para outros frutos, como o pêssego (SCORDINO et al., 2012), o mirtilo (SILVA et al., 2017) e a juçara (BICUDO; RIBANI; BETA, 2014). Em contradição a isso, ao final do armazenamento foi observado um aumento do teor de CFT para os frutos do estágio 1 (415,89 mg 100 g⁻¹ EAG). Isso pode ser decorrente de modificações bioquímicas que acontecem no início do processo de amadurecimento dos frutos, como por exemplo, o rearranjo dos fenólicos, o qual acarreta mudanças na composição e no acúmulo dos CFT (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Não foram observadas alterações significativas entre o teor de flavonoides totais dos frutos analisados no início e no final do armazenamento, independente do estágio de maturação em que foram coletados (Figura 11B). Isso pode ser explicado pelo fato de que a concentração de flavonoides totais está relacionada principalmente aos fatores pré-colheita, tal como fatores genéticos, bem como às respostas ao estresse de origem biótica ou abiótica do ambiente de cultivo (KADER, 2002; PETRUSSA et al., 2013).

Além disso, observou-se que os frutos colhidos no estágio de maturação mais avançado, ou seja, no estágio 3, apresentaram maiores quantidades de flavonoides totais (inicial: 63,62 mg 100 g⁻¹; final: 57,52 mg 100 g⁻¹) quando comparado aos frutos dos demais estágios. Segundo Eichholz, Huyskens-Keil e Rohn (2015), a biossíntese de flavonoides está diretamente relacionada com o desenvolvimento e maturação dos frutos. Essa tendência – maior teor de flavonoides totais em frutos mais maduros – também foi relatada para outras frutas, tais como, mirtilo - *Vaccinium corymbosum* L. (SILVA et al., 2017) e *Vaccinium myrtillus* (JAAKOLA et al., 2002), morango – *Fragaria* sp e amora – *Morus* sp (MAHMOOD et al., 2012).

Em relação ao teor de antocianinas totais, inicialmente, frutos colhidos no estágio 1 apresentaram o valor de 2,56 mg 100 g⁻¹, sendo que após o armazenamento, esse valor foi de 17,72 mg 100 g⁻¹ (Figura 11C). Contudo, esse aumento do teor de antocianinas para os frutos do estágio 1 não foi significativo, de forma que os resultados não se aproximaram ao dos frutos colhidos no estágio mais avançado – estágio 3. O mesmo foi observado para frutos do estágio 2, os quais não apresentaram alterações significativas no teor de antocianinas no período após a colheita.

Já no estágio 3, foi observada uma diminuição do teor de antocianinas (inicial: 182,28 mg 100 g⁻¹; final: 161,24 mg 100 g⁻¹). Essa redução nos valores pode estar relacionada à degradação desse pigmento, a qual é consequência da ação de enzimas – como a polifenoloxidase e a peroxidase

– presentes no período final do amadurecimento e início da senescência (EICHHOLZ; HUYSKENS-KEIL; ROHN, 2015; SILVA et al., 2017).

Quanto à capacidade antioxidante, foi observado que os frutos dos estádios 1 e 2 apresentaram um aumento significativo nos valores dessa característica (Figura 11D). Inicialmente, o valor apresentado pelos frutos do estádio 1 foi de 40,73 $\mu\text{mol g}^{-1}$ ET e o estádio 2 foi de 44,07 $\mu\text{mol g}^{-1}$ ET, ao passo que ao final o valor apresentado pelo estádio 1 foi de 71,07 $\mu\text{mol g}^{-1}$ ET e pelo estádio 2 foi de 56,87 $\mu\text{mol g}^{-1}$ ET. Esse aumento na capacidade antioxidante pode estar relacionada às modificações bioquímicas que ocorrem no início do amadurecimento, tais como o aumento e o rearranjo dos compostos fenólicos (TAIZ; ZEIGER, 2013). No entanto, segundo Dabbou et al. (2017) há outros compostos que também são responsáveis por alterar a capacidade antioxidante. Isso explica o fato de que, apesar da redução do teor de compostos fenólicos totais dos frutos do estádio 3, o valor da capacidade antioxidante não foi alterado.

5.4. Conclusão

Os resultados indicaram que o ponto de colheita adequado para a cereja-do-rio-grande é o estádio 3. As alterações ocorridas durante a pós-colheita dos frutos dos estádios 1 e 2 – quanto às características físico-químicas, compostos bioativos e capacidade antioxidante – não foram suficientes para que os frutos atingissem qualidade semelhante aos frutos de E3. Contudo, em temperatura ambiente, a vida útil dos frutos colhidos no estádio 3 é de apenas 2 dias. Esses resultados obtidos serão essenciais para o desenvolvimento de técnicas de conservação pós-colheita que visem prolongar a vida útil do fruto e viabilizar a comercialização da cereja-do-rio-grande.

Referências

- AOAC. **Official Methods of Analysis**. 18. ed. Gaithersburg: Association of Official Analytical Chemists, 2005.
- ARAÚJO, D. R. DE et al. Caracterização dos estádios de maturação dos frutos da murta. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 2, p. e-712, 30 jun. 2016.
- ARENA, M. E.; POSTEMSKY, P.; CURVETTO, N. R. Accumulation patterns of phenolic compounds during fruit growth and ripening of *Berberis buxifolia*, a native Patagonian species. **New Zealand Journal of Botany**, v. 50, n. 1, p. 15–28, 2012.
- BASTOS, V. J. et al. Harvest point determination of indian jujube fruit (*Ziziphus mauritiana* L.) based on physicochemical and functional parameters. **Scientia Horticulturae**, v. 213, p. 392–402, 2016.

- BECKER, F. S. et al. Caracterização de jabuticaba ‘Sabará’ em diferentes estádios de maturação. **Acta Scientiarum - Agronomy**, v. 37, n. 4, p. 457–462, 1 out. 2015.
- BETTA, F. DELLA et al. Phenolic compounds determined by LC-MS/MS and in vitro antioxidant capacity of brazilian fruits in two edible ripening stages. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 73, n. 4, p. 302–307, 1 dez. 2018.
- BICUDO, M. O. P.; RIBANI, R. H.; BETA, T. Anthocyanins, phenolic acids and antioxidant properties of juçara fruits (*Euterpe edulis* M.) along the on-tree ripening process. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 69, n. 2, p. 142–147, 2014.
- BRACKMANN, A. et al. Respiration rate and its effect on mass loss and chemical qualities of “Fuyu” persimmon fruit stored in controlled atmosphere. **Ciência Rural**, v. 44, n. 4, p. 612–615, 2014.
- CALBO, A. G.; NERY, A. A. Medida de firmeza em hortaliças pela técnica de aplanção. **Horticultura Brasileira**, v. 13, p. 14–18, 1995.
- CARVALHO, C. et al. **Análises químicas de alimentos**. Campinas: ITAL (manual técnico), 1990.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças - fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005.
- DABBOU, S. et al. Carotenoids, phenolic profile, mineral content and antioxidant properties in flesh and peel of *Prunus persica* fruits during two maturation stages. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 72, n. 1, p. 1–8, 2017.
- DONADIO, L. C.; MÔRO, F. V.; SERVIDONE, A. A. **Frutas brasileiras**. 2. ed. Jaboticabal: Novos Talentos, 2004.
- EICHHOLZ, I.; HUYSKENS-KEIL, S.; ROHN, S. **Blueberry Phenolic Compounds: Fruit maturation, ripening and post-harvest effects**. [s.l.] Elsevier Inc., 2015.
- FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. (Ed.). **Anthocyanins as food colors**. London: Academic Press, 1982. p. 181–206.
- FREITAS, T. P. et al. Aroma and soluble solid contents of the uvaia—a native Atlantic rainforest fruit—are negatively affected by early harvest. **Journal of Food Biochemistry**, v. 43, n. 7, 7 jul. 2019.
- INFANTE, J. et al. Antioxidant and anti-Inflammatory activities of unexplored Brazilian native fruits. **PLoS ONE**, v. 11, n. 4, p. 1–13, 2016.
- JAAKOLA, L. et al. Expression of genes involved in anthocyanin biosynthesis in relation to anthocyanin, proanthocyanidin, and flavonol levels during bilberry fruit development. **Plant Physiology**, v. 130, n. 2, p. 729–739, 2002.

- KADER, A. A. Fruits in the global market. In: KNEE, M. (Ed.). **Fruit quality and its biological basis**. Sheffield: Sheffield Academic Press, 2002. p. 279.
- MAHMOOD, T. et al. Effect of maturity on phenolics (phenolic acids and flavonoids) profile of strawberry cultivars and mulberry species from Pakistan. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 13, n. 4, p. 4591–4607, 2012.
- MARIN, R. et al. Volatile components and antioxidant activity from some myrtaceous fruits cultivated in southern Brazil. **Latin American Journal of Pharmacy**, v. 27, n. 2, p. 172–179, 2008.
- MELO, A. P. C. DE; SELEGUINI, A.; VELOSO, V. DA R. S. Caracterização física e química de frutos de araçá (*Psidium guineense* swartz). **Comunicata Scientiae**, v. 4, n. 1, p. 91–95, 2013.
- MENSOR, L. L. et al. Screening of Brazilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method. **Phytotherapy Research**, v. 15, n. 2, p. 127–130, 2001.
- NICÁCIO, A. E. et al. Antioxidant activity and determination of phenolic compounds from *Eugenia involucrata* DC. fruits by UHPLC-MS/MS. **Food Analytical Methods**, v. 10, n. 8, p. 2718–2728, 2017.
- PETRUSSA, E. et al. Plant flavonoids-biosynthesis, transport and involvement in stress responses. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 14, n. 7, p. 14950–14973, 2013.
- SCORDINO, M. et al. Phenolic characterization of sicilian yellow flesh peach (*Prunus persica* L.) cultivars at different ripening stages. **Journal of Food Quality**, v. 35, n. 4, p. 255–262, 2012.
- SILVA, S. et al. Variation of anthocyanins and other major phenolic compounds throughout the ripening of four Portuguese blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) cultivars. **Natural Product Research**, v. 31, n. 1, p. 93–98, 2017.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.
- WOISKY, R. G.; SALATINO, A. Analysis of propolis: some parameters and procedure for chemical quality control. **Journal of Apicultural Research**, v. 37, p. 99–105, 1998.