

ALEXANDRA GOEDE DE SOUZA

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA, NUTRICIONAL E
ANTIOXIDANTE EM FRUTOS E FLORES DE GENÓTIPOS DE
GOIABEIRA-SERRANA**

[*Acca sellowiana* (Berg.) Burret]

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias do Centro de Ciências Agroveterinárias, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal.

Orientador: Ph.D. Cassandro Vidal
Talamini do Amarante

**LAGES – SC
2015**

S729c

Souza, Alexandra Goede de

Caracterização física, química, nutricional e antioxidante em frutos e flores de genótipos de goiabeira-serrana [*acca sellowiana* (berg.) Burret] / Alexandra Goede de Souza - Lages, 2015.

168 p. : il. ; 21 cm

Orientador: Cassandro Vidal Talamini do Amarante

Bibliografia: p. 148-168

Tese (doutorado) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveteinárias, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2015.

1. Feijoa *sellowiana* Berg. 2. Genótipo. 3. Fruto. 4. Flores comestíveis. 5. Pós-colheita. 6. Antioxidantes.

I. Souza, Alexandra Goede de. II. Amarante, Cassandro Vidal Talamini do. III. Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. IV. Título

ALEXANDRA GOEDE DE SOUZA

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA, NUTRICIONAL E
ANTIOXIDANTE EM FRUTOS E FLORES DE GENÓTIPOS DE
GOIABEIRA-SERRANA**

[*Acca sellowiana* (Berg.) Burret]

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias,
da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial
para obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal.

Banca Examinadora

Orientador:

Prof. Ph.D. Cassandro Vidal Talamini do Amarante
UDESC/Lages – SC

Membros da Banca:

Prof. Dr. Cristiano André Steffens
UDESC/Lages – SC

Dra. Cláudia Kaehler Sautter
UFSM/Santa Maria - RS

Dr. Ivan Sestari
UFSC /Curitibanos – SC

Dr. Clenilso Sehnen Mota
UDESC/Lages - SC

Lages – SC, 03/07/2015

Ao meu marido, *Laércio*, e a
minha filha, *Maria Eduarda*.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Ao professor Cassandro Vidal Talamini do Amarante, pela orientação e confiança.

Ao professor Cristiano André Steffens, por sua contribuição na co-orientação neste trabalho.

Ao CAV/UDESC, pela oportunidade de realização do doutorado. Aos professores do Doutorado em Produção Vegetal, pelos ensinamentos transmitidos.

Ao Programa de Bolsas de Pós-Graduação (FUMDES) da Secretaria de Educação do Estado de Santa Catarina, pela concessão de Bolsa.

A EPAGRI, por ceder o material vegetal necessário para elaboração das pesquisas, coletados na Estação Experimental de São Joaquim-SC.

Ao Técnico Humberto Nunes Ribeiro, pelo apoio à realização dos experimentos.

Ao IF Catarinense, pela liberação para realização do curso.

A amiga e colega Thalita Dal Toé Benincá, que não mediu esforços para auxiliar na execução do projeto.

Aos bolsistas, voluntários e colegas do Laboratório de Fisiologia Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV/UDESC) de Lages-SC, pela ajuda na realização dos experimentos.

Aos colegas do IFCatarinense - Campus de Rio do Sul, pela amizade e incentivo.

Enfim, a todos os colegas e amigos que de uma maneira ou outra contribuíram para conclusão deste trabalho.

RESUMO

SOUZA, Alexandra Goede de. **Caracterização física, química, nutricional e antioxidante em frutos e flores de genótipos de goiabeira-serrana [*acca sellowiana* (berg.) Burret]**. 2015. 168 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal – Área: Biologia e Tecnologia Pós-Colheita) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Lages, 2015.

Este trabalho teve como objetivo caracterizar os atributos de qualidade [perda de massa fresca, acidez titulável (AT), teor de sólidos solúveis (SS), relação SS/AT, pH, coloração da casca e da polpa, textura, conteúdo de vitamina C, compostos fenólicos e atividade antioxidante], em frutos de cinco genótipos brasileiros de goiabeira-serrana (cultivares Alcântara, Mattos, Helena e Nonante, e acesso 2316), na colheita e após 21 dias de armazenamento refrigerado, seguido de dois dias em condições ambiente. Foram avaliados ainda os teores minerais nos frutos e folhas e a composição centesimal nos frutos. Nas flores, foram avaliados os atributos de matéria seca (MS), área das pétalas, SS, cor, conteúdo de vitamina C, antocianinas, flavonoides, compostos fenólicos e antioxidantes, além da manutenção da qualidade pós-colheita em resposta ao tratamento com soluções conservantes (sacarose, ácido ascórbico e ácido salicílico) e 1-metilciclopropeno (1-MCP), realizada pela avaliação da cor, murcha e escurecimento das pétalas. A perda média de massa fresca dos frutos durante o armazenamento foi de 3,5 %. Durante o armazenamento houve redução nos teores de SS, AT e nos atributos de textura, e aumento na relação SS/AT e no pH. Os frutos de ‘Nonante’ e ‘Mattos’ apresentaram, respectivamente, maiores forças para penetração e compressão do fruto, na colheita e após o

armazenamento. Com o armazenamento houve perda de cor e brilho da casca e polpa. A cultivar ‘Alcântara’ apresentou os maiores conteúdos de vitamina C no fruto, e em todos os genótipos, o conteúdo de vitamina C na casca foi superior ao da polpa, havendo incremento no seu conteúdo após o armazenamento. Os conteúdos de compostos fenólicos totais foram diferentes entre os genótipos, e variaram em função do tipo de extrato (aquoso ou hidroalcoólico), sendo que na polpa foram maiores em ‘Nonante’ e no acesso 2316, e na casca foram maiores em ‘Nonante’ e ‘Mattos’. Os frutos dos genótipos com maior conteúdo de compostos fenólicos totais apresentaram maior atividade antioxidante. Em todos os genótipos, com o armazenamento, houve redução no conteúdo de compostos fenólicos e da atividade antioxidante. Os teores minerais nos frutos variaram entre os genótipos, com destaque para ‘Alcântara’, que apresentou os maiores teores de Ca, Fe, Cu e Mn na casca e na polpa, e de N e P na casca. A composição centesimal do fruto também variou entre os genótipos e tecido. Quanto às flores de goiabeira-serrana, o maior conteúdo de compostos fenólicos totais foi observado no acesso 2316, que apresentou também maior atividade antioxidante, seguido de ‘Alcântara’. Houve correlação linear entre o conteúdo de compostos fenólicos totais e a capacidade antioxidante das flores. ‘Mattos’ apresentou a maior área das pétalas. Os teores de SS nas pétalas variaram de 14,2 a 10,1 °Brix, dependendo do genótipo. Os conteúdos de vitamina C nas pétalas foram superiores em ‘Alcântara’ e ‘Nonante’, e os conteúdos de antocianinas e flavonoides foram superiores no acesso 2316 e em ‘Helena’ e ‘Alcântara’. Na manutenção da qualidade pós-colheita das flores, foi observada maior eficiência com a utilização de 500 nL L⁻¹ de 1-MCP e 2, 5 e 10% de ácido salicílico.

Palavras-chave: *Feijoa sellowiana* Berg. Genótipo. Fruto. Flores comestíveis. Pós-colheita. Antioxidantes.

ABSTRACT

SOUZA, Alexandra Goede de. 2015. 168 f. **Characterization of physical, chemical, nutritional and antioxidant activity in fruits and flowers of feijoa genotypes [*Acca sellowiana* (Berg.) Burret]**. Dissertation (Doctorate in Plant Science – Area: Postharvest Biology and Technology) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Graduation Program in Plant Sciences, Lages, 2015.

The objective of this work was to characterize quality attributes (fresh weight loss, titratable acidity (TA), soluble solids content (SSC), SSC/TA ratio, pH, color of skin and pulp, texture, content of vitamin C, phenolic compounds and antioxidant activity content) in fruits of five Brazilian genotypes of feijoa (cultivars Alcantara, Mattos, Helena and Nonante, and access 2316), at harvest and after 21 days of cold storage, followed two days at ambient conditions. Fruits and leaves were assessed for mineral content and fruit were assessed for centesimal composition. Flowers were assessed for dry matter (DM), petals area, SSC, color, vitamin C content, anthocyanins, flavonoids, phenolic compounds, and antioxidants. Flower were also assessed for postharvest quality preservation (color, wilting and browning of the petals) by treatment with preservative solutions (sacrose, ascorbic acid and salicylic acid) and 1-metilcyclopropene (1-MCP). The average loss of weight of fruit during storage was 3.5%. Fruit had a reduction of SSC, TA and texture attributes, and an increase of SSC/TA ratio and pH during storage. Fruit of 'Nonante' and 'Mattos' had respectively higher forces for penetration and compression, at harvest and after storage. Fruit loss color and brightness of the skin and pulp during storage. Fruit of 'Alcântara' had the highest content of vitamin, and in all genotypes, the vitamin C content in the skin was higher than

in the pulp, with an increase in its content during storage. vitamin C content in the fruit. The contents of total phenolic compounds were different between genotypes, and varied according to the type of extract (hydro soluble ou hydroalcoholic). In the pulp, the higher content of total phenolic compounds was in 'Nonante' and access in 2316, and in the skin was higher in 'Nonante' and 'Mattos'. Genotypes with higher content of phenolic compounds also showed higher antioxidant activity. In all genotypes, there was a decrease in the content of phenolic compounds and antioxidant activity during storage. The mineral content in fruits varied between cultivars. Fruit of 'Alcantara' had the highest contents of Ca, Fe, Cu and Mn in the skin and pulp, and of N and P in the skin. The centesimal composition also varied between genotypes and tissues of the fruit. In feijoa flowers, the highest concentration of total phenolic compounds was observed in access 2316, which also showed the highest antioxidant activity, followed by 'Alcantara'. There was a linear correlation between the content of total phenolic compounds and the antioxidant capacity of the flowers. 'Mattos' had the highest area of the petals. The SSC in the petals ranged from 14.2 to 10.1 ° Brix, depending on genotypes. The vitamin C content in the petals was higher in 'Alcantara' and 'Nonante', and anthocyanin content and flavonoids were higher in access 2316, 'Helena' and 'Alcantara'. The best maintenance of postharvest quality of the flowers was achieved with the use of 1-MCP at 500 nL L⁻¹ and salicylic acid at 2, 5, and 10%.

Key-words: *Feijoa sellowiana* Berg. Genotype. Fruit. Edible flowers. Postharvest. Antioxidants.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Concentrações de elementos minerais em frutos de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*) produzidas em diferentes países.....53
- Tabela 2 - Massa fresca (g) dos frutos de diferentes genótipos de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*), na colheita e após 7, 14 e 21 dias de armazenamento refrigerado (4 ± 1 °C/ $90\pm 5\%$ UR) e após mais dois dias em condições ambiente (23 ± 1 °C/ $75\pm 5\%$ UR).....68
- Tabela 3 - Sólidos solúveis (SS; %), acidez titulável (AT; % de ácido cítrico), relação SS/AT e pH dos frutos de diferentes genótipos de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*), na colheita e após 21 dias de armazenamento refrigerado (4 ± 1 °C/ $90\pm 5\%$ UR), seguido de dois dias em condições ambiente (23 ± 1 °C/ $75\pm 5\%$ UR).....71
- Tabela 4 - Conteúdo de vitamina C ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ de massa fresca) na casca e polpa dos frutos de diferentes genótipos de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*), na colheita e após 21 dias de armazenamento refrigerado (4 ± 1 °C/ $90\pm 5\%$ UR), seguido de dois dias de vida em condições ambiente (23 ± 1 °C/ $75\pm 5\%$ UR). Média de duas safras (2013-2014).....73

- Tabela 5 - Força (N) para compressão e penetração dos frutos de diferentes genótipos de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*), na colheita e após 21 dias de armazenamento refrigerado (4 ± 1 °C/ $90\pm 5\%$ UR), seguido de dois dias em condições ambiente (23 ± 1 °C/ $75\pm 5\%$ UR)..... 77
- Tabela 6 - Coloração (luminosidade = *L*; cromaticidade = *C*; e ângulo ‘hue’ = *h*^o) da casca (epiderme externa e parênquima interno) e polpa de diferentes genótipos de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*), na colheita e após 21 dias de armazenamento refrigerado (4 ± 1 °C/ $90\pm 5\%$ UR), seguido de dois dias em condições ambiente (23 ± 1 °C/ $75\pm 5\%$ UR).....78
- Tabela 7 - Matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), gordura bruta (GB) e fibra bruta (FB) em frutos (casca e polpa) de genótipos de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*).....88
- Tabela 8 - Macronutrientes nos frutos (casca e polpa) (mg kg^{-1} massa fresca) e folhas (mg kg^{-1} massa seca) de genótipos de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*).....90
- Tabela 9 - Micronutrientes na casca e polpa dos frutos (mg kg^{-1} massa fresca) e folhas (mg kg^{-1} massa seca), de genótipos de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*).....94
- Tabela 10 - Conteúdo de compostos fenólicos totais ($\text{mg EAG } 100\text{g}^{-1}$ de matéria fresca), em extratos aquoso e hidroalcoólico, na casca e polpa dos

frutos, em diferentes genótipos de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*), na colheita e após armazenamento (21 dias 4 ± 1 °C / $90\pm 5\%$ UR, seguido de dois a 23 ± 1 °C/ $75\pm 5\%$ UR).....102

Tabela 11 - Capacidade antioxidante (EC_{50} ; mg de matéria fresca g^{-1} DPPH) dos extratos aquoso e hidroalcoólico), na casca e polpa dos frutos, em diferentes genótipos de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*), na colheita e após 21 dias de armazenamento refrigerado (4 ± 1 °C/ $90\pm 5\%$ UR), seguido de dois dias de vida de prateleira (23 ± 1 °C/ $75\pm 5\%$ UR).....106

Tabela 12 - Capacidade antioxidante (TEAC; μM de trolox g^{-1} de matéria fresca) dos extratos aquoso e hidroalcoólico, na casca e polpa dos frutos, em diferentes genótipos de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*), na colheita e após 21 dias de armazenamento refrigerado (4 ± 1 °C/ $90\pm 5\%$ UR), seguido de dois dias de vida de prateleira (23 ± 1 °C/ $75\pm 5\%$ UR).....108

Tabela 13 - Matéria seca (MS) das flores, área das pétalas, teor de sólidos solúveis (SS) das pétalas e conteúdo de vitamina C (Vit. C) nas flores de genótipos de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*).....122

Tabela 14 - Atributos de coloração (luminosidade = L ; cromaticidade = C ; e ângulo 'hue' = h°) nas faces colorida (ou adaxial) e branca (ou abaxial) das pétalas em flores de genótipos de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*).....123

Tabela 15 -	Conteúdo de fenóis totais, antocianinas e flavonoides para o extrato hidroalcoólico em flores de genótipos de goiabeira-serrana (<i>Acca sellowiana</i>).....	125
Tabela 16 -	Antioxidantes totais (ABTS e DPPH) para o extrato hidroalcoólico em flores de genótipos de goiabeira-serrana (<i>Acca sellowiana</i>).....	128

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Vista externa e interna do fruto de cultivares nacionais de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*).....52
- Figura 2 - Conteúdos médios de vitamina C na casca e na polpa de frutos de goiabeira-serrana, genótipo ‘Alcântara’, após 0, 6, 12, 24, 36, 48 e 72 horas da remoção do armazenamento refrigerado ($4\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}/90\pm 5\% \text{ UR}$).....76
- Figura 3 - Vista externa e interna do fruto de genótipos nacionais de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*) na colheita e após 21 dias de armazenamento refrigerado ($4\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}/90\pm 5\% \text{ UR}$), seguido de dois dias de vida em condições ambiente ($23\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}/75\pm 5\% \text{ UR}$)....80
- Figura 4 - Correlação entre conteúdo de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante total, quantificada pelo método DPPH (valores de EC_{50}), para os extratos aquoso (A e B) e hidroalcoólico (C e D), nos tecidos de polpa e casca, em cinco genótipos de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*), na colheita.....111
- Figura 5 - Correlação entre conteúdo de compostos fenólicos totais e a atividade antioxidante total, quantificada pelo método ABTS, para os extratos aquoso (A e B) e hidroalcoólico (C e D), nos tecidos de polpa e casca, em cinco

	genótipos de goiabeira-serrana (<i>Acca sellowiana</i>), na colheita.....	112
Figura 6 -	Flores recém abertas das cultivares nacionais de goiabeira-serrana (<i>Acca sellowiana</i>) ‘Alcântara’ (A), ‘Mattos’ (B), ‘Helena’ (C) e ‘Nonante’ (D), e do acesso 2316 (E).....	117
Figura 7 -	Correlação entre conteúdo de compostos fenólicos totais e os valores de ABTS (A) e de DPPH (B) para extrato de flores de cinco genótipos de goiabeira-serrana (<i>Acca sellowiana</i>).....	129
Figura 8 -	Efeito de diferentes concentrações de sacarose nos atributos de cor (A), murcha (B) e escurecimento (C) das pétalas em flores de goiabeira-serrana, durante o armazenamento refrigerado (10 ± 1 °C / $85\pm 5\%$ UR).....	142
Figura 9 -	Efeito de diferentes concentrações de ácido ascórbico nos atributos de cor (A), murcha (B) e escurecimento (C) das pétalas em flores de goiabeira-serrana, durante o armazenamento refrigerado (10 ± 1 °C / $85\pm 5\%$ UR).....	143
Figura 10 -	Efeito de diferentes concentrações de ácido salicílico nos atributos de cor (A), murcha (B) e escurecimento (C) das pétalas em flores de goiabeira-serrana, durante o armazenamento refrigerado (10 ± 1 °C / $85\pm 5\%$ UR).....	144

Figura 11 - Efeito de diferentes concentrações de 1-MCP nos atributos de cor (A), murcha (B) e escurecimento (C) das pétalas em flores de goiabeira-serrana, durante o armazenamento refrigerado (10 ± 1 °C/ $85\pm 5\%$ UR).....145

LISTA DE ABREVIATURAS

ABTS	Radical 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)
AC	Atmosfera Controlada
AM	Atmosfera Modificada
AT	Acidez Titulável
BAG	Banco Ativo de Germoplasma
C	Cromaticidade
Ca	Cálcio
CaCl ₂	Cloreto de Cálcio
CO ₂	Dióxido de Carbono
Cu	Cobre
DPPH	Radical 1,1-difenil-2-2picrilhidrazila
EAG	Equivalente Ácido Gálico
EC ₅₀	Concentração de Eficiência (50%)
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão rural de Santa Catarina
ERO	Espécie Reativa de oxigênio
FB	Fibra Bruta
Fe	Ferro
GAL	L-galactono-1,4-lactona
GB	Gordura Bruta
<i>h</i> ^o	Ângulo 'hue'
HCL	Ácido Clorídrico
IDR	Ingestão Diária Recomendada
K	Potássio
KPa	Quilo Pascal
<i>L</i>	Luminosidade
Mg	Magnésio
MM	Matéria Mineral
Mn	Manganês
MS	Matéria Seca
N	Nitrogênio

°C	Grau Celsius
O ₂	Oxigênio
P	Fósforo
PB	Proteína Bruta
PPO	Polifenol Oxidase
Q ₁₀	Coeficiente Metabólico
SS	Sólidos Solúveis
TEAC	Equivalência Trolox
TGF-β	Fator de Transformação do Crescimento Beta
UR	Umidade Relativa
Zn	Zinco
1-MCP	1-metilciclopropeno

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	43
1 POTENCIAL COMERCIAL DO CULTIVO DA GOIABEIRA-SERRANA (<i>Acca sellowiana</i>).....	47
1.1 RESUMO.....	47
1.2 INTRODUÇÃO.....	48
1.3 DADOS DA ESPÉCIE.....	50
1.3.1 Identificação da espécie.....	50
1.3.2 Valor nutricional.....	51
1.3.3 Ação antioxidante.....	54
1.3.4 conservação pós-colheita.....	56
1.4 CONCLUSÕES.....	60
2 QUALIDADE DOS FRUTOS DE GENÓTIPOS BRASILEIROS DE GOIABEIRA-SERRANA (<i>Acca sellowiana</i>) NA COLHEITA E APÓS ARMAZENAMENTO REFRIGERADO.....	62
2.1 RESUMO.....	62

2.2 INTRODUÇÃO.....	63
2.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	64
2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	67
2.5 CONCLUSÕES.....	81
3 COMPOSIÇÃO MINERAL DE FOLHAS E FRUTOS E CENTESIMAL DOS FRUTOS EM GENÓTIPOS BRASILEIROS DE GOIABEIRA-SERRANA (<i>Acca sellowiana</i>).....	82
3.1 RESUMO.....	82
3.2 INTRODUÇÃO.....	83
3.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	85
3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	87
3.5 CONCLUSÕES.....	95
4 COMPOSTOS FENÓLICOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM FRUTOS DE GOIABEIRA-SERRANA (<i>Acca sellowiana</i>), NA COLHEITA E APÓS ARMAZENAMENTO.....	96
4.1 RESUMO.....	96

4.2 INTRODUÇÃO.....	97
4.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	98
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	101
4.4.1 conteúdo de compostos fenólicos totais.....	101
4.4.2 atividade antioxidante total.....	105
4.4.3 relação entre compostos fenólicos e atividade antioxidante total.....	109
4.5 CONCLUSÕES.....	113
5 CARACTERIZAÇÃO DE ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS E DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DAS FLORES DE GOIABEIRA-SERRANA [<i>Acca sellowiana</i> (Berg.) Burret].....	114
5.1 RESUMO.....	114
5.2 INTRODUÇÃO.....	115
5.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	116
5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	121
5.5 CONCLUSÕES.....	136

6 QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE FLORES DE GOIABEIRA-SERRANA TRATADAS COM SOLUÇÕES CONSERVANTES E 1-METILCICLOPROPENO.....	131
6.1 RESUMO.....	131
6.2 INTRODUÇÃO.....	132
6.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	134
6.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	136
6.5 CONCLUSÕES.....	146
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	147
8.	
REFERÊNCIAS.....	1489

INTRODUÇÃO GERAL

Atualmente o mercado de frutas tropicais e subtropicais é bem desenvolvido em muitas partes do mundo, garantindo acesso dos consumidores a uma grande variedade de espécies, enriquecendo a dieta e melhorando a qualidade de vida. Algumas são produzidas em grande escala enquanto outras em volumes reduzidos. Neste último está inserida a goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*).

A goiabeira-serrana, também conhecida como goiabado-mato ou feijoa, pertence à família Myrtaceae, originária do sul da América do Sul, estendendo-se desde o Norte do Uruguai até o Sul do Brasil. No Estado de Santa Catarina a sua ocorrência é ampla, crescendo frequentemente associada as florestas de araucária (*Araucaria angustifolia*) em altitudes superiores a 800 metros.

Em 1890 a goiabeira-serrana foi introduzida na França pelo botânico francês Edouard Andre, de onde foi distribuída para outros países da Europa e da América do Norte. Atualmente, países como Rússia, Nova Zelândia e Estados Unidos destacam-se na produção do fruto. Na América do Sul a produção comercial está concentrada na Colômbia, um dos maiores produtores mundiais do fruto. No Brasil a produção ainda é inexpressiva, apesar de ser seu centro de origem.

Trata-se de uma planta perene, de porte baixo, raízes não agressivas, copa arredondada e flores de colorido intenso, variando entre roxo e rosa forte. As pétalas das flores apresentam ainda sabor adocicado, comumente consumido por pássaros no período da florada. A utilização das pétalas das flores na alimentação humana mostra-se promissora, especialmente pelo sabor, colorido e valor nutricional. A goiabeira-serrana apresenta-se como uma planta versátil, indo além da produção de frutos, podendo ser empregada tanto na

arborização residencial e urbana, como na restauração de áreas degradadas.

O fruto é de formato ovoide, com casca verde escura, variando entre lisa e rugosa. A polpa é macia, de cor clara e sabor doce-acidulado, lembrando o sabor de outras frutas subtropicais, como o abacaxi. Somente a polpa é consumida *in natura*, uma vez que a casca apresenta sabor adstringente. Vários trabalhos apontam que o consumo do fruto e dos produtos produzidos a partir dele, apresentam inúmeros benefícios a saúde humana, em especial pelo elevado valor nutricional e por sua ação antioxidante, atribuída a presença de compostos fenólicos.

Mesmo maduro, o fruto mantém a cor verde da casca. O momento em que o fruto se desprende da planta é considerado o ponto de colheita comercial, ocorrendo entre os meses de fevereiro e maio na região Sul do Brasil. Depois de colhido, o fruto apresenta período reduzido de conservação, devendo ser consumido preferencialmente até uma semana quando armazenado em condições ambiente, ou de três a quatro semanas quando armazenadas sob refrigeração. Após esse período, a perda de sabor e o escurecimento da polpa comprometem a qualidade do fruto.

Os frutos coletados de plantas de ocorrência silvestre são comumente comercializados, porém apresentam grande variabilidade em suas características, como forma, tamanho, volume e sabor de polpa, razão pela qual, o Brasil é um importador do fruto.

Com intenção de tornar o Brasil, em especial Santa Catarina, um produtor da goiaba-serrana, a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) e a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) vêm desenvolvendo pesquisas com a espécie, que resultou até o momento, no lançamento de quatro cultivares de elevado potencial produtivo: Alcântara, Helena, Mattos e Nonante. A Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) também

vem desenvolvendo trabalhos voltados à caracterização do fruto e desenvolvimento de técnicas que aumentem o tempo de conservações pós-colheita, sem perda de qualidade.

Apesar dos esforços, a produção e o consumo da goiaba-serrana no Brasil ainda são pequenos. O desconhecimento do fruto por parte dos consumidores e o tempo reduzido de conservação pós-colheita são fatores determinantes no processo de expansão da produção. Porém, a valorização nutricional das frutas nativas apresenta-se mais evidente em vários segmentos da economia e das instituições de pesquisa, abrindo boas perspectivas para a produção da goiaba-serrana, especialmente em Santa Catarina.

Neste contexto, o objetivo do presente estudo foi realizar a caracterização física, química, nutricional e antioxidante dos frutos e flores de quatro cultivares (Alcântara, Helena, Mattos e Nonante) e de um acesso (2316) (cujos trabalhos apontam como material promissor) de goiabeira-serrana, cultivadas no município de São Joaquim, SC, na colheita e após o armazenamento.

1 POTENCIAL COMERCIAL DO CULTIVO DA GOIABEIRA-SERRANA (*Acca sellowiana*)

1.1 RESUMO

A goiabeira-serrana [*Acca sellowiana* (Berg.) Burret] é uma planta nativa do Brasil e Uruguai, cultivada comercialmente em vários outros países, especialmente na Colômbia e Nova Zelândia. O fruto é apreciado principalmente pelo seu sabor e aroma únicos, é altamente nutritivo, de qualidades funcionais importantes e com perspectivas de uso nutracêutico. Além do fruto, as flores, de colorido intenso e sabor adocicado, também podem ser empregadas na alimentação humana, especialmente em saladas e decoração de pratos. A planta apresenta porte baixo e copa arredondada, muito indicada para utilização na arborização urbana. Embora o Brasil seja o centro de origem da espécie, a produção comercial dos frutos é incipiente. Grande parte do consumo interno provem de importações da Colômbia. Recentemente, o fruto tem sido considerado de grande potencial produtivo para o futuro. A falta de conhecimento do consumidor e os problemas de armazenamento pós-colheita, uma vez que o fruto necessita ser comercializado em no máximo quatro semanas após a colheita, quando armazenado em ambiente refrigerado são as maiores dificuldades enfrentadas para o estabelecimento da cultura. O escurecimento da polpa, a perda do aroma e sabor são os primeiros indicativos da perda da qualidade dos frutos. Porém, pelo alto potencial produtivo e nutricional da goiaba-serrana e pelos resultados positivos que as pesquisas veem mostrando, o futuro da cultura é promissor. No entanto, é fundamental que mais estudos sejam realizados, especialmente referente ao armazenamento pós-colheita do fruto.

Palavras-chave: *Feijoa sellowiana*, fruto, valor nutricional, pós-colheita.

1.2 INTRODUÇÃO

A goiabeira-serrana [*Acca sellowiana* (Berg.) Burret], sinônimo *Feijoa sellowiana*, é uma Myrtaceae, nativa da América do Sul, estendendo-se desde o Norte do Uruguai até o Norte do estado do Paraná, no Brasil. Ocorre ainda na Argentina, porém em menor frequência (KELLER; TRESSENS, 2007). No Estado de Santa Catarina a ocorrência da planta é bastante frequente, crescendo associada às áreas de campo e margens das florestas de araucária (LEGRAND; KLEIN, 1977). A espécie pertence ao gênero *Acca* da qual fazem parte as espécies *A. macrostema* e *A. lanuginosa*. Ambas crescem na região dos Andes Peruvianos, em altitudes superiores a três mil metros. Produzem frutos pequenos de forte aroma, coloração roxa (*A. lanuginosa*) a vermelho escuro (*A. lanuginosa*), frequentemente utilizado para fins medicinais (THORP; BIELESKI, 2002).

A goiabeira-serrana é uma planta de pequeno porte, comumente de 2 a 4 metros de altura, tronco tortuoso e copa irregular, folhas ovais, opostas, dicolores verde-luzente na face adaxial e albotomentosas na face abaxial. As flores são formadas por quatro pétalas subcarnosas, avermelhadas por dentro e cerosas por fora, estames de cor escarlata, saindo até 2 cm acima da flor, e estigma ligeiramente engrossado. No Sul do Brasil, floresce entre os meses de outubro e janeiro (LEGRAND; KLEIN, 1977), podendo chegar a dois meses de florada em uma mesma planta (DUCROQUET, 1991). As pétalas das flores são doces e comestíveis as quais podem ser destinadas para consumo humano como decoração de pratos, saladas e produção de doces. As flores são hermafroditas e por sua arquitetura, a polinização ocorre preferencialmente por

pássaros e mamangavas, enquanto insetos menores, como as abelhas, são ineficientes devido a grande distância entre o estigma e as anteras (HICKEL; DUCROQUET, 2000).

Pela elegância da copa e beleza de suas flores, a planta de goiabeira-serrana apresenta forte apelo ornamental, sendo especialmente indicada para a arborização urbana. Além disso, tanto os frutos como as flores são atrativos da fauna, representando importante recurso na restauração de ecossistemas degradados.

O fruto é de formato ovoides, pesando entre 40 e 150 gramas. A estrutura morfológica do fruto resulta em duas regiões principais, o pericarpo, ou casca (epiderme externa), e o endocarpo, que inclui parênquima interno e a polpa, esta última, correspondendo a parte comestível. A aparência da casca varia entre lisa e rugosa, de coloração verde escura recoberta por uma fina camada de cera branca que fica mais acentuada próximo a maturação do fruto. A casca apresenta sabor adstringente, razão pela qual não é consumida *in natura*. A polpa é de textura macia e sabor doce-acidulado, coloração creme clara, com numerosas sementes pequenas (DUCROQUET et al., 2000). O aroma característico do fruto está associado a presença de compostos voláteis, especialmente na casca, entre eles os benzoatos de metil e etil, considerados os mais impactantes na produção do aroma (HARDY; MICHAEL, 1970; DI CESARE; D'ANGELO, 1995), produzidos provavelmente pelo grande número de glândulas esféricas presente na região periférica do fruto (ESEMANN-QUADROS et al., 2008).

A maturação dos frutos ocorre entre o final de fevereiro até final de maio, de acordo com o material genético (DUCROQUET et al., 2000). A maturação fisiológica é identificada quando o fruto se desprende naturalmente da planta, apresentando sabor e aroma únicos, lembrando outras frutas subtropicais, como morango, abacaxi e goiaba

(SCHOTSMANS, 2011). O fruto da *Acca sellowiana* recebeu o nome de goiaba-serrana por sua semelhança com a goiaba comum (*Psidium guajava* L), porém, as semelhanças limitam-se as características físicas externas. No Brasil também é conhecida como goiabeira-do-mato, goiabeira-do-campo e feijoa (MORETTO et al., 2014).

Originalmente, a goiabeira-serrana cresce em altitudes superiores a 800 metros, preferencialmente acima de 1000 metros (DUCROQUET, 1991). Espécie heliófita e seletiva higrófito, tolerante a condições variadas de solo, inclusive solos rasos, ácidos e de baixa fertilidade, comuns nas regiões de ocorrência natural (LEGRAND; KLEIN, 1977). Entretanto, em pomares comerciais, produções superiores são obtidos em solos com melhores condições de fertilidade (THORP; BIELESKI, 2002).

1.3 DADOS DA ESPÉCIE

1.3.1 identificação

A primeira coleta da planta foi realizada na região de Pelotas, Sul do Brasil, por Fredrich Sellow em 1815, do qual deriva o nome *sellowiana* (SCHOTSMANS et al., 2011). O botânico alemão Otto Berg descreveu o gênero *Acca* em 1856 e o gênero *Feijoa* em 1859 (MORETTO et al., 2014; THORP; BIELESKI, 2002). Burret, em 1941, observou que não havia diferenças entre os dois gêneros, adotando o nome *Acca sellowiana* (Berg) Burret, por ser o mais antigo (THORP; BIELESKI, 2002). Em 1890 a planta foi introduzida na França pelo botânico Edouard Andre, espalhando-se então pela Europa e depois por outros países do mundo (SHARPE et al., 1993). Por sua versatilidade, adaptou-se a diferentes condições edafoclimáticas, permitindo seu cultivo em diversos países fora do seu centro de origem. Atualmente, os maiores produtores

são a Nova Zelândia, com uma área plantada de 251 hectares, a Colômbia com cerca de 400 hectares e a Rússia com 300 hectares, além de países como Itália, Chile, Uruguai, Turquia, Estados Unidos, Espanha e Israel (MORETTO et al., 2014; BELOUS et al., 2014; QUEZADA et al., 2014; BEYHAN; EYDURAN, 2011). A Colômbia lidera o mercado de exportações da goiaba-serrana, principalmente para Europa (MORETTO et al., 2014). O Brasil é um importador do fruto produzido na Colômbia, pois mesmo sendo o seu centro de origem, tem produção ainda inexpressiva (MORETTO et al., 2014).

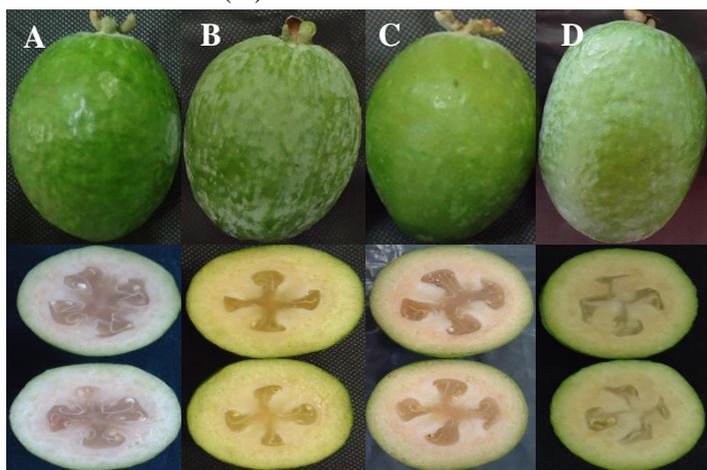
Em Santa Catarina, a goiaba-serrana vem sendo pesquisada pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) desde 1986, com objetivo de desenvolver genótipos de alto potencial produtivo e sistemas de manejo que permitam a produção em escala comercial. Como resultado do trabalho, em parceria com a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), foram lançadas em 2007 e 2008 as primeiras cultivares brasileiras de goiaba-serrana: ‘Alcântara’, ‘Helena’, ‘Mattos’ e ‘Nonante’ (SANTOS et al., 2011) (Figura 1).

1.3.2 valor nutricional

Apesar do parco conhecimento do fruto pelos consumidores e da produção inexpressiva no Brasil, a goiaba-serrana vem recebendo atenção nos últimos anos, sendo considerado um fruto com potencial econômico para o futuro (CORADIN, 2011). Até o momento, as pesquisas vêm apontando a goiaba-serrana como um fruto de qualidade nutricional superior. Trata-se de um fruto rico em minerais. Os resultados de várias análises e comparação dos dados minerais dos frutos de goiabeira-serrana produzidos na Nova Zelândia,

Espanha, Colômbia, Turquia e Brasil estão resumidos na Tabela 1.

Figura 1 - Vista externa e interna do fruto de cultivares nacionais de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*): ‘Alcântara’ (A), ‘Mattos’ (B), ‘Helena’ (C) e ‘Nonante’ (D).



Fonte: Produção do próprio autor.

Outra característica importante da goiabeira-serrana são os altos conteúdos de iodo no fruto. No entanto os resultados apresentados até o momento ainda são contraditórios. De acordo com Migliuolo e Rugueri (1994) o fruto apresenta $3,5 \mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$ de massa fresca, mas Ferrara e Montesano (2001) encontraram $30 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ de massa fresca. Em trabalho realizado por Belous et al. (2014), os altos valores de iodo encontrado nos frutos não se confirmaram ($0,34 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$).

As divergências encontradas na composição mineral entre os trabalhos podem, em parte, ser explicada pela variabilidade genética dos frutos, pelas condições

edafoclimáticas do local de cultivo e pelas condições de manejo das plantas (AMARANTE et al., 2013).

A goiaba-serrana pode ser considerada fonte importante de fibra e proteína bruta. De acordo com Romero-Rodriguez et al. (1994), em polpa de frutos coletados na Galícia e na Nova Zelândia, respectivamente, os valores de fibra foram de 3,8 e 5%, e de proteína de 1,1% e 0,5-1%. Kinupp e Barros (2008), encontraram em polpa de goiabeira-serrana de ocorrência silvestre, 0,119 % de proteína bruta. Por outro lado, pode ser considerado um fruto de baixo valor calórico, com 0,02 a 0,2% de gordura total e 5,4-6,0% de açúcares totais (ROMERO-RODRIGUEZ et al., 1994).

Tabela 1 - Concentrações de elementos minerais em frutos de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*) produzidas em diferentes países.

Concentrações de elementos minerais ^a	País					
	Nova Zelândia ^b	Espanha ^b	Colômbia ^c	Turquia ^d	Brasil ^e	Brasil ^f
N	-	-	-	-	1246-1311	-
P	100-170	162	50	530-940	-	48
K	900-1700	1330	1390	610-1030	284-1094	684
Ca	45-80	144	720	7200-14700	67,2-162,7	68
Mg	58-90	77	170	3300-7500	11,1-2,9	39
S	-	-	210	-	-	37
Na	90	49	20	-	-	4
Cl	-	-	10	-	-	-
Fe	2	3	7,5	38-200	-	4
Cu	0,2	1	0,3	1,71-6,95	-	0,16
Zn	0,5-0,6	1	1,5	2,9-7,3	-	0,22
Mn	0,4-0,5	2	1,5	2,1-6,3	-	0,62
B	-	-	-	-	-	0,4

Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

^a mg kg⁻¹ de massa fresca.

^bRomero-Rodriguez et al. (1994).

^cLeterme et al. (2006).

^dBeyhan et al. (2011).

^eAmarante et al. (2013).

^fKinupp e Barros (2008).

Os frutos são fonte significativa das vitaminas C e E, especialmente o suco concentrado, que apresentou três vezes mais vitamina C que o fruto *in natura* (DI CESARE et al., 2000). A casca apresenta maiores teores de vitamina C que a polpa. Os teores de vitamina C observados em frutos produzidos na Rússia foram de 47,2 e 37,1 mg 100g⁻¹ de massa fresca na casca e na polpa, respectivamente (BELOUS et al., 2014). Em frutos produzidos na Itália foram reportados teores de vitamina C na polpa de 16,2 mg 100 g⁻¹ de massa fresca (ROMERO-RODRIGUEZ et al., 1994) e 8,75 mg 100 g⁻¹ de massa fresca (SALVO et al., 1987). No entanto, em trabalho realizado com goiaba-serrana produzidas na Colômbia, os teores de vitamina C na polpa foram bem menores, de 2,64 mg 100 g⁻¹ de massa fresca (VELENTE et al., 2011).

Semelhante ao observado para a vitamina C, os teores de vitamina E são maiores na casca do que na polpa. Frutos produzidos na Sicília apresentaram conteúdo total de tocoferóis (α , β e γ) de 24,4-27 mg kg⁻¹ de massa fresca na polpa, e 86,2-88,1 mg kg⁻¹ de massa fresca na casca, sendo que o α -tocoferol é o componente predominante no complexo da vitamina E em ambos os tecidos (MONFORTE et al., 2014). Na Itália, foi reportado em extrato metanólico de folhas da goiabeira-serrana, conteúdos de vitamina E de 33 mg g⁻¹ de matéria seca (α e β -tocoferol) (RUBERTO; TRINGALI, 2004).

1.3.3 ação antioxidante

Alguns trabalhos mostram que os frutos da goiabeira-serrana apresentam alta capacidade antioxidante, em especial pela presença de compostos fenólicos. Foram reportados conteúdos de fenóis em goiaba-serrana de 1,76 mg EAG 100 g⁻¹ de matéria fresca (BEYHAN et al., 2010), 47,7-60,6 mg EAG 100 g⁻¹ de matéria fresca (MONFORTE et al., 2014) e 59 mg EAG 100 g⁻¹ de matéria fresca (ISOBE et al., 2003). Apesar

desta grande amplitude de valores reportados, a goiaba-serrana apresenta conteúdos de fenóis superiores a polpa de outros frutos, como kiwi (31,29 mg EAG 100 g⁻¹), pêssego (42,98 mg EAG 100 g⁻¹) e mamão (43,51 mg EAG 100 g⁻¹) (SARTORI et al., 2014). Foi observado também uma alta correlação entre o conteúdo de compostos fenólicos e a atividade antioxidante total em polpa de goiaba-serrana (ISOBE et al., 2003), mostrando que os fenóis são os principais responsáveis pela atividade antioxidante do fruto. É provável que a casca apresente maior atividade antioxidante, pelo seu sabor adstringente, decorrente da presença de taninos, ou ainda pelo maior número de glândulas presentes na epiderme, as quais podem ser responsáveis pela produção e acúmulo de compostos fenólicos (WESTON, 2010; ESEMANN-QUADROS et al., 2008). No entanto, estudos mais aprofundados ainda são necessários para esclarecer o real potencial da casca, parte do fruto geralmente não consumida.

Estudos demonstram que os extratos acetônico e metanólico da casca de goiaba-serrana apresentam potencial terapêutico antitumoral e antimicrobiano (MOTOHASHI, 2000; BONTEMPO, et al., 2007). Em trabalho realizado por Monforte et al. (2014), o extrato do fruto apresentou ação positiva sobre úlceras em ratos, reduzindo a hiperemia gástrica e o número de lesões. No entanto, de acordo com trabalho realizado *in vitro* por Manabe e Isobe (2005) a ingestão contínua de goiaba-serrana pode induzir o decréscimo na concentração intestinal de TGF- β , causando redução da tolerância oral e desordens na mucosa intestinal.

No Egito, pesquisas apontaram que o extrato metanólico das folhas e sementes da goiabeira-serrana apresenta significativa ação analgésica, anti-inflamatória e hepatoprotetora (EL-SHENAWY, 2008). Estes resultados demonstram o potencial fitoterápico não só do fruto, mas de outras partes da planta.

1.3.4 conservação pós-colheita

Embora o fruto da goiabeira-serrana seja de sabor e aroma que agradam o paladar do consumidor (BARNI et al., 2004) e seu consumo apresente algumas ações benéficas comprovadas no organismo humano, o mesmo ainda é pouco conhecido no mercado mundial, inclusive no mercado brasileiro. Este fato deve-se especialmente aos problemas enfrentados com a conservação pós-colheita do fruto. A goiaba-serrana possui período pós-colheita curto, limitando o tempo de oferta do fruto fresco ao mercado consumidor. Estudos demonstram que os frutos podem ser armazenados de três (AMARANTE et al., 2008; VELHO et al., 2011; AMARANTE et al., 2013) a quatro semanas (KLEIN; THORP, 1987) sob refrigeração, antes da perda das qualidades organolépticas e o escurecimento da polpa do fruto. O armazenamento por 3-4 semanas é relativamente curto, e mesmo o fruto estando na maioria dos casos com aparência externa apta para o consumo, a polpa já apresenta sinais de escurecimento e alterações no sabor e aroma.

Durante o armazenamento, o 'flavour' (aroma e sabor) é o primeiro atributo que reduz, e está associado ao decréscimo da acidez titulável (AT) e dos teores de sólidos solúveis (SS) do fruto, e ao escurecimento da polpa (THORP; BIELESKI, 2002). Em frutos das cultivares brasileiras 'Mattos', 'Nonante', 'Helena' e 'Alcântara', a AT e o teor de SS reduziram após o armazenamento refrigerado por 21 dias a 4 °C, seguidos de 2 dias a temperatura ambiente (23 °C) (AMARANTE et al., 2013). Frutos produzidos na Colômbia apresentaram comportamento semelhante, com redução da AT e do teor de SS após 16 dias de armazenamento a temperatura ambiente e refrigerado a 7 e 12 °C (GALLEGO-CORRALES et al., 2003). Sob refrigeração, a redução da AT e do teor de SS dos frutos foi menor quando do armazenamento a temperatura ambiente.

No entanto, as reduções da AT e do teor de SS foram menores no armazenamento refrigerado a 7 °C comparada com a ocorrida a 12 °C.

Os frutos de goiabeira-serrana apresentam comportamento climatérico, com picos de produção de etileno e de taxas respiratórias aos 8 e 12 dias de armazenamento a 20 °C, respectivamente (AMARANTE et al., 2008). Na Colômbia, foram reportados picos respiratórios nos frutos armazenados a temperatura ambiente aos 5 dias (RODRÍGUEZ et al., 2006) e 7,5 dias (GALLEGO-CORRALES et al., 2003). A ocorrência do climatérico na respiração coincide com o início eminente da senescência do fruto. Portanto, quando deixada em temperatura ambiente, a goiaba-serrana deve ser comercializada em até 5 a 7 dias após a colheita.

A temperatura é um parâmetro muito importante, pois afeta os processos metabólicos, e a velocidade de amadurecimento reduz proporcionalmente com a redução da temperatura (CHITARRA; CHITARRA, 2005). A utilização de técnicas que aumentem o tempo pós-colheita do fruto, sem perdas substanciais das qualidades químicas e físicas, ainda é escassa. No entanto, algumas pesquisas veem apontando que o armazenamento refrigerado contribui no potencial de armazenamento da goiaba-serrana. Frutos submetidos a tratamento quarentenário, com frio a 1,67 °C por 22 dias, apresentaram pico respiratório entre os dias 24 e 26, dependendo do genótipo (VALDERRAMA et al., 2005). O aumento da temperatura de 0 para 30 °C promoveu grande incremento na respiração e altos valores do coeficiente metabólico (Q_{10}) em goiaba-serrana, entre 3,4-3,5, dependendo do genótipo (AMARANTE et al., 2008). O armazenamento refrigerado a 4 °C da goiaba-serrana, logo após a colheita, permitiu que os frutos permanecessem adequados para o consumo de três (AMARANTE et al., 2008; VELHO et al.,

2011; AMARANTE et al., 2013) a quatro semanas (KLEIN; THORP, 1987; HOFFMANN et al., 1994).

Como consequência do armazenamento sob baixa temperatura e alta umidade relativa do ar, as perdas de peso são menores (RODRIGUEZ et al., 2006), alcançando maior tempo de vida pós-colheita, uma vez que a redução de peso está associada as perdas durante a transpiração e respiração.

O cálcio tem papel importante na conservação da qualidade e na redução de muitas desordens pós-colheita em frutos. A aplicação do cálcio em pós-colheita é utilizada para minimizar os efeitos da maturação e controlar o desenvolvimento de desordens fisiológicas nos frutos. A manutenção da firmeza é atribuída à estabilidade da lamela média, pela formação de pectatos de cálcio, os quais preservam a rigidez da parede celular dos frutos (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Em goiaba-serrana, a imersão do fruto em solução de cloreto de cálcio (CaCl_2 ; 15%) por 45 minutos prolongou o tempo de armazenamento, resultado da maior concentração de Ca nos tecidos, que induziu menor perda de peso, menor incidência de doenças e melhor manutenção da firmeza do fruto (RAMÍREZ et al., 2005). O efeito foi maior quando associado ao armazenamento refrigerado (6 e 12 °C). Estes resultados sugerem que, em caso de deficiência de Ca durante o cultivo, a imersão pós-colheita em solução de CaCl_2 pode ser eficiente em prolongar a vida útil, além de melhorar o valor nutricional do fruto. No entanto, tratamento dos frutos de goiabeira-serrana com CaCl_2 para minimizar o escurecimento da polpa mostrou-se ineficiente (THORP; KLEIN, 1987).

A vida pós-colheita da goiaba-serrana também foi prolongada com o armazenamento em condições de atmosfera controlada (AC) e modificada (AM). A combinação de baixas pressões parciais de O_2 (1,15-3 kPa) e altas pressões parciais de CO_2 (0,2 kPa) em AC, reduziu as taxas respiratórias e de perdas de peso, e preservou a cor verde da casca em goiaba-serrana

'Unique', cultivada na Nova Zelândia (EAST et al., 2009). Resultado semelhante foi observado por Al-Hartht et al. (2009), em frutos da mesma cultivar, armazenado em AC com 0 kPa de CO₂, em combinação com 2-5 kPa de O₂. A falta de parâmetros claros na determinação da composição atmosférica das câmaras de AC pode comumente levar a ocorrência de danos por excesso de CO₂, caracterizado pela coloração rosada/marrom da polpa e alterações no odor do fruto (THORP; BIELESKI, 2002).

O armazenamento refrigerado em AM, com uso de embalagem de polietileno, também reduziu as perdas de peso da goiaba-serrana (HOFFMANN et al., 1994). Assim como para AC, a AM tem por objetivo propiciar a formação de uma atmosfera modificada em torno dos frutos, com elevação da pressão parcial de CO₂ e redução da pressão parcial de O₂, visando a diminuição das taxas respiratórias e de produção de etileno, e a perda de peso dos frutos.

Em estudo realizado por Amarante et al. (2008), a utilização do 1-MCP (1-metilciclopropeno), em frutos coletados no Brasil, associado ao armazenamento refrigerado (4 °C) resultou em retardo do amadurecimento. Os autores verificaram que aos 15 dias de armazenamento houve manutenção da resistência a compressão e retardo na alteração da cor verde da casca. Aos 30 dias de armazenamento a aplicação de 1-MCP promoveu melhor manutenção da textura dos frutos, firmeza da polpa e cor da casca. Estes atributos são drasticamente afetados pela ação do etileno e o uso do 1-MCP inibe a sua ação, reduzindo os efeitos provocados pelo etileno no fruto.

No entanto, o armazenamento refrigerado deve ser empregado com cautela, pois comumente pode causar danos na goiaba-serrana. Por tratar-se de um fruto sensível ao frio, não é indicado o armazenamento dos frutos abaixo de 4-5 °C. Thorp e Klein (1987) verificaram que frutos de diversas cultivares

apresentaram injúria por frio ('chilling injury') quando armazenados a 0 °C. A injúria por frio é caracterizada pela formação de depressões escuras de aspecto úmido na casca e escurecimento dos elementos de vaso na parte interna do fruto, características que depreciam o produto. A intensidade do dano depende do tempo de exposição a baixas temperaturas e do material genético. Quanto a sensibilidade de materiais genéticos à injúria por frio, foi observada que a cultivar 'Apollo' se mostrou mais tolerante do que a cultivar 'Opal Star', apresentando 4 e 68% de escurecimento vascular, respectivamente, após cinco semanas de armazenamento a 0 °C (SCHOTSMANS et al., 2011). O escurecimento da polpa é atribuído a ação da enzima polifenol oxidase (PPO). Genótipos com baixos níveis de atividade da PPO apresentam menor escurecimento interno durante o armazenamento, enquanto genótipos com altos níveis de atividade da PPO desenvolvem maior escurecimento da polpa (THORP; BIELESKI, 2002).

A colheita do fruto antes da maturidade ideal poderia permitir maior tempo de armazenamento e conseqüentemente, de oferta do fruto ao mercado consumidor. Porém, a colheita antecipada não permite o desenvolvimento adequado dos atributos de aroma, sabor e textura característicos do fruto, sendo necessário investir em técnicas que permitam o armazenamento dos frutos colhidos quando se desprendem da planta (maturidade de consumo). Assim, a utilização do armazenamento refrigerado a 4-5 °C associado ao tratamento com 1-MCP, apresenta-se como uma técnica promissora na conservação de goiaba-serrana.

1.4 CONCLUSÕES

Os desafios para entender melhor os atributos físico-químicos e fisiológico pós-colheita da goiaba-serrana ainda são grandes. Trata-se de um fruto subtropical, de sabor e aromas

únicos, com grande potencial produtivo e de aceitabilidade pelos consumidores brasileiros. Porém, apresenta período reduzido de comercialização, em especial pelo rápido escurecimento da polpa, além de não ter padrões definidos para vários atributos de qualidade, limitando a expansão da cultura. Recentemente, alguns trabalhos têm destacado as potencialidades (nutritivas, funcionais e medicinais) e formas de melhorar a conservação do fruto. Mas para consolidar a cultura da goiabeira-serrana são necessários estudos mais aprofundados em vários segmentos que envolvem a cultura, em especial o desenvolvimento de ferramentas que permitam aumentar o potencial de conservação pós-colheita do fruto e demonstrar o potencial que os frutos de cultivares brasileiras apresentam como alimento funcional, bem como das partes não comestíveis do fruto e das flores.

2 QUALIDADE DOS FRUTOS DE GENÓTIPOS BRASILEIROS DE GOIABEIRA-SERRANA (*Acca sellowiana*) NA COLHEITA E APÓS ARMAZENAMENTO REFRIGERADO

2.1 RESUMO

Este trabalho teve por objetivo determinar os atributos de qualidade em frutos de cinco genótipos brasileiros de goiabeira-serrana na colheita e após o armazenamento refrigerado. Foram colhidos frutos das cultivares ‘Alcântara’, ‘Mattos’, ‘Helena’ e ‘Nonante’, e do acesso 2316. Após 21 dias de armazenamento refrigerado ($4\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm 5\%$ UR) seguido de dois dias em condições ambiente ($23\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $75\pm 5\%$ UR) os frutos foram analisados quanto a acidez titulável (AT), teores de sólidos solúveis (SS), relação SS/AT, pH, coloração da casca e da polpa, forças para compressão e penetração do fruto e conteúdo de vitamina C, na casca e na polpa. Foi avaliada também a perda de massa fresca durante o armazenamento, que não diferiu entre os genótipos, sendo em média 3,5 %. Na média de todos os genótipos, houve redução de 2,9 % nos teores de SS e 32,2 % de AT após o armazenamento refrigerado, e aumento de 36,3 % da relação SS/AT e de 21,7 % do pH. Para todos os genótipos, em relação à colheita, houve redução da força necessária para a compressão (de 58,22 para 7,35 N) e penetração (de 33,33 para 5,21 N) após o armazenamento dos frutos. Os genótipos ‘Nonante’ e ‘Mattos’ apresentaram, respectivamente, maiores forças para penetração e compressão do fruto no momento da colheita e após o armazenamento. Com o armazenamento houve perda de cor e brilho da casca e polpa, refletindo em redução da qualidade dos frutos. O conteúdo de vitamina C na casca foi superior ao da polpa na colheita e após o armazenamento. Houve aumento do conteúdo de vitamina C após o armazenamento refrigerado, em

relação à colheita, de 77,3 para 99,6 mg 100 g⁻¹ de massa fresca na casca, e de 55,2 para 72,7 6 mg 100 g⁻¹ de massa fresca na polpa, na média dos cinco genótipos. Entre os genótipos, ‘Alcântara’ apresentou os maiores conteúdos de vitamina C na casca (101,0 e 121,5 mg 100 g⁻¹ de massa fresca na colheita e após o armazenamento, respectivamente) e na polpa (92,5 e 96,8 mg 100 g⁻¹ de massa fresca na colheita e após o armazenamento, respectivamente). Em razão dos conteúdos observados, a goiabeira-serrana pode ser considerada uma rica fonte de vitamina C.

Palavras-chave: *Feijoa sellowiana* Berg., acidez, textura, firmeza, sólidos solúveis, vitamina C.

2.2 INTRODUÇÃO

As frutas nativas vêm despertando a atenção dos produtores e do mercado consumidor mundial, sendo a goiabeira-serrana [*Acca sellowiana* (Berg.) Burret, sinônimo *Feijoa sellowiana* Berg.] é uma importante representante deste grupo. Trata-se de uma planta rústica da família das Myrtaceae, nativa da região Sul do Brasil e Uruguai (THORP; BIELESKI, 2002).

A goiabeira-serrana apresenta frutas de alta qualidade nutricional, de ação antitumoral (BONTEMPO et al., 2007), antiinflamatória (ROSSI et al., 2007), antioxidante (BEYHAN et al., 2010) e hepatoprotetora (EL-SHENAWI et al. 2008), além da presença de vitaminas e minerais (ROMERO-RODRIGUEZ et al., 1994; AMARANTE et al., 2013). A fruta tem significativo valor econômico em muitos países, como Nova Zelândia, Estados Unidos e Colômbia (SHOTSMANS et al., 2011). No Brasil, em especial, Santa Catarina, o cultivo da goiabeira-serrana ainda é restrito a pequenas áreas, mas com perspectivas de expansão.

Além do consumo *in natura*, a goiaba-serrana pode ser destinada a produção de outros produtos, como geleias, licores, sucos, iogurtes e sorvetes (SHOTSMANS et al., 2011). Entretanto, os frutos de goiabeira-serrana apresentam vida pós-colheita relativamente curta, causada principalmente pelo rápido escurecimento da polpa. Estudos demonstram que os frutos podem ser armazenados de três (AMARANTE et al., 2008; VELHO et al., 2011) a quatro semanas (KLEIN; THORP, 1987) a 4 °C, seguidos de 2 a 5 dias em condições ambiente, dependendo da região e do genótipo, resultando em grande limitação quanto ao atendimento do mercado de frutas frescas.

O conhecimento da fisiologia de pós-colheita do fruto é de suma importância para ter subsídios técnicos para ampliação do tempo de armazenamento, sem, no entanto, alterar suas características físicas, organolépticas e nutricionais. À medida que transcorre o processo de amadurecimento, os frutos de goiabeira-serrana sofrem alterações físicas, como a perda de peso e deterioração do sabor associado com a redução da acidez total e dos valores de sólidos solúveis (KLEIN; THORP, 1987; AMARANTE et al., 2013).

O objetivo deste estudo foi determinar os atributos de qualidade em frutos de cinco genótipos brasileiros (cultivares ‘Alcântara’, ‘Mattos’, ‘Helena’ e ‘Nonante’, e do acesso 2316) de goiabeira-serrana na colheita e após o armazenamento refrigerado.

2.3 MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos de goiabeira-serrana foram colhidos em pomar do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) da Estação Experimental da EPAGRI, em São Joaquim-SC (latitude 28° 16' 40,02" S, longitude 49° 56' 09,10" W e altitude de 1.400 m), nos anos de 2012, 2013 e 2014. Foram colhidos frutos das

cultivares ‘Alcântara’, ‘Helena’, ‘Mattos’ e ‘Nonante’, e do acesso 2316, no ponto de colheita comercial (quando os frutos se desprendem com facilidade da planta) e imediatamente transportado ao laboratório, para realização das análises. Todos os genótipos selecionados são oriundos de plantas do mesmo pomar. A colheita foi realizada em um total de oito plantas por genótipo, selecionando frutos de tamanho mediano.

Os frutos dos cinco genótipos foram avaliados quanto à qualidade na colheita e após 21 dias de armazenamento refrigerado ($4\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm 5\%$ UR), seguidos de dois dias em condições ambiente ($23\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $75\pm 5\%$ UR). Foram avaliados os atributos de acidez titulável (AT), teores de sólidos solúveis (SS), relação SS/AT e pH dos frutos, coloração da casca, parênquima interno e da polpa, forças para compressão e penetração do fruto e conteúdo de ácido ascórbico (vitamina C) na casca (hipanto: epiderme externa + camadas hipodérmicas + parênquima externo) e na polpa [ovário (epiderme interna + parênquima interno) + lóculo ovariano + tegumento carnoso + feixe placentário + sementes]. Durante o armazenamento foi avaliada a perda de massa fresca, através da pesagem dos frutos no momento da colheita (antes do armazenamento), após 7, 14 e 21 dias de armazenamento, e após dois dias de vida de prateleira em condições ambiente.

Os valores de AT (% de ácido cítrico) foram obtidos por titulometria de 10 mL do suco do fruto, diluído em 90 mL de água destilada, com hidróxido de sódio 0,1 N, até obtenção de pH 8,1. Os teores de SS (%) foram determinados em refratômetro digital, com compensação automática de temperatura (Atago®, Japão), em suco extraído conforme descrito para AT. O pH do suco foi determinado com pHmetro de bancada.

A coloração dos frutos foi determinada com auxílio de um colorímetro Minolta CR 400, pela quantificação da luminosidade (L), cromaticidade (C) e ângulo ‘hue’ (h°). A

medição da cor da casca (epiderme externa) foi realizada com duas leituras por fruto, em lados opostos na região equatorial. Para medição da cor da polpa, os frutos foram cortados ao meio e a leitura realizada imediatamente na região central da polpa. Para medição da cor interna da casca adotou-se o mesmo procedimento descrito para determinação da cor da epiderme externa, sendo as leituras realizadas no parênquima interno, imediatamente após a remoção da polpa.

A textura foi analisada com um texturômetro eletrônico TAXT-plus (Stable Micro Systems Ltda.). Para a quantificação da força para a penetração do fruto, foi utilizada ponteira modelo PS2 de 2 mm de diâmetro, inserida na região equatorial dos frutos, com duas medições por fruto, uma em cada lado. A ponteira foi introduzida a 8 mm de profundidade, com velocidade pré-teste, teste e pós-teste de 10, 1 e 10 mm s⁻¹, respectivamente. A força necessária para compressão do fruto foi determinada usando uma plataforma modelo P/75, com 75 mm de diâmetro, com velocidades de pré-teste, teste e pós-teste de 10, 0,5 e 30 mm s⁻¹, respectivamente, que exerceu uma força de compressão até a deformação de 3 mm na superfície do fruto.

O conteúdo de vitamina C foi determinado pelo método espectrofotométrico, utilizando-se 2,4-dinitrofenilhidrazina (STROHECKER; HENNING, 1967). As determinações foram realizadas na e na polpa dos frutos colhidos nos anos de 2013 e 2014. Foram utilizados 1 grama da amostra, macerado em 5 mL de ácido oxálico (0,5%) e posteriormente, o volume completado para 50 mL. Após a filtragem da amostra, foi tomado 1 mL e adicionado 3 mL de ácido oxálico, 5 gotas do agente oxidante 2,6 diclorofenol-indofenol (2,6-DCF), 1 mL de 2,4 dinitrofenilhidrazina (2,4-DNPH) (para formar o composto colorido) e 1 gota de tiouréia. Após deixar ferver em banho-maria por 15 minutos e resfriar em banho de gelo, foi adicionado 5 mL de ácido sulfúrico (para dissolver o composto

colorido). As leituras foram realizadas após 15 minutos em espectrofotômetro a 520 nm, zerando com o branco. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 g⁻¹ de matéria fresca. Para determinação da curva de degradação do conteúdo de vitamina C, foram realizadas avaliações na casca e na polpa do genótipo ‘Alcântara’ com 0 (no momento da remoção do armazenamento refrigerado), 6, 12, 24, 36, 48 e 72 horas após a remoção da refrigeração. Nos demais genótipos não foram determinados as curvas de degradação de vitamina C pela baixa disponibilidade de frutos.

O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado, com cinco repetições, cada repetição com cinco frutos. Os dados foram submetidos à análise da variância (ANOVA), com o programa SAS (SAS Institute, 2002), e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A massa fresca média dos frutos na colheita variou de 120,5 g (‘Mattos’) a 94,6 g (‘Nonante’). A média da perda de massa fresca dos cinco genótipos durante o armazenamento refrigerado, seguido de dois dias em condições ambiente foi de 3,5%, não diferindo entre os genótipos (Tabela 2). Do total de perda de massa fresca, aproximadamente 30% ocorreu no período de dois dias de exposição dos frutos em condições ambiente (vida de prateleira), quando os frutos foram retirados do ambiente refrigerado. Comparando com o tempo total de armazenamento dos frutos (23 dias), as perdas apresentadas no período pós-refrigeração evidenciam a importância do armazenamento refrigerado para este fruto. A condição de menor temperatura e maior umidade relativa do armazenamento refrigerado reduz o déficit de pressão de vapor d’água, e assim reduz a transpiração dos frutos (KADER,

1992). Hoffmann et al. (1994), avaliando a qualidade pós-colheita de frutos silvestres de goiabeira-serrana, observou que os frutos armazenados a 2 °C por 21 dias com umidade relativa entre 85-90%, apresentaram perda de massa fresca de 10,63%.

Tabela 2 - Massa fresca (g) dos frutos de diferentes genótipos de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*), na colheita e após 7, 14 e 21 dias de armazenamento refrigerado (4 ± 1 °C/ $90\pm 5\%$ UR) e após mais dois dias em condições ambiente (23 ± 1 °C/ $75\pm 5\%$ UR). Média de três safras.

Genótipo	Colheita	Dias de armazenamento refrigerado			Após dois dias de prateleira	Perda de massa fresca (%)
		7	14	21		
Alcântara	109,9ab*	109,3ab	107,5ab	107,1ab	105,8ab	3,7 ^{ns}
Helena	118,9a**	118,2a	115,9a	115,5a	114,4a	3,6
Mattos	120,5a	117,9a	118,8a	118,5a	117,3a	2,6
Nonante	94,6b	93,8b	92,2b	91,5b	90,7b	4,1
Acesso 2316	118,5a	118,1a	116,3a	115,6a	114,1a	3,7
Média	112,5	112,5	110,1	109,6	108,5	3,5
C V (%)	16,9	17,1	18,2	18,2	18,2	39,9

Fonte: produção do próprio autor, 2015.

* Valores seguidos da mesma letra nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). **Valor médio por fruto. ns: não significativo.

Houve diferença significativa entre as cultivares, na colheita e após o armazenamento, para os valores de SS, AT e SS/AT, e na colheita para o pH. Também foram observadas diferenças nos valores de SS, AT, SS/AT e pH entre a colheita e após o armazenamento, nos cinco genótipos (Tabela 3).

Os teores médios de SS para os genótipos de goiabeira-serrana foram de 10,12 % na colheita. Estes valores são semelhantes aos 11,1 % apresentados por Amarante et al. (2013) para quatro, dos cinco genótipos avaliados no presente trabalho.

O genótipo ‘Mattos’ apresentou os maiores teores de SS, na colheita e após o armazenamento refrigerado seguido por mais dois dias em condições ambiente. Os genótipos ‘Nonante’, acesso 2316 e ‘Helena’, apresentaram valores intermediários de SS, os quais não diferiram entre si, e ‘Alcântara’ os menores teores de SS (Tabela 3).

Após o armazenamento refrigerado, houve redução nos teores médios de SS, em relação ao teor quantificado na colheita, somente para o acesso 2316, enquanto ‘Mattos’ apresentou aumento nos teores de SS. Para os demais genótipos, não foram observadas diferenças significativas do teor de SS entre colheita e após armazenamento (Tabela 3).

Na colheita, ‘Alcântara’ apresentou os menores valores de AT, enquanto os demais genótipos não apresentaram diferenças entre si. Após o período de armazenamento, o genótipo ‘Mattos’ apresentou os maiores valores de AT, porém sem diferir de ‘Nonante’ (Tabela 3). Os dados obtidos neste trabalho estão de acordo aos observado por Amarante et al. (2013), mostrando que os genótipos ‘Nonante’ e ‘Mattos’ apresentaram os maiores valores de AT após o armazenamento.

A AT diminuiu com o armazenamento refrigerado, a exceção do genótipo ‘Mattos’ (Tabela 3). A média de AT dos cinco genótipos passou de 1,21 % na colheita para 0,82 % de ácido cítrico após o armazenamento (redução de 32,2 %), indicando que para a goiaba-serrana os ácidos orgânicos representam importante substrato respiratório na pós-colheita. Reduções substanciais na AT também foram observados por Amarante et al. (2013) e Velho et al. (2010) em frutos de

goiabeira-serrana após armazenamento refrigerado seguido de período de vida de prateleira.

Os principais ácidos presentes na polpa da goiaba-serrana são o ácido cítrico ($9,84 \text{ } 100 \text{ g}^{-1}$), o ácido málico ($1,72 \text{ } 100 \text{ g}^{-1}$) e o ácido succínico ($0,49 \text{ } 100 \text{ g}^{-1}$) (GALVIS, 2003). Os valores de AT (em % de ácido cítrico) quantificados no presente trabalho, são semelhantes aos descritos por Rodríguez et al. (2006) e Belous et al. (2014) para goiaba-serrana, porém superiores aos descritos por Velho et al. (2010) e Amarante et al. (2008), e inferiores aos de Hoffmann et al. (1994). Além da variabilidade genética, o crescimento dos frutos em diferentes condições edafoclimáticas, assim como o ano de colheita, pode influenciar os teores de AT dos frutos.

O pH dos frutos de goiabeira-serrana apresentou diferença entre os genótipos somente na colheita, variando entre 3,68 e 2,45 (Tabela 3). Estes valores estão próximos aos apresentados por outros autores para goiabeira-serrana (ROMERO-RODRIGUEZ et al., 1994; GALLEGO-CORRALES, et al., 2003; AMARANTE et al., 2013). Após o período de armazenamento, a média de pH para os cinco genótipos foi de 3,68, ocorrendo um aumento de 21,7 % em comparação ao quantificado na colheita. O aumento do pH ao final do período de armazenamento pode ser atribuído a redução da AT observada nos frutos.

A relação SS/AT aumentou, na média dos cinco genótipos, 36,3% após o armazenamento refrigerado seguido por mais dois dias em condições ambiente, quando comparado com os valores na colheita (Tabela 3). Este aumento da relação SS/AT após o período de armazenamento é reflexo da acentuada redução da AT durante o armazenamento. Comportamento semelhante foi observado em goiabas-serranas após o armazenamento refrigerado por Amarante et al. (2013). Entre os genótipos, a relação SS/AT na colheita foi maior para ‘Alcântara’ e o acesso 2316, e após o armazenamento, para

Tabela 3 - Sólidos solúveis (SS; %), acidez titulável (AT; % de ácido cítrico), relação SS/AT e pH dos frutos de diferentes genótipos de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*), na colheita e após o armazenamento refrigerado (4 ± 1 °C/ $90\pm 5\%$ UR), seguido de dois dias em condições ambiente (23 ± 1 °C/ $75\pm 5\%$ UR).

Genótipo	SS	
	Colheita	Após armazenamento
Alcântara	8,93 cA*	8,60 cA
Helena	9,87 bA	9,48 bA
Mattos	11,16 aB	11,89 aA
Nonante	10,37 bA	9,95 bA
Acesso 2316	10,31 bA	9,25 bcB
Média	10,12 A	9,83 B
C V (%)	8,2	12,9
	AT	
	Colheita	Após armazenamento
Alcântara	0,81 bA	0,55 cB
Helena	1,19 aA	0,49 cB
Mattos	1,46 aA	1,24 aA
Nonante	1,47 aA	1,11 abB
Acesso 2316	1,12 aA	0,73 bcB
Média	1,21 A	0,82 B
C V (%)	29,8	51,1
	Relação SS/AT	
	Colheita	Após armazenamento
Alcântara	11,14 aB	15,92 abA
Helena	8,30 bB	19,71 aA
Mattos	8,22 bA	12,56 bcA
Nonante	7,64 bA	9,16 cA
Acesso 2316	9,20 abB	12,93 bcA
Média	8,95 B	14,05 A
C V (%)	22,6	35,1
	pH	
	Colheita	Após armazenamento
Alcântara	3,68 aB	4,02 aB
Helena	2,45 cB	3,77 aA
Mattos	2,67 cB	3,49 aA
Nonante	2,46 cB	3,54 aA
Acesso 2316	3,18 bB	3,60 aA
Média	2,88 B	3,68 A
C V (%)	18,3	11,9

Fonte: produção do próprio autor.

*Valores seguidos da mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

‘Helena’ e ‘Alcântara’. É importante observar que para ‘Helena’ o efeito do armazenamento foi mais intenso no aumento da relação SS/AT, passando de 8,3 na colheita para 19,71, indicando que este genótipo é mais sensível ao armazenamento, perdendo a qualidade de consumo mais rapidamente que os demais genótipos avaliados.

Os valores médios de vitamina C na casca foram superiores aos da polpa, na colheita e após o armazenamento, variando, respectivamente, de 77,3 para 99,6 mg 100g⁻¹ de massa fresca na casca e de 55,2 para 72,7 mg 100g⁻¹ de massa fresca na polpa (Tabela 4). Conteúdos superiores de vitamina C na casca também foram relatados por Belous et al. (2014) em frutas de goiabeira-serrana, com média de 47,2 mg 100g⁻¹ de massa fresca na casca e 37,1 mg 100g⁻¹ de massa fresca na polpa. Os conteúdos de vitamina C na polpa obtidos no presente trabalho, são superiores aos 37,1 mg 100g⁻¹ de massa fresca apresentados por Belous et al. (2014) em goiaba-serrana produzida na Rússia e das produzida na Itália, cujos valores variaram entre 2,64 e 16,2 mg 100g⁻¹ de massa fresca (SALVO et al., 1987; ROMERO-RODRIGUEZ et al., 1994; VELENTE, et al., 2011).

Frutos de ‘Alcântara’ apresentaram os maiores conteúdos de vitamina C, na colheita (101,0 e 92,5 mg 100g⁻¹ de massa fresca na casca e polpa, respectivamente) e após o armazenamento (121,5 e 96,8 mg 100g⁻¹ de massa fresca na casca e polpa, respectivamente). Comparativamente, o genótipo ‘Alcântara’ apresentou, na colheita, teores de vitamina C de 37,1 e 58,1% superiores na casca e na polpa, respectivamente, quando comparado ao genótipo ‘Helena’, que apresentou os menores conteúdo de vitamina C (Tabela 4).

Tabela 4 - Conteúdo de vitamina C ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ de massa fresca) na casca e polpa dos frutos de diferentes genótipos de goiabeira-serrana, na colheita e após 21 dias de armazenamento refrigerado (4 ± 1 °C/ $90\pm 5\%$ UR), seguido de dois dias de vida em condições ambiente (23 ± 1 °C/ $75\pm 5\%$ UR). Média de duas safras (2013-2014).

Genótipo	Colheita	Após armazenamento
	Casca	
Alcântara	101,0 aB*	121,5 aA
Helena	63,5 dB	90,0 cA
Mattos	82,0 bB	97,0 bA
Nonante	64,0 dB	90,7 cA
Acesso 2316	75,8 cB	98,8 bA
Média	77,3 B	99,6 A
C V (%)	18,2	11,7
	Polpa	
Alcântara	92,5 aB	96,8 aA
Helena	38,7 eB	49,5 eA
Mattos	56,3 bB	80,8 bA
Nonante	41,1 dB	58,1 dA
Acesso 2316	47,1 cB	78,4 cA
Média	55,2 B	72,7 A
C V (%)	36,0	23,6

Fonte: produção do próprio autor.

*Valores seguidos da mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Os conteúdos de vitamina C presentes na polpa da goiaba-serrana são semelhantes a outros frutos considerados fontes importantes desta vitamina, como a laranja (COUTO e CANNIATTI-BRAZACA, 2011), goiaba e mamão (OLIVEIRA et al., 2011). Os resultados evidenciam que a goiabeira-serrana é uma fonte rica em vitamina C. A ingestão

diária recomendada (IDR), estabelecida pelo Conselho Internacional de Alimentos e Nutrição do Instituto de Medicina da Academia Nacional de Ciências (2002), é de 75 e 90 mg dia⁻¹ para mulheres e homens acima de 19 anos, respectivamente. No Brasil, a IDR para adultos é de 45 mg (BRASIL, 2005) e, desta forma, a ingestão diária de 100 g de goiabeira-serrana (casca ou polpa) supre totalmente a recomendação de IDR de vitamina C.

O conteúdo de vitamina C apresentou aumento após o período de armazenamento, de 22,4% na casca e de 24,1 % na polpa (Tabela 4). Perdas substanciais de vitamina C são comuns com o armazenamento na maioria dos vegetais em função da oxidação enzimática do ácido ascórbico, especialmente pela ação da ascorbato oxidase (LEE e KADER, 2000). Entretanto, trabalhos apontam incremento no conteúdo de vitamina C para alguns vegetais, porém a explicação deste comportamento ainda não é clara. Antunes et al. (2003) observaram incremento no conteúdo de vitamina C em amora-preta armazenada a 20° C, até o sexto dia de armazenamento. O mesmo comportamento foi observado por Mélo et al. (2000) em pitangas armazenadas sob refrigeração de 8° C. Em ambos os casos, o aumento foi atribuído à perda de água sofrida pelos frutos durante o armazenamento e consequente concentração da vitamina C. Contudo, a perda de massa fresca observada neste trabalho não pode, isoladamente, explicar o aumento de vitamina C observado nos frutos de goiabeira-serrana.

Em plantas, a produção de vitamina C corre pela rápida conversão da L-galactono-1,4-lactona (GAL) em L-ácido ascórbico, pela enzima GAL desidrogenase, a partir da glicose (SMIRNOFF; WHEELER, 2000). Em condições de estresse, a atividade da enzima GAL desidrogenase é aumentada, promovendo maior produção de vitamina C, como forma de proteção dos tecidos aos danos oxidativos do metabolismo (atuando como agente redutor), comuns no período de

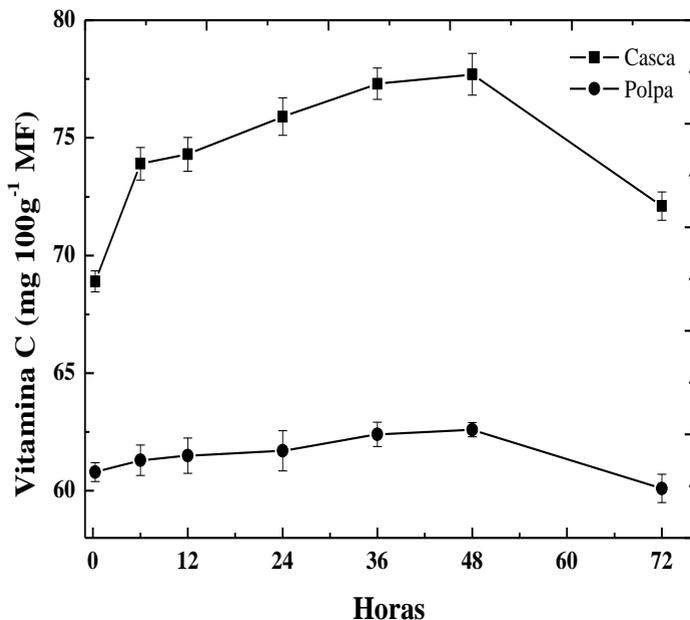
amadurecimento e armazenamento dos frutos, ou ainda, em caso de injúrias. A atividade da enzima GAL desidrogenase é aumentada por baixas temperaturas (SMIRNOFF; WHEELER, 2000), podendo explicar, no caso da goiaba-serrana, o aumento da vitamina C observada com o armazenamento refrigerado, como forma de defesa dos seus tecidos.

O aumento da vitamina C, em razão da baixa temperatura de armazenamento (4°C) na qual a goiaba-serrana foi submetida, pode ser observado na Figura 2, para o genótipo ‘Alcântara’. O conteúdo de vitamina C, tanto na casca como na polpa, aumentou até 48 horas após a remoção do armazenamento refrigerado, reduzindo a partir de então. Portanto, o armazenamento refrigerado para goiaba-serrana representou condição de estresse, e o fruto nas primeiras 48 horas após a saída da câmara de armazenamento restabeleceu o equilíbrio dos tecidos com incremento na produção de vitamina C.

Para todos os genótipos, com o armazenamento houve redução das forças para a compressão e penetração dos frutos (Tabela 5). Os valores médios das forças para a compressão e penetração sofreram reduções de 43,2% e 29,1%, respectivamente, entre os valores quantificados na colheita e após o armazenamento, indicando que tanto a firmeza como a textura dos frutos reduzem com o amadurecimento. Na colheita, o genótipo ‘Mattos’ apresentou a maior força para a compressão do fruto, enquanto os demais não diferiram entre si. Após o armazenamento, mesmo ‘Mattos’ apresentando maior perda de firmeza (49,5%), ainda manteve, juntamente com ‘Helena’, maiores valores de força para compressão do fruto (Tabela 5). O genótipo ‘Nonante’ apresentou maior força para penetração do fruto, no momento da colheita e após o armazenamento, em relação aos demais genótipos. Os dados de textura e firmeza indicam que os genótipos ‘Mattos’ e ‘Nonante’ apresentam maior capacidade de resistir a

deformações, permanecendo em melhores condições durante a vida de prateleira.

Figura 2 - Conteúdos médios de vitamina C na casca e na polpa de frutos de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*), genótipo 'Alcântara', após 0, 6, 12, 24, 36, 48 e 72 horas da remoção do armazenamento refrigerado (4 ± 1 °C/ $90\pm 5\%$ UR).



Fonte: produção do próprio autor.

Tabela 5 - Força (N) para compressão e penetração dos frutos de diferentes genótipos de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*), na colheita e após 21 dias de armazenamento refrigerado (4 ± 1 °C/ $90\pm 5\%$ UR), seguido de dois dias em condições ambiente (23 ± 1 °C/ $75\pm 5\%$ UR).

Genótipo	Colheita	Após armazenamento
	Força para compressão do fruto (N)	
Alcântara	55,65 bA*	30,01 cB
Helena	56,58 bA	36,68 abB
Mattos	78,56 aA	39,56 aB
Nonante	52,07 bA	34,44 bB
Acesso 2316	50,42 bA	25,95 cB
Média	58,22 A	33,33 B
C V (%)	20,94	17,29
	Força para penetração do fruto (N)	
Alcântara	7,71 bA	4,93 bB
Helena	6,29 cA	4,35 bB
Mattos	6,2 cA	4,98 bB
Nonante	11,01 aA	7,47 aB
Acesso 2316	5,52 cA	4,3 bB
Média	7,35 A	5,21 B
C V (%)	30,6	26,25

Fonte: produção do próprio autor.

*Valores seguidos da mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Com relação a cor, na colheita, o genótipo ‘Nonante’ apresentou o menor valor de h^o e maior de C para a epiderme externa, caracterizando um fruto de coloração menos verde. Com o armazenamento, este genótipo manteve o menor valor de h^o , mas com valor de L superior somente quando comparado a ‘Mattos’ (tabela 6).

Na média dos cinco genótipos, a coloração da epiderme externa apresentou redução significativa dos valores de L e C após o armazenamento, quando comparados aos valores da

Tabela 6 - Coloração (luminosidade = L ; cromaticidade = C ; e ângulo 'hue' = h°) da casca (epiderme externa e parênquima interno) e polpa de diferentes genótipos de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*), na colheita e após 21 dias de armazenamento refrigerado ($4\pm 1^{\circ}\text{C}/90\pm 5\%$ UR), seguido de dois dias em condições ambiente ($23\pm 1^{\circ}\text{C}/75\pm 5\%$ UR).

Genótipo	Colheita			Após armazenamento		
	Epiderme externa	Parênquima interno	Polpa	Epiderme externa	Parênquima interno	Polpa
	L					
Alcântara	45,6 aA*	65,0 aA	46,1 bA	43,8 abB	59,5 aB	44,3 bcA
Helena	45,0 aA	61,8 abA	54,8 aA	43,4 abB	60,0 aA	53,3 aA
Mattos	44,7 aA	60,5 bcA	50,5 abA	42,6 bB	56,8 abA	42,33 cB
Nonante	46,8 aA	61,6 bcA	50,1 abA	45,0 aA	54,8 bB	48,4 abA
Acesso	44,9 aA	58,5 cA	52,0 aA	44,2 abA	56,6 abA	49,0 abB
2316						
Média	45,4 A	61,5 A	50,7 A	43,8 B	57,5 B	50,7 B
C V (%)	2,9	4,3	7,9	3,0	5,1	9,7
	C					
Alcântara	21,5 abA	20,8 bB	9,3 cB	21,1 aA	22,5 A	11,3 cA
Helena	20,6 bA	22,7 abA	12,5 bA	19,3 aB	22,7 A	13,6 abA
Mattos	20,5 bA	22,7 abA	12,4 bA	19,6 aA	30,9 A	12,9 bA
Nonante	23,6 aA	23,5 aA	13,2 bA	21,2 aA	22,6 A	14,2 abA
Acesso	21,3 abA	20,9 bB	15,5 aA	20,8 aA	22,6 A	14,7 aA
2316						
Média	21,5 A	22,1 B	12,6 B	20,4 B	24,3 A	13,3 A
C V (%)	8,6	6,9	17,2	6,3	27,6	10,4
	h°					
Alcântara	124,5 aA	87,7 bA	88,7 bA	123,9 aA	85,2 abB	84,4 bB
Helena	124,2 aA	93,6 aA	93,1 aA	124,5 aA	90,3 aA	98,1 aB
Mattos	125,6 aA	88,6 bA	91,5 abA	123,4 abB	86,6 abA	85,6 bB
Nonante	120,6 bA	87,5 bA	91,0 abA	121,5 bA	83,4 bB	89,9 aA
Acesso	123,9 aA	88,4 bA	88,7 bA	123,1 abA	87,6 abA	86,6 abA
2316						
Média	123,8 A	89,2 A	90,6 A	123,3 A	86,6 B	87,1 B
C V (%)	1,6	3,1	2,9	1,2	4,6	3,6

Fonte: produção do próprio autor.

*Valores seguidos da mesma letra, minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas para tecido igual, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

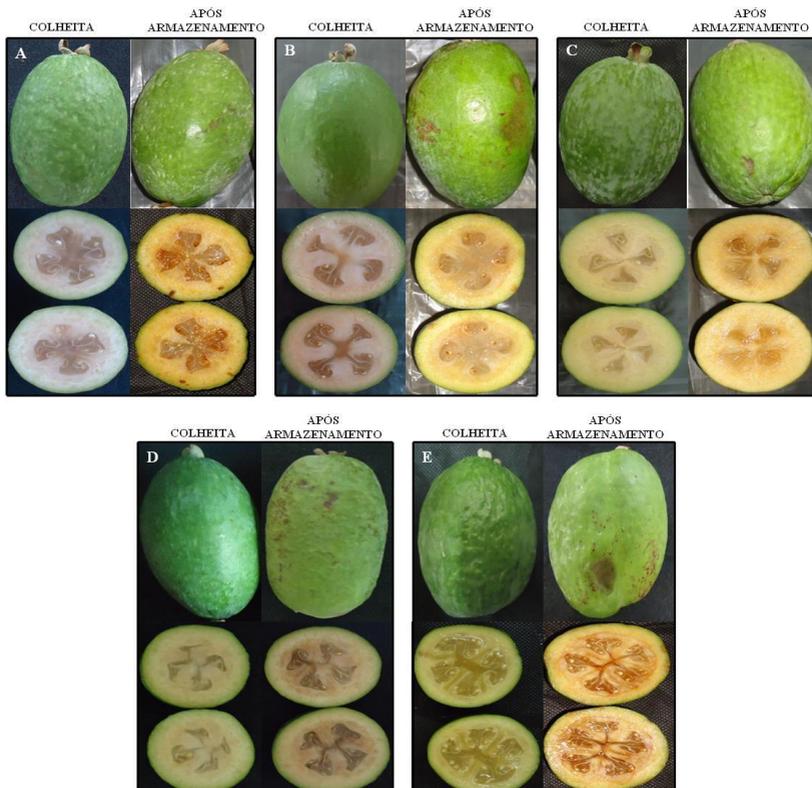
colheita. Estes dados indicam que houve uma perda da intensidade da cor verde, bem como do brilho dos frutos. A redução dos valores de L após o armazenamento ocorreu para ‘Alcântara’, ‘Helena’ e ‘Mattos’. ‘Helena’ apresentou ainda redução dos valores de C (perda de intensidade de cor) e ‘Mattos’ redução de h^o , caracterizando perda no tom da cor verde. No entanto, é importante ressaltar que as alterações na coloração da epiderme externa dos frutos de goiaba-serrana, para todos os genótipos, são praticamente imperceptíveis aos olhos. Assim, alteração na coloração da casca (epiderme externa) não é um parâmetro viável a ser utilizado na indicação da qualidade do fruto, quando realizada visualmente.

Com o armazenamento, na média dos cinco genótipos, houve o escurecimento no parênquima interno e da polpa (menor valor de L). Os genótipos ‘Alcântara’ e ‘Nonante’ apresentaram redução dos valores de L no parênquima interno, assim como ‘Mattos’ e o acesso 2316 na polpa (Figura 3). O escurecimento interno, em especial na polpa, pode comprometer a qualidade do fruto para o consumo e os resultados indicam que ‘Mattos’ e o acesso 2316 são mais sensíveis ao escurecimento em pós-colheita. ‘Nonante’ foi o único genótipo que não apresentou alterações em nenhum dos atributos de coloração da polpa, indicando ser um material com maior potencial para o armazenamento, representado pela maior resistência ao escurecimento de polpa.

Os frutos de goiabeira-serrana apresentam vida pós-colheita curta, em especial pelas alterações químicas que ocorrem, promovendo o escurecimento da polpa e a perda de sabor e aroma, como observado no presente trabalho. As diferenças observadas entre os genótipos são em razão da variabilidade genética. Entretanto, aumento do conteúdo de vitamina C é desejável, porém são poucos e controversos os estudos neste sentido. Assim, estudos adicionais são necessários para contribuir na elucidação dos reais efeitos do

armazenamento sobre os atributos de qualidade de goiabeira-serrana.

Figura 3 - Vista externa e interna do fruto de genótipos nacionais de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*) na colheita e após 21 dias de armazenamento refrigerado (4 ± 1 °C/ $90\pm 5\%$ UR), seguido de dois dias de vida em condições ambiente (23 ± 1 °C/ $75\pm 5\%$ UR). A – Alcântara; B – Helena; C – Mattos; D – Nonante; e E – acesso 2316.



Fonte: Produção do próprio autor.

2.5 CONCLUSÕES

Com o armazenamento refrigerado por 21 dias a 4° C, seguido de dois dias em condições ambiente (23±1° C e 75±5% UR), houve redução dos teores de SS e AT, e aumento da relação SS/AT e pH em frutos de goiabeira-serrana.

Os frutos dos genótipos ‘Nonante’ e ‘Mattos’ apresentam maior preservação pós-colheita dos atributos de textura, permanecendo em melhores condições após o armazenamento, ao passo que frutos dos genótipos ‘Mattos’ e ‘Alcântara’ apresentaram maior escurecimento de polpa.

O conteúdo de vitamina C na casca foi superior ao da polpa em todos os genótipos e aumentou com o armazenamento refrigerado, com destaque para ‘Alcântara’, que apresentou os maiores conteúdos de vitamina C na casca e na polpa.

3. COMPOSIÇÃO MINERAL DE FOLHAS E FRUTOS E CENTESIMAL DOS FRUTOS EM GENÓTIPOS BRASILEIROS DE GOIABEIRA-SERRANA (*Acca sellowiana*)

3.1 RESUMO

Este trabalho teve por objetivo determinar a composição mineral de frutos e folhas, assim como a composição centesimal em frutos de genótipos brasileiros de goiabeira-serrana. Frutos e folhas foram colhidos no município de São Joaquim-SC, de quatro cultivares ('Alcântara', 'Mattos', 'Helena' e 'Nonante') e um acesso (2316) de goiabeira-serrana. Frutos (casca e polpa) e folhas foram analisados quanto os teores de Ca, Mg, N, P, K, Fe, Zn, Cu e Mn. Nos frutos (casca e polpa) foram determinados a matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), gordura bruta (GB) e fibra bruta (FB). Os teores de todos os macronutrientes analisados foram maiores nas folhas do que nos frutos (casca e polpa). Nos frutos, os teores médios de Ca e K foram superiores na casca, enquanto N, P, Zn e Cu foram superiores na polpa. O Fe apresentou teores elevados em todos os tecidos avaliados, com média de 83,20, 85,91 e 118,29 mg kg⁻¹ na casca, polpa e folha, respectivamente. Os teores minerais nos frutos variaram entre os genótipos, com destaque para 'Alcântara', que apresentou os maiores teores de Ca, Fe, Cu e Mn na casca e na polpa, e de N e P na casca. Os valores da composição centesimal dos frutos variaram entre os genótipos. A casca apresentou os maiores conteúdos de MS, MM e FB, enquanto na polpa os maiores conteúdos de PB e GB. A polpa apresentou MS de 15,4-12,1%, MM de 33,27-2,45%, PB de 11,85-6,2%, GB de 12,12-3,62% e FB de 16,17-8,45%. Na casca, os conteúdos variaram de 17,27-12,8% para MS, de 9,45-1,75% para MM, de 6,94-4,07% para PB, de 7,07-

4,32% para GB e de 25,2-17,25% para FB. Os resultados mostram que os frutos de goiabeira-serrana apresentam altos teores de minerais, em especial de P e N na polpa, e de K e Fe na casca e polpa, e representam valiosa fonte de PB, GB e FB na dieta humana.

Palavras-chave: *Feijoa sellowiana* Berg., macronutriente, micronutriente, fibra, gordura, proteína.

3.2 INTRODUÇÃO

As frutas desempenham papel importante na alimentação humana, fornecendo minerais, vitaminas, energia, água, fibra, entre outros, necessários ao corpo humano. Muitas frutas são amplamente conhecidas e consumidas, contudo, existe uma série de frutas regionais de grande potencial para utilização na alimentação humana que ainda não tiveram sua composição nutricional caracterizada.

A qualidade dos frutos não se baseia somente nas características físicas, como cor, tamanho e formato, geralmente os mais exigidos pelos consumidores, mas também pelas características nutricionais e funcionais. O conhecimento da composição dos frutos é um complemento que garante melhor aceitação do produto por parte dos consumidores. Estudos indicam que o consumo diário de frutas pode auxiliar na prevenção de inúmeras doenças, em função do seu valor nutricional e terapêutico (SOERJOMATARAM et al., 2010). Muitos dos compostos presentes nas frutas têm despertado o interesse na comunidade científica, em especial nas frutas nativas, assim como de partes tradicionalmente não consumidas pela população, como cascas e sementes. Há relatos de que a concentração de determinados nutrientes pode ser maior na casca ou nos resíduos (outras partes não consumidas) do que na própria polpa (IGNAT et al., 2011).

A goiabeira-serrana [*Acca sellowiana* (Berg.) Burret, sinônimo *Feijoa sellowiana* Berg.], também conhecida como feijoa, é uma frutífera da família Myrtaceae nativa do Sul da América do Sul (Sul do Brasil, Norte da Argentina e Oeste do Paraguai e Uruguai) (SANTOS et al., 2011). Pouco conhecida no Brasil, a goiabeira-serrana está amplamente distribuída por várias regiões do mundo, sendo apreciada por seu sabor e aroma únicos. Além disso, há relatos na literatura da ação antimicrobiana, antitumoral, antiinflamatória, antioxidante (WESTON, 2010) e hepatoprotetora (EL-SHENAWI et al., 2008) do extrato de goiaba-serrana.

No Brasil, em especial em Santa Catarina, o cultivo da goiabeira-serrana ainda é restrito a pequenas áreas, mas apresenta indícios de expansão, e alguns trabalhos de pesquisa em melhoramento genético (SANTOS et al., 2011) e pós-colheita (VELHO et al., 2011; AMARANTE et al., 2013) vem sendo realizados com intuito de fortalecer seu consumo e produção. Em Santa Catarina, nos anos de 2007 e 2008, foram lançadas as primeiras cultivares brasileiras de goiabeira-serrana ('Alcântara', 'Mattos', 'Helena' e 'Nonante') para cultivo comercial (SANTOS et al., 2011).

A goiabeira-serrana é uma frutífera de fácil cultivo e que apresenta grandes perspectivas de inserção nos mercados *in natura*, bem como na forma de polpas, sorvetes, doces e chás. O consumo da casca dos frutos e das folhas, partes tradicionalmente não comestíveis da goiabeira-serrana, pode ser fonte importante de nutrientes, principalmente quando da sua inclusão em receitas diferenciadas, tornando-se importante também a sua caracterização. Alguns trabalhos demonstram que as folhas da goiabeira-serrana são ricas em metabólitos secundários (RUBERTO; TRINGALI, 2004; EL-SHENAWY et al., 2008), mas poucos apontam seu valor nutricional.

Considerando que dados sobre a composição mineral e centesimal dos frutos da goiabeira-serrana são escassos, o

objetivo deste estudo foi determinar o conteúdo de macro e micronutrientes nos frutos e folhas, e a composição centesimal nos frutos de diferentes genótipos de goiabeira-serrana cultivada no município de São Joaquim, SC.

3.3 MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos e folha de goiabeira-serrana foram colhidos em pomar do Banco Ativo de Germoplasma (BAG), da Estação Experimental da EPAGRI, em São Joaquim-SC (latitude 28° 16' 40,02" S, longitude 49° 56' 09,10" W e altitude de 1.400 m), nos anos de 2012, 2013 e 2014 para análise da composição mineral de frutos e folhas, e em 2013 para análise da composição centesimal dos frutos. Os frutos foram coletados no ponto de colheita comercial (quando os frutos se desprendem com facilidade da planta) e as folhas no mês de março. Foram colhidos frutos e folhas de quatro cultivares ('Alcântara', 'Helena', 'Mattos' e 'Nonante') e um acesso (2316, com potencial para lançamento como cultivar), os quais foram imediatamente transportados ao laboratório, para realização das análises. Todos os genótipos selecionados são oriundos de plantas do mesmo pomar.

Para análise mineral, foram determinados os teores totais dos macronutrientes cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), nitrogênio (N) e fósforo (P), e dos micronutrientes ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn) e manganês (Mn) nos tecidos da casca (hipanto: epiderme externa + camadas hipodérmicas + parênquima externo) e da polpa [ovário (epiderme interna + parênquima interno) + lóculo ovariano + tegumento carnososo + feixe placentário + sementes] dos frutos e folhas dos cinco genótipos de goiabeira-serrana. No fruto, os macronutrientes e micronutrientes foram expressos em mg kg⁻¹ de matéria fresca, e na folha em g kg⁻¹ e mg kg⁻¹ de matéria seca, respectivamente.

Os frutos foram separados em polpa e casca, processados em multiprocessador, congelados em nitrogênio líquido e armazenadas a -16°C até o momento das análises. As folhas foram secas em estufa a 65°C por 72 horas, e após trituradas em moinho. Os teores de N foram determinados pelo método de Kjeldahl, os de P por espectrofotometria, os de K por fotometria de chama e os de Ca, Mg, Fe, Cu, Zn e Mn por espectrofotômetro de absorção atômica (AMARANTE et al., 2012; TEDESCO et al., 1995).

A análise da composição centesimal foi realizada somente no fruto (casca e polpa), através da quantificação de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), gordura bruta (GB) e fibra bruta (FB). A MS foi determinada após secagem em estufa a 105°C , e a MM pela incineração em mufla a 550°C , ambas até peso constante. A PB foi determinada pelo método Kjeldahl (AOAC, 1995), e o fator 6,25 usado para converter o conteúdo de nitrogênio em PB. A GB foi determinada gravimetricamente, após extração com clorofórmio e metanol, e o teor de FB pelo método proposto por Van Soest et al. (1991). Todos os dados foram expressos em percentagem.

O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado, com quatro repetições para as análises centesimais e cinco para as análises minerais. Cada repetição foi composta por cinco frutos. Inicialmente, verificou-se os dados quanto ao atendimento dos pressupostos da análise de variância, por meio da aplicação dos testes de Barlett (homogeneidade) e Shapiro-Wilk (normalidade), com o programa SAS (SAS Institute, 2002). Esses requisitos foram atendidos e os dados não foram transformados. Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA), e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados da composição centesimal da casca e polpa dos frutos de goiabeira-serrana são apresentados na Tabela 7. Os valores de MS, MM e FB são superiores na casca, e PB e GB são superiores na polpa.

A MS variou de 17,27 a 12,8% na casca, e de 15,4 a 12,1% na polpa, em função do genótipo (Tabela 6). Estes valores são semelhantes a MS de 16% obtidos por Romero-Rodriguez et al. (1994) e Leterme et al. (2006) em polpa de frutos de goiabeira-serrana coletados na Nova Zelândia e na Colômbia, respectivamente.

O teor de MM na casca apresentou diferença entre os genótipos avaliados, com 9,45; 6,32; 5,32; 3,60 e 1,75% para 'Helena', 'Alcântara', 'Mattos', acesso 2316 e 'Nonante', respectivamente (Tabela 7). Na polpa, os maiores teores de MM foram observados no genótipo 'Alcântara' e no acesso 2316, não havendo diferença entre os demais.

De forma geral, os frutos de goiabeira-serrana podem ser considerados fontes importantes de PB, com média de 8,61% na polpa e 5,01% na casca (Tabela 7). Entre os genótipos, a 'Alcântara' destacou-se, apresentando os maiores teores de PB, tanto na casca como na polpa com 6,92 e 11,85%, respectivamente. Os teores de PB encontrados são muito superiores aos reportados por outros autores. Kinupp e Barros (2008) encontraram, em polpa de goiabeira-serrana de ocorrência silvestre, PB de 0,119 %. Frutos coletados na Nova Zelândia e Galícia apresentaram PB na polpa 0,5-1% e 1,1%, respectivamente (ROMERO-RODRIGUEZ et al., 1994). Esta diferença observada pode ser em decorrência do melhoramento genético que os genótipos estudados sofreram, prezando atributos de qualidade e maior rendimento de polpa, diferentemente do que ocorre nos frutos silvestres de goiabeira-serrana. Os resultados mostram que a goiabeira-serrana, em

especial a polpa, é uma considerável fonte de proteína, uma vez que, a ingestão diária recomendada (IDR) para um adulto é de 50 gramas (BRASIL, 2005), e a ingestão diária de 100 gramas de polpa de goiabeira-serrana representa cerca de 17% da recomendação diária de proteína.

Tabela 7 - Matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), gordura bruta (GB) e fibra bruta (FB) em frutos (casca e polpa) de genótipos de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*).

Genótipos	MS (%)	MM (%)	PB (%)	GB (%)	FB (%)
Casca do fruto					
Alcântara	12,80 d*	6,32 b	6,92 a	4,50 b	19,87 c
Helena	15,80 b	9,45 a	4,67 b	4,42 b	25,20 a
Mattos	16,07 b	5,32 c	4,80 b	4,32 b	17,25 d
Nonante	17,27 a	1,75 e	4,60 b	5,71 a	22,50 b
Acesso	13,70 c	3,60 d	4,07 b	5,37 a	23,02 b
2316					
Média	15,13 a	5,29 a	5,01 b	4,85 b	21,57 a
CV (%)	11,21	50,81	21,69	13,03	13,22
Polpa do fruto					
Alcântara	12,10 d	3,27 a	11,85 a	6,57 b	13,65 b
Helena	13,47 c	2,47 b	7,85 c	5,50 c	8,45 e
Mattos	15,40 a	2,45 b	6,20 d	3,62 d	11,01 d
Nonante	15,02 a	2,60 b	6,97 cd	7,07 b	16,17 a
Acesso	14,27 b	2,80 ab	10,20 b	12,12 a	12,27 c
2316					
Média	14,05 b	2,72 b	8,61 a	6,98 a	12,31 b
CV (%)	8,83	15,06	25,44	41,78	21,69

Fonte: Produção do próprio autor.

*Valores seguidos da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Assim como para PB, os teores de GB foram maiores na polpa, com destaque para o acesso 2316, com 12,12%, enquanto o genótipo ‘Mattos’ apresentou os menores valores,

com 3,62% (Tabela 7). Na casca, o acesso 2316 e o genótipo ‘Nonante’ apresentaram os maiores valores de GB. Romero-Rodriguez et al. (1994) reportaram valores de GB em polpa de goiabeira-serrana coletados na Galícia e Nova Zelândia entre 0,08 a 0,4%, respectivamente, valores muito inferiores aos encontrados no presente trabalho. Os teores de GB encontrados na goiabeira-serrana são superiores aos de outras frutas, como em gabirola (*Compomanesia adamantium*) (ALVES et al., 2013), manga (*Mangifera indica*) (MARQUES et al., 2010) e amora-preta (*Rubus sp.*) (HIRSCH et al., 2012).

Os frutos de goiabeira-serrana são ricos em fibra, variando de 17,25% a 25,2% na casca nos genótipos ‘Mattos’ e ‘Helena’, respectivamente, e de 8,45% a 16,17% na polpa nos genótipos ‘Helena’ e ‘Nonante’ (Tabela 7). Considerando o consumo de 100 gramas, os valores médios de FB encontrados na casca, correspondem a 72%, e na polpa a 41% da ingestão diária recomendada de fibra (30g) para um adulto (IOM, 2006). Os valores de FB encontrados são superiores aos 5% relatados por Romero-Rodriguez et al. (1994) em polpa de frutos de goiabeira-serrana coletados na Nova Zelândia, e 3,8% nos frutos coletados na Galícia, e superior aos valores de FB de outras frutas importantes, como laranja (0,8%), banana (2%), manga (1,6%) e mamão (1%) (STORCK et al., 2013). Outras frutas nativas, como o umbu-cajá (*Spondias tuberosa*) e gabirola (*Compomanesia xantocarpa*) apresentaram teores de FB de 1,36 e 6,3%, respectivamente (SANTOS et al., 2010; VALLILO et al., 2008). A variação no conteúdo de FB encontrada entre os genótipos pode ser em decorrência das características genéticas, como relatado em amora-preta, onde o conteúdo de fibra variou de acordo com a cultivar (HIRSCH et al., 2012).

Os teores dos macronutrientes apresentaram diferenças significativas entre os genótipos de goiabeira-serrana avaliados para os tecidos do fruto (casca e polpa) e da folha (Tabela 8).

Tabela 8 - Macronutrientes nos frutos (casca e polpa) (mg kg^{-1} massa fresca) e folhas (g kg^{-1} massa seca) de genótipos de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*).

Genótipos	Ca	Mg	N	P	K
Casca do fruto					
Alcântara	116 a*	20 b	1642 a	309 a	1588 c
Helena	108 b	21 b	1408 b	261 b	3635 a
Mattos	96 b	20 b	1643 a	209 c	3411 ab
Nonante	107 b	20 b	1349 b	291 ab	3042 bc
Acesso	114 a	30 a	1096 c	191 c	2667 c
2316					
Média	108 b	22 b	1427 b	252 c	2868 b
CV (%)	18,63	16,1	24,7	29,2	17,06
Polpa do fruto					
Alcântara	92 a	20 b	2017 d	1686 d	1916 b
Helena	93 a	28 a	2940 b	2058 bc	2143 b
Mattos	85 b	20 b	2448 c	1893 cd	1358 c
Nonante	56 d	17 c	3384 a	2638 a	2603 a
Acesso	78 c	23 b	2642 bc	2290 b	2917 a
2316					
Média	81 c	22 b	2686 c	2113 b	2187 c
CV (%)	23,63	20,34	19,92	29,14	20,08
Folha					
Alcântara	12,41 b	3,08 c	18,83 a	5,63 a	7,75 b
Helena	13,47 a	3,38 b	16,95 c	3,53 b	6,74 c
Mattos	11,18 c	3,13 c	19,11 a	3,16 cd	10,13 a
Nonante	13,12 a	3,60 a	18,01 b	3,30 bc	7,67 b
Acesso	11,13 c	2,91 d	16,80 c	3,04 c	10,70 a
2316					
Média	12,22 a	3,22 a	17,96 a	3,73 a	8,60 a
CV (%)	9,20	6,24	26,74	20,22	8,79

Fonte: Produção do próprio autor.

*Valores seguidos da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Os resultados apresentados demonstram que nos frutos avaliados, os teores de Ca, Mg, N, P e K diferem entre genótipos, variando na casca entre 96-116; 20,26-30,14; 1096-1643; 191-309; e 1588-3635 mg kg⁻¹, respectivamente, e na polpa entre 56-93; 17,32-28,61; 2017-3384; 1686-2638; e 1358-2917 mg kg⁻¹, respectivamente (Tabela 8). Todos os frutos utilizados no trabalho foram coletados de plantas submetidas às mesmas condições de clima e manejo, mostrando que as diferenças observadas são em função das diferenças entre os genótipos (BEYHAN et al., 2011).

Os resultados obtidos são similares aos encontrados por Romero-Rodriguez et al. (1994) para Ca e K em polpa de frutos de goiabeira-serrana coletados na Nova Zelândia e na Galícia, que apresentaram, respectivamente, 40-144 e 900-1700 mg kg⁻¹, mas superiores aos de P (100-170 mg kg⁻¹) e inferiores aos de Mg (58-90 mg kg⁻¹). Beyhan et al. (2011) encontraram teores elevados de N, Ca, Mg e K na polpa (7200-14700; 3300-7500; 610-1030; e 530-940 mg kg⁻¹, respectivamente) em diferentes genótipos coletados na Turquia. Todavia, os teores de P (910-1040 mg kg⁻¹) observado por estes autores são inferiores aos obtidos no presente trabalho (Tabela 7). Em polpa de frutos de goiabeira-serrana colhidos na Colômbia, os teores de Ca, Mg, P e K foram de 720, 170, 50 e 1390 mg kg⁻¹, respectivamente (LETERME et al., 2006). Em trabalho realizado por Amarante et al. (2013) com frutos de goiabeira-serrana coletados em Santa Catarina, os dados para Ca (67,2 mg kg⁻¹) e Mg (11,1 mg kg⁻¹) presentes na polpa foram similares aos obtidos neste trabalho, enquanto os teores de N (1246 mg kg⁻¹) e K (1284 mg kg⁻¹) foram inferiores. No mesmo trabalho, foram quantificados os teores de Ca, Mg, N e K na casca de frutos de goiabeira-serrana, com valores de 162,7; 12,9; 1311; e 1094 mg kg⁻¹, respectivamente, teores muito similares aos obtidos nos frutos avaliados neste trabalho, em especial os três primeiros nutrientes. Kinupp e Barros

(2008), avaliando polpa de frutos de goiabeira-serrana coletados de populações silvestres de Porto Alegre, RS, também reportaram teores de Ca e Mg similares aos obtidos no presente trabalho.

As divergências encontradas na composição mineral entre os trabalhos podem, em parte, ser explicadas pela variabilidade genética dos frutos, pelas condições edafoclimáticas do local de cultivo e pelas condições de manejo das plantas (AMARANTE et al., 2012).

No tecido foliar, os teores de Ca, Mg, N, P e K foram diferentes entre os genótipos (Tabela 8). Os teores obtidos neste estudo são semelhantes aos reportados por Beyhan et al. (2011), em frutos coletados na Turquia, onde os teores de Ca, Mg, N, P e K variaram, dependendo do genótipo, entre 17-28,3; 1,9-2,8; 14,2-23,1; 0,86-1,34; e 3,5-5 g kg⁻¹ de matéria seca, respectivamente. A composição mineral das folhas pode ser influenciada por uma série de fatores, como genéticos, ambientais e de manejo e fertilização do solo. Entretanto, como reportado anteriormente, as condições de solo, de clima e de manejo onde as plantas utilizadas no presente trabalho são cultivadas são homogêneas, sugerindo que as diferenças observadas sejam devidas as diferenças genéticas entre os genótipos.

Os resultados dos teores de micronutrientes nos tecidos do fruto (casca e polpa) e da folha de goiabeira-serrana estão apresentados na Tabela 9. Diferenças significativas foram observadas para todos os micronutrientes entre os genótipos avaliados.

Nos frutos, os teores médios de Fe, Zn, Cu e Mn na casca dos cinco genótipos avaliados foram, respectivamente, 83,2; 3,01; 5,2; e 7,3 mg kg⁻¹ de massa fresca, enquanto na polpa foram, respectivamente, de 85,91; 4,11; 6,12; e 8,26 mg kg⁻¹ de massa fresca (Tabela 9). O Fe foi, dentre os micronutrientes analisados, o que apresentou teores mais

elevados em todos os tecidos avaliados. Os dados apresentados são similares aos reportados por Beyhan et al. (2011), em polpa de frutos de goiabeira-serrana coletados na Turquia, onde os teores de Fe, Zn, Cu e Mn variaram de 38-200; 2,9-7,3; 1,71-6,95; e 2,1-6,3 mg kg⁻¹ de massa fresca, respectivamente, dependendo do genótipo. Por outro lado, os teores foram superiores aos encontrados em frutos coletados na Nova Zelândia e Galícia (ROMERO-RODRIGUEZ et al., 1994) e em Porto Alegre, RS (KINUPP; BARROS, 2008). Estes dados reforçam novamente a importância das condições edafoclimáticas na composição mineral dos frutos. Para a composição mineral dos micronutrientes da casca de frutos de goiabeira-serrana, não foram encontradas na literatura fontes para comparação.

Entre os genótipos, foram observadas diferenças nos teores dos micronutrientes analisados no fruto, com destaque para o genótipo 'Alcântara', que apresentou os maiores teores de todos os micronutrientes avaliados, tanto na casca como na polpa, a exceção do Zn, que foi maior na polpa do acesso 2316 (Tabela 9).

No tecido foliar, os teores médios de Fe, Zn, Cu e Mn dos cinco genótipos de goiabeira-serrana foram 118,29; 17,35; 8,79; e 44,29 mg kg⁻¹ de massa seca, respectivamente. De forma semelhante ao fruto, na folha também foram observadas diferenças entre os genótipos, com ênfase para 'Helena', onde os teores de todos os micronutrientes analisados foram superiores (Tabela 9). Teores similares de Fe e Mn foram encontrados por Beyhan et al. (2011) em folhas de goiabeira-serrana, onde variaram de 63 a 148 e 18 a 63 mg kg⁻¹ de massa seca, respectivamente, dependendo do genótipo. Por outro lado, no mesmo trabalho, os teores de Zn e Cu (6,6-11,1 e 1,32-2,88 mg kg⁻¹ de massa seca, respectivamente) foram menores aos teores foliares apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Micronutrientes na casca e polpa dos frutos (mg kg^{-1} massa fresca) e folhas (mg kg^{-1} massa seca), de genótipos de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*).

Genótipos	Fe	Zn	Cu	Mn
Casca do fruto				
Alcântara	104,60 a*	3,57 a	6,48 a	8,10 a
Helena	80,38 c	3,56 a	4,61 c	6,26 b
Mattos	72,75 d	2,24 c	5,07 b	8,32 a
Nonante	92,85 b	2,93 b	5,32 b	8,12 a
Acesso 2316	65,78 e	2,75 b	4,52 c	5,70 c
Média	83,20 b	3,01 c	5,20 c	7,30 b
CV (%)	17,06	21,72	14,62	16,38
Polpa do fruto				
Alcântara	111,12 a	3,74 c	6,80 a	9,18 a
Helena	71,34 c	4,53 b	5,46 c	7,11 d
Mattos	74,62 c	4,11 c	5,97 b	8,75 ab
Nonante	100,96 b	3,03 d	6,22 b	8,48 b
Acesso 2316	71,5 c	5,15 a	6,13 b	7,78 c
Média	85,91 b	4,11 b	6,12 b	8,26 b
CV (%)	20,08	19,91	8,45	10,46
Folha				
Alcântara	112,26 d	16,38 c	7,70 c	38,22 e
Helena	135,70 a	21,83 a	12,49 a	50,64 a
Mattos	121,16 b	14,25 d	10,18 b	47,78 b
Nonante	116,29 c	15,42 cd	5,89 d	43,36 c
Acesso 2316	106,05 e	18,84 b	7,68 c	41,44 d
Média	118,29 a	17,35 a	8,79 a	44,29 a
CV (%)	8,78	16,97	28,29	10,59

Fonte: Produção do próprio autor.

*Valores seguidos da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Comparando os dados obtidos neste trabalho com os de outros autores, podemos verificar que vários fatores afetam a composição mineral de frutos e folhas em goiabeira-serrana, mas a variabilidade genética neste caso aparenta ser o principal fator gerador das diferenças observadas entre os genótipos estudados. Os dados aqui apresentados são relevantes, haja

visto a existência de poucos estudos referente a caracterização mineral e centesimal dos frutos e folhas de goiabeira-serrana.

Dados sobre a composição nutricional de frutas nativas do Brasil ainda são escassas, e estudos a cerca deste assunto podem contribuir para inclusão destas frutas na dieta alimentar. Neste sentido, mais estudos referentes ao tema necessitam ser realizados a fim de contribuir na elucidação dos reais potenciais desta planta. Considerando as características nutricionais dos genótipos de goiaba-serrana avaliados, recomenda-se o consumo deste fruto como forma de contribuir no atendimento da ingestão diária recomendada. Como a casca é uma porção tradicionalmente não empregada na alimentação humana, mais pesquisas são necessárias para determinar a presença de outros nutrientes e compostos, além do desenvolvimento de tecnologias que facilitem seu emprego em produtos alimentícios.

3.5 CONCLUSÕES

Os frutos de goiabeira-serrana, tanto a casca como a polpa, podem ser considerados uma valiosa fonte de PB, GB e FB na dieta humana. Nos frutos, os maiores conteúdos de PB ocorreram na casca e polpa do genótipo ‘Alcântara’, os maiores conteúdos de GB na polpa do acesso 2316, e os maiores conteúdos de FB na polpa do genótipo ‘Helena’. De maneira geral, os frutos de goiabeira-serrana apresentam ainda altos teores de minerais, em especial de P e N na polpa, e de K e Fe na casca e polpa.

4. COMPOSTOS FENÓLICOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM FRUTOS DE GOIABEIRA-SERRANA (*Acca sellowiana*), NA COLHEITA E APÓS ARMAZENAMENTO

4.1 RESUMO

Este trabalho teve por objetivo determinar os compostos fenólicos e a atividade antioxidante total em cinco genótipos brasileiros de goiabeira-serrana: cultivares ‘Alcântara’, ‘Helena’, ‘Mattos’ e ‘Nonate’, e o acesso 2316. Na casca e na polpa dos frutos, foram determinados o conteúdo de compostos fenólicos totais (Folin-Ciocalteu) e a capacidade antioxidante total (métodos DPPH e ABTS), em duas soluções extratoras (aquosa e hidroalcoólica), na colheita e após 21 dias de armazenamento refrigerado ($4\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ / $90\pm 5\%$ UR), seguido de dois dias em condições ambiente ($23\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ / $75\pm 5\%$ UR). Os conteúdos de compostos fenólicos totais foram diferentes entre os genótipos, e variaram em função do tipo de extrato, sendo que na polpa foram maiores em ‘Nonate’ (86,4-96,2 mg EAG 100g^{-1} de matéria fresca) e no acesso 2316 (95,5 mg EAG 100g^{-1} de matéria fresca), e na casca foram maiores em ‘Nonate’ (119,1-120,5mg EAG 100g^{-1} de matéria fresca) e ‘Mattos’ (117,5-119,8 mg EAG 100g^{-1} de matéria fresca). Os genótipos com maior conteúdo de compostos fenólicos totais apresentaram maior atividade antioxidante (DPPH e ABTS), nos tecidos da casca e polpa, em extratos aquoso e hidroalcoólico. A casca apresentou 59,0 e 56,5% do total de compostos fenólicos do fruto, respectivamente, em extratos hidroalcoólico e aquoso. Em todos os genótipos, com o armazenamento houve redução no conteúdo de compostos fenólicos totais nos extratos aquoso e hidroalcoólico, sendo, respectivamente, de 9,5% e 12,6% na casca, e 8,8% e 15,0% na polpa. O armazenamento também reduziu a capacidade a

atividade antioxidante total (DPPH e ABTS) em todos os genótipos. A extração aquosa resultou em maiores valores de conteúdos de compostos fenólicos e de atividade antioxidante total. A goiaba-serrana mostra-se uma boa opção para o consumo humano, por representar fonte natural de antioxidantes, destacando-se principalmente as cultivares ‘Mattos’ e ‘Nonante’, e o acesso 2316.

Palavras-chave: *Feijoa sellowiana* Berg., genótipo, tecido do fruto, extração aquosa, ABTS, DPPH.

4.2 INTRODUÇÃO

A goiabeira-serrana [*Acca sellowiana* (Berg.) Burret, sinônimo *Feijoa sellowiana* Berg.], também conhecida como feijoa, é uma frutífera da família Myrtaceae, nativa do Sul da América do Sul (Sul do Brasil, Norte da Argentina e Oeste do Uruguai) (DUCROQUET et al., 2000; THORP; BIELESKI, 2002; KELLER; TRESSSENS, 2007). Pouco conhecida no Brasil, a goiabeira-serrana está amplamente distribuída por várias regiões do mundo, sendo apreciada em razão do sabor e aroma únicos dos frutos. Além disso, a goiaba-serrana apresentam ação antiinflamatória, antitumoral, antimicrobiana e hepatoprotetora (WESTON, 2010; EL-SHENAWI, et al. 2008). No entanto, são escassos os dados sobre a composição química, conteúdo de compostos fenólicos e a atividade antioxidante da goiaba-serrana.

Os frutos de uma forma geral são fontes de antioxidantes, importantes na dieta humana. Nos últimos anos, maior atenção tem sido dada a estes alimentos, pois o seu consumo regular atua na prevenção de inúmeras doenças (SOERJOMATARAM, et al. 2010). Os antioxidantes presentes nos frutos, em especial os compostos fenólicos, atuam como agentes redutores de espécies reativas de oxigênio (ERO). As

ERO são frequentemente geradas, em diferentes compartimentos celulares, como subprodutos de reações biológicas ou em resposta a estímulos específicos, podendo causar desordens a nível celular ao reagir com proteínas, lipídeos, carboidratos e ácidos nucleicos. Dentre os principais tipos de EROs formadas, destacam-se o radical superóxido (O_2^-), o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e o radical hidroxila (OH) (MITTLER, et al. 2011). Os organismos vivos desenvolvem formas para neutralizar essas substâncias prejudiciais, como é o caso da defesa por agentes antioxidantes. Os compostos antioxidantes têm a habilidade de capturar as ERO, retardando ou impedindo o processo de peroxidação lipídica ou oxidação de outras moléculas, razão pela qual o consumo de alimentos que possuem essa característica é importante (CAROCHO; FERREIRA, 2013). No entanto, o desequilíbrio entre a produção de ERO e a insuficiência de antioxidantes, resulta em estresse oxidativo. Envelhecimento precoce, tumores e doenças cardiovasculares são alguns dos principais efeitos da presença das ERO no organismo humano (HU, 2003).

O objetivo deste estudo foi determinar o conteúdo de compostos fenólicos totais e a atividade antioxidante dos frutos, na colheita e após o armazenamento, em genótipos brasileiros de goiabeira-serrana.

4.3 MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos de goiabeira-serrana foram colhidos em pomar do Banco Ativo de Germoplasma (BAG), da Estação Experimental da EPAGRI, em São Joaquim-SC (latitude 28° 16' 40,02" S, longitude 49° 56' 09,10" W e altitude de 1.400 m), nos anos de 2012, 2013 e 2014. Foram colhidos frutos de quatro cultivares ('Alcântara', 'Helena', 'Mattos' e 'Nonante') e um acesso (2316) (com potencial para lançamento como

cultivar), no ponto de colheita comercial (quando os frutos se desprendem com facilidade da planta), os quais foram imediatamente transportados ao laboratório, para realização das análises. Todos os genótipos selecionados são oriundos de plantas do mesmo pomar.

Os frutos dos cinco genótipos foram avaliados quanto ao conteúdo de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante total, na casca (hipanto: epiderme externa + camadas hipodérmicas + parênquima externo) e na polpa [ovário (epiderme interna + parênquima interno) + lóculo ovariano + tegumento carnoso + feixe placentário + sementes], na colheita e após 21 dias de armazenamento refrigerado (4 ± 1 °C / $90\pm 5\%$ UR), seguidos de dois dias em condições ambiente (23 ± 1 °C / $75\pm 5\%$ UR). Os tecidos de polpa e casca foram processados em multiprocessador, congelados em nitrogênio líquido e armazenados a -16 °C até o momento das análises.

O procedimento de obtenção do extrato para a quantificação de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante total foi adaptado de Larrauri et al. (1997). Foram utilizados os métodos de extração hidroalcoólica e aquosa, a fim de comparar a sua eficiência. Para extração hidroalcoólica foram utilizado 10 g de tecido processado, deixado em 40 mL de metanol 50% por uma hora. O material foi centrifugado a 5000 rpm por 30 minutos. O sobrenadante foi armazenado e o resíduo submetido a uma nova extração com 40 mL de acetona 70%. Após uma hora, o material foi novamente centrifugado, acrescentando o sobrenadante ao anterior, completando o volume para 100 mL com água destilada. Para a extração aquosa adotou-se o mesmo procedimento, substituindo as soluções hidroalcoólicas por água destilada. Os extratos foram armazenados em recipiente âmbar e mantidos congelados a -16 °C até o momento das análises.

A quantificação dos compostos fenólicos totais foi realizada pelo método colorimétrico Folin-Ciocalteu, que

envolve a redução do reagente pelos compostos fenólicos da amostra, com a formação de um complexo azul, que aumenta linearmente a absorvância no λ de 760 nm (Swain; Hillis, 1959). O ácido gálico foi utilizado como padrão dos compostos fenólicos. Foram retirados 2,5 mL do extrato e adicionados 7,5 mL de água destilada. Em ambiente escuro, foi tomado 1 mL do extrato diluído e adicionado 1 mL de Folin-Ciocalteau, 2 mL de carbonato de sódio a 20% e 2 mL de água destilada. As leituras foram realizadas em triplicata, após 30 minutos, em espectrofotômetro, no λ de 760 nm. O espectrofotômetro foi calibrado usando o branco. O conteúdo de compostos fenólicos totais dos frutos de goiabeira-serrana foi expresso em equivalente de ácido gálico (EAG; mg EAG g⁻¹ matéria fresca), usando a equação da reta obtida da calibração da curva com o ácido gálico.

A atividade antioxidante total foi determinada utilizando as metodologias baseadas na capacidade do extrato de sequestrar os radicais 1,1-difenil-2-picrilhidrazila (método DPPH) (Brand-Willians et al., 1995, adaptado por Milardovic et al., 2006) e 2,2'-azinobis(3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) (método ABTS) (RE et al., 1999).

No método DPPH, a partir dos extratos obtidos, foram preparadas cinco diluições diferentes em triplicata. Em ambiente escuro, utilizou-se 0,1 mL de cada diluição do extrato com 3,9 mL do radical DPPH. A mistura foi agitada em Vortex e deixada em repouso. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro, no λ de 515 nm, após 30 minutos. Foi utilizado álcool metílico para calibrar o espectrofotômetro. A concentração mínima de antioxidante necessária para reduzir em 50% a concentração inicial de DPPH (EC₅₀) foi obtida utilizando a equação da reta das diferentes concentrações do extrato.

No método ABTS, o radical foi gerado a partir da reação da solução estoque de ABTS (5 mM) com o persulfato

de potássio (140 mM), mantido no escuro por 16 horas, à temperatura ambiente. Antes da análise, a mistura foi diluída com álcool etílico até obter uma absorbância de $0,70 \pm 0,05$, no λ de 734 nm. A partir dos extratos obtidos dos frutos, foram preparadas cinco diluições diferentes, em triplicata. Em ambiente escuro, utilizou-se 30 μ L de cada diluição da amostra com 3 mL do radical ABTS, seguido de homogeneização em agitador de tubos Vortex. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro, no λ de 734 nm, após seis minutos da mistura. Foi utilizado álcool etílico como branco para calibrar o espectrofotômetro. A partir das absorbâncias obtidas das diferentes diluições dos extratos, foi obtida a equação da reta, e os resultados expressos em equivalência Trolox (TEAC; μ Mol de Trolox g^{-1} de matéria fresca).

O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado, com cinco repetições, cada repetição composta de cinco frutos. Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) com o programa SAS (SAS Institute, 2002), e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.4.1 CONTEÚDO DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS

Os conteúdos de compostos fenólicos totais dos frutos na colheita diferiram entre os genótipos (Tabela 10). ‘Nonante’ e o acesso 2316 apresentaram os maiores conteúdos na polpa, principalmente no extrato aquoso (96,2 e 95,5 mg EAG $100g^{-1}$ de matéria fresca, respectivamente). Por outro lado, ‘Alcântara’ apresentou os menores conteúdos de compostos fenólicos totais na polpa, em ambos os extratos (67,6 e 76,1 mg EAG $100g^{-1}$ de matéria fresca, nos extratos hidroalcoólico e aquoso, respectivamente). Na casca, ‘Nonante’ e ‘Mattos’ apresentaram os maiores conteúdos de compostos fenólicos totais,

principalmente no extrato aquoso (120,5 e 119,8 mg EAG 100g⁻¹ de matéria fresca, respectivamente). Também no extrato aquoso, o acesso 2316 apresentou os menores conteúdos de compostos fenólicos totais na casca (108,0 mg EAG 100g⁻¹ de matéria fresca).

Tabela 10 - Conteúdo de compostos fenólicos totais (mg EAG 100g⁻¹ de matéria fresca), em extratos aquoso e hidroalcoólico, na casca e polpa dos frutos, em diferentes genótipos de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*), na colheita e após armazenamento (21 dias 4±1 °C / 90±5% UR, seguido de dois a 23±1 °C / 75±5% UR). Média de três safras.

Genótipo	Colheita		Armazenamento	
	Extrato Hidroalcoólico	Extrato Aquoso	Extrato Hidroalcoólico	Extrato Aquoso
	Casca			
Alcântara	107,7 Ab*	115,0 Ab	94,0 Bb	103,2 Bb
Helena	102,5 Ac	111,2 Abc	95,1 Bb	104,0 Bb
Mattos	117,5 Aa	119,8 Aa	100,6 Ba	110,4 Ba
Nonante	119,1 Aa	120,5 Aa	101,6 Ba	103,6 Bb
Acesso	102,8 Ac	108,0 Ac	88,4 Bc	98,6 Bb
2316				
Média	109,9 A	114,9 A	96,0 B	104,0 B
CV (%)	7,7	5,5	5,2	6,5
	Polpa			
Alcântara	67,6 Ae	76,1 Ad	54,7 Bc	68,0 Bd
Helena	75,7 Ac	89,3 Ab	62,0 Bb	83,8 Bb
Mattos	71,3 Ad	84,4 Ac	61,3 Bb	76,9 Bc
Nonante	86,4 Aa	96,2 Aa	74,6 Ba	87,1 Ba
Acesso	80,7 Ab	95,5 Aa	72,1 Ba	86,7 Ba
2316				
Média	76,4 A	88,3 A	64,9 B	80,5 B
CV (%)	10,9	8,9	13,6	9,5

Fonte: Produção do próprio autor.

*Valores seguidos da mesma letra, minúscula nas colunas (para um mesmo tecido, comparando genótipos) e maiúscula nas linhas (para um mesmo

extrato, comparando colheita e armazenamento), não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Em todos os genótipos, na colheita, o conteúdo de compostos fenólicos totais foi superior na casca, respondendo por 59,0 e 56,5% do conteúdo total do fruto (casca+polpa) para os extratos hidroalcoólico e aquoso, respectivamente (Tabela 10). Conteúdo superior de compostos fenólicos na casca em relação à polpa foram relatados para ameixa, maçã, laranja e kiwi (BERNARDES et al., 2011), indicando a contribuição nutricional deste tecido, comumente descartado durante o consumo humano.

Na média dos cinco genótipos, na colheita, o conteúdo de compostos fenólicos totais nos extratos hidroalcoólico e aquoso foram, respectivamente, na casca de 109,9 e 114,9 mg EAG 100g^{-1} de matéria fresca, e na polpa de 76,4 e 88,3 mg EAG 100g^{-1} de matéria fresca (Tabela 10). Estes valores são superiores aos reportados em frutos inteiros de goiabeira-serrana, por Beyhan et al. (2010) (1,76 mg EAG 100g^{-1} de matéria fresca) e Monforte et al. (2014) (47,7-60,6 mg EAG 100g^{-1} de matéria fresca), em extrato hidroalcoólico. No entanto, na polpa, os conteúdos de compostos fenólicos totais são superiores, porém relativamente próximos aos relatados por Isobe et al. (2003), de 59 mg EAG 100g^{-1} de matéria fresca em extrato hidroalcoólico.

Características genéticas, grau de maturação, condições edafoclimáticas de cultivo, além das condições de quantificação (método extrator), tamanho da amostra, condições, tempo e método de armazenamento, seleção dos reagentes e presença de substâncias interferentes, como açúcares (NACZK; SHAHIDI, 2006), podem explicar a discrepância observada entre os conteúdos de compostos fenólicos, reportados por diversos autores em frutos de goiabeira-serrana.

Na colheita, a goiaba-serrana apresenta conteúdos de compostos fenólicos na polpa superiores aos encontrados em extrato aquoso de frutos como pêssigo (41,98 mg EAG 100g⁻¹ de matéria fresca), mamão (43,51 mg EAG 100g⁻¹ de matéria fresca) e kiwi (31,29 mg EAG 100g⁻¹ de matéria fresca) (SARTORI, et al., 2014), e inferiores a extratos hidroalcoólicos de guabiroba (249,49 mg EAG 100g⁻¹ de matéria fresca) e morango (288 mg EAG 100g⁻¹ de matéria fresca) (CAMPOS et al., 2012).

Com o armazenamento houve a redução dos compostos fenólicos totais em relação a colheita, nos tecidos da casca e polpa, em todos os genótipos (Tabela 10). Na média dos cinco genótipos, os conteúdos reduziram, nos extratos aquoso e hidroalcoólico, respectivamente, em 9,5% e 12,6% na casca, e 8,8% e 15,0% na polpa, após o armazenamento refrigerado, seguido de dois dias de vida de prateleira. Frutos de maçã e abacate também apresentaram redução no conteúdo de compostos fenólicos quando armazenados sob refrigeração (CARBONE et al., 2011; VIEITES et al., 2012). Esta redução pode ser atribuída a uma série de alterações químicas e enzimáticas que ocorrem durante o processo de armazenamento dos frutos, devido a utilização dos compostos fenólicos em reações de oxi-redução (JACQUES et al., 2010).

Comparando a eficiência do solvente de extração, pode-se observar que extração aquosa resultou em maiores conteúdos de compostos fenólicos totais, em todos os genótipos de goiabeira-serrana, do que a extração hidroalcoólica (Tabela 10). Isto evidencia que a maior parte dos compostos fenólicos dessa fruta são hidrossolúveis. Além disso, em razão do baixo pH apresentado pelos frutos, o tamponamento em meio aquoso pode ter conferido maior estabilidade aos compostos fenólicos totais. Esses resultados estão de acordo com os apresentados por Vieira et al. (2011) e Melo et al. (2008), onde o conteúdo de compostos fenólicos

totais de diversos frutos foi superior na no extrato aquoso do que o hidroalcoólico.

4.4.2 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE TOTAL

Na colheita, a atividade antioxidante total dos frutos diferiu entre os genótipos (Tabelas 11 e 12). Na polpa, a maior atividade antioxidante através do método DPPH (menor valor de EC_{50}) foi observada em ‘Nonante’, para ambos os extratos (hidroalcoólico e aquoso). Ainda na polpa, a maior atividade antioxidante através do método ABTS foi observada em ‘Helena’ no extrato hidroalcoólico, enquanto para o extrato aquoso, não houve diferença significativa entre genótipos. Na casca, as maiores atividades antioxidantes através dos métodos DPPH e ABTS, foram observadas em ‘Mattos’ e ‘Nonante’, em ambos os extratos.

Assim como observado para os compostos fenólicos, a casca apresentou atividade antioxidante superior à polpa, quantificada pelos métodos DPPH e ABTS, em ambos os extratos (Tabelas 11 e 12). Na colheita, na média dos cinco genótipos, os valores de EC_{50} (para o método DPPH) na casca, foram 14,6% e 57,5% superiores aos da polpa, para os extratos hidroalcoólico e aquoso, respectivamente; e os valores de TEAC obtidos pelo método ABTS na casca foram superiores aos da polpa, em 15,9% para o extrato hidroalcoólico e 18,1% para o extrato aquoso. Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Isobe et al. (2004), onde a atividade antioxidante também foi superior na casca de goiabeira-serrana.

Na média dos cinco genótipos, na colheita, os valores de EC_{50} (para o método DPPH) nos extratos hidroalcoólico e aquoso foram, respectivamente, na casca de 150,7 e 10,7 $mg\ g^{-1}$ de matéria fresca, e na polpa de 202,2 e 39,7 $mg\ g^{-1}$ de matéria fresca; e os valores de TEAC obtidos pelo método

ABTS nos extratos hidroalcoólico e aquoso foram, respectivamente, na casca de 899,8 e 1201,4 μM de Trolox g^{-1} de matéria fresca, e na polpa de 652,2 e 833,3 μM de Trolox g^{-1} de matéria fresca (Tabela 11).

Tabela 11 - Capacidade antioxidante (EC_{50} ; mg de matéria fresca g^{-1} DPPH) dos extratos aquoso e hidroalcoólico), na casca e polpa dos frutos, em diferentes genótipos de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*), na colheita e após 21 dias de armazenamento refrigerado (4 ± 1 $^{\circ}\text{C}/90\pm 5\%$ UR), seguido de dois dias de vida de prateleira (23 ± 1 $^{\circ}\text{C}/75\pm 5\%$ UR). Média de três safras.

Genótipo	Colheita		Armazenamento	
	Extrato Hidroalcoólico	Extrato Aquoso	Extrato Hidroalcoólico	Extrato Aquoso
	Casca			
Alcântara	149,6 Ab*	10,5 Ab	165,7 Bb	11,8 Ab
Helena	171,1 Aab	14,5 Ac	192,7 Bb	15,1 Ac
Mattos	125,0 Aa	4,7 Aa	148,2 Bab	9,5 B ab
Nonante	120,2 Aa	5,3 Aa	138,9 Ba	7,2 Ba
Acesso	187,7 Ac	18,6 Ad	201,6 Bc	22,3 Bd
2316				
Média	150,7 A	10,7 A	169,3 B	13,2 B
CV (%)	22,2	52,7	19,2	6,5
	Polpa			
Alcântara	212,1 Ab	46,5 Ac	245,6 Bc	50,4 Bb
Helena	206,3 Ab	40,6 Ab	218,3 Bb	45,3 Bb
Mattos	213,0 Ab	44,4 Ac	241,5 Bc	47,9 Bb
Nonante	183,1 Aa	32,8 Aa	202,2 Ba	37,2 Ba
Acesso	198,6 Ab	34,5 Aa	215,5 Bb	37,2 Ba
2316				
Média	202,2 A	39,7 A	224,6 B	43,7 B
CV (%)	9,8	17,4	13,6	16,7

Fonte: produção do próprio autor.

*Valores seguidos da mesma letra, minúscula nas colunas (para um mesmo tecido, comparando genótipos) e maiúscula nas linhas (para um mesmo extrato, comparando colheita e armazenamento), não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Os dados sobre a atividade antioxidante, quantificada através do método DPPH em frutos de goiabeira-serrana são escassos, dificultando a comparação dos resultados. Em trabalho realizado por Tuncel e Yilmaz (2015), os valores de EC_{50} variaram de 1,36 a 2,56 mg g^{-1} de matéria seca (dependendo da concentração da solução hidroalcoólica e do tempo de extração) em polpa de goiaba-serrana. Para Beyhan et al. (2010), a porcentagem de inibição do radical DPPH em fruto inteiro de goiaba-serrana foi de 92,96%, indicando alta atividade antioxidante. Fazendo um comparativo com outras frutas nativas, a goiaba-serrana apresentou atividade antioxidante superior ao araticu-do-mato (15.946,52 g g^{-1} de matéria fresca), mandacaru-de-três-quinhas (3249,77 g g^{-1} de matéria fresca) e butiá (3847,54 g g^{-1} de matéria fresca) (PEREIRA et al., 2013). Porém, foram inferiores aos de acerola, camu-camu e jamolão, com valores de EC_{50} de 0,67, 0,47 e 3,02 mg g^{-1} de matéria fresca, respectivamente (RUFINO et al., 2010).

Os valores de TEAC em goiaba-serrana são superiores aos encontrados em outras frutas nativas do Brasil, como araticu-do-mato (3,85 μM de Trolox g^{-1} de matéria fresca), mandacaru-de-três-quinhas (19,61 μM de Trolox g^{-1} de matéria fresca), butiá (25,96 μM de Trolox g^{-1} de matéria fresca) (PEREIRA et al., 2013, jabuticaba, açaí e caju (37,5, 15,1 e 11,6 μM de Trolox g^{-1} de matéria fresca, respectivamente) (RUFINO et al., 2010). Em polpa de goiaba-serrana Tuncel e Yilmaz (2015) relataram valores de TEAC entre 63,4 e 125,5 μM de Trolox g^{-1} de matéria seca (dependendo da concentração da solução hidroalcoólica e o tempo de extração).

Tabela 12 - Capacidade antioxidante (TEAC; μM de Trolox g^{-1} de matéria fresca) dos extratos aquoso e hidroalcoólico, na casca e polpa dos frutos, em diferentes genótipos de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*), na colheita e após 21 dias de armazenamento refrigerado (4 ± 1 °C/ $90\pm 5\%$ UR), seguido de dois dias de vida de prateleira (23 ± 1 °C/ $75\pm 5\%$ UR). Média de três safras.

Genótipo	Colheita		Armazenamento	
	Extrato Hidroalcoólico	Extrato Aquoso	Extrato Hidroalcoólico	Extrato Aquoso
Casca				
Alcântara	915,8 Aab*	1184,7Ab	818,9 Ba	1076,6 Bb
Helena	844,4 Ab	1100,5 Abc	717,0 Bb	1034,4 Bb
Mattos	973,2 Aa	1309,5 Aa	771,6 Bab	1174,0 Ba
Nonante	991,4 Aa	1346,3 Aa	804,9 Ba	1248,4 Ba
Acesso 2316	774,1 Ac	1062,9 Ac	670,9 Bb	962,2 Bc
Média	899,8 A	1201,4 A	756,7 B	1099,1 B
CV (%)	12,7	12,1	16,7	11,9
Polpa				
Alcântara	641,2 Aab	798,4 Aa	537,6 Bab	696,1 Bc
Helena	692,6 Aa	830,8 Aa	587,3 Ba	724,6 Bbc
Mattos	594,8 Ab	810,9 Aa	493,6 Bb	685,7 Bc
Nonante	665,8 Aab	864,9 Aa	546,3 Bab	778,8 Ba
Acesso 2316	666,3 Aab	858,7 Aa	547,9 Bab	760,3 Ba
Média	652,2 A	833,3 A	542,5 B	729,1 B
CV (%)	15,5	10,1	15,5	8,3

Fonte: Produção do próprio autor.

*Valores seguidos da mesma letra, minúscula nas colunas (para um mesmo tecido, comparando genótipos) e maiúscula nas linhas (para um mesmo extrato, comparando colheita e armazenamento), não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Houve redução da atividade antioxidante nos tecidos da casca e polpa, para ambos os extratos com o armazenamento.

Na média dos cinco genótipos, os aumentos nos valores de EC_{50} (para o método DPPH) após o armazenamento, para os extratos hidroalcoólico e aquoso foram, respectivamente, de 11,0% e 18,9% na casca, e de 10,0% e 9,1% na polpa (Tabela 11); e as reduções nos valores de TEAC obtidos pelo método ABTS após o armazenamento, para os extratos hidroalcoólico e aquoso foram, respectivamente, de 15,9% e 8,5% na casca, e de 16,8% e 12,5% na polpa (Tabela 12).

Assim como os compostos fenólicos, a atividade antioxidante foi superior no extrato aquoso, em ambos os métodos (DPPH e ABTS,) demonstrando maior eficiência do uso da água na extração dos agentes antioxidantes. A atividade antioxidante (EC_{50}) também foi superior em extrato aquoso para pequi (*Carycar brasiliense*), lobeira (*Solanum lycocarpum*) e cagaita (*Eugenis dysenterica*) (ROSSO, 2013), assim como para caju (*Anacardium occidentale*) (VIEIRA et al., 2011), corroborando com os resultados do trabalho.

A atividade antioxidante dos frutos pode ser influenciada por uma série de fatores, como genéticos, ambientais, de manejo e fertilização do solo e de colheita. Entretanto, como reportado anteriormente, as condições edafoclimáticas e de manejo das plantas utilizadas no presente trabalho são homogêneas, assim como o ponto de colheita, sugerindo que as diferenças observadas sejam devidas as diferenças genéticas entre os genótipos.

4.4.3 RELAÇÃO ENTRE COMPOSTOS FENÓLICOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE TOTAL

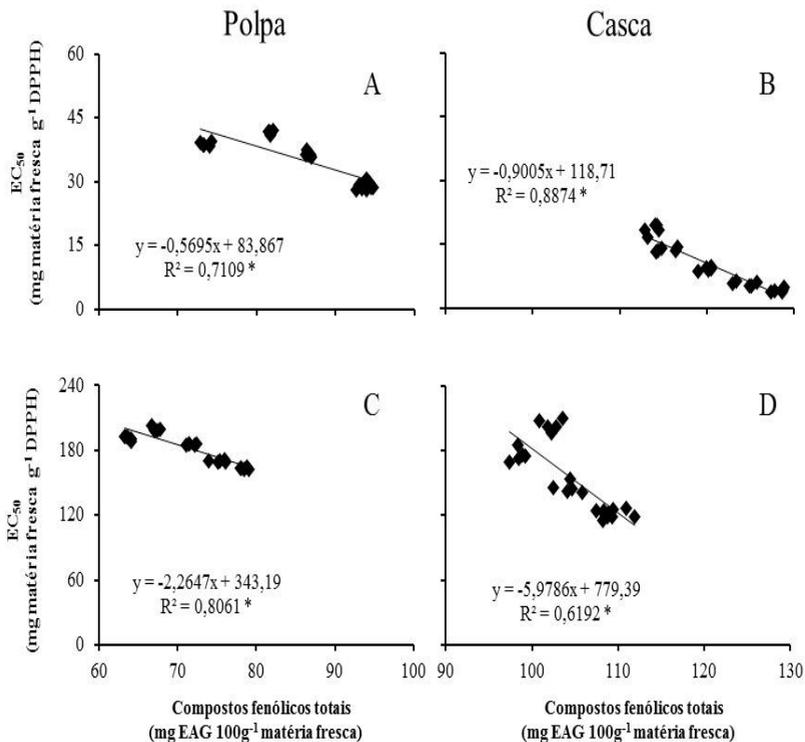
Os compostos fenólicos, amplamente distribuídos nos vegetais, vêm recebendo atenção especial por sua vasta atividade biológica, dentre elas a ação antioxidante (LI et al.,

2014; PRUDÊNCIO et al., 2012; PEREIRA et al., 2013). Os genótipos de goiabeira-serrana com maior concentração de fenóis apresentaram maior atividade antioxidante (DPPH e ABTS) na casca ('Nonante' e 'Mattos') e na polpa ('Nonante' e acesso 2316), em ambos os extratos, e os genótipos com menor concentração de fenóis apresentaram menor capacidade antioxidantes na casca ('Helena' e acesso 2316) e na polpa ('Alcântara', 'Mattos' e 'Helena').

Muitos trabalhos vêm mostrando a relação positiva entre a capacidade antioxidante e os conteúdos de compostos fenólicos em frutos (RUFINO et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2011; ROSSO, 2014). Houve uma correlação significativa entre conteúdo de compostos fenólicos e a capacidade antioxidante (correlação linear negativa para EC_{50} , e linear positiva para TEAC) na colheita, independente do tecido e método de extração (Figura 4 e 5), mostrando que os compostos fenólicos contribuem para a atividade antioxidante dos frutos de goiabeira-serrana. Além disso, reduções do conteúdo de compostos fenólicos e da atividade antioxidante observada após o armazenamento também são indicativos da contribuição dos compostos fenólicos na atividade antioxidante deste fruto.

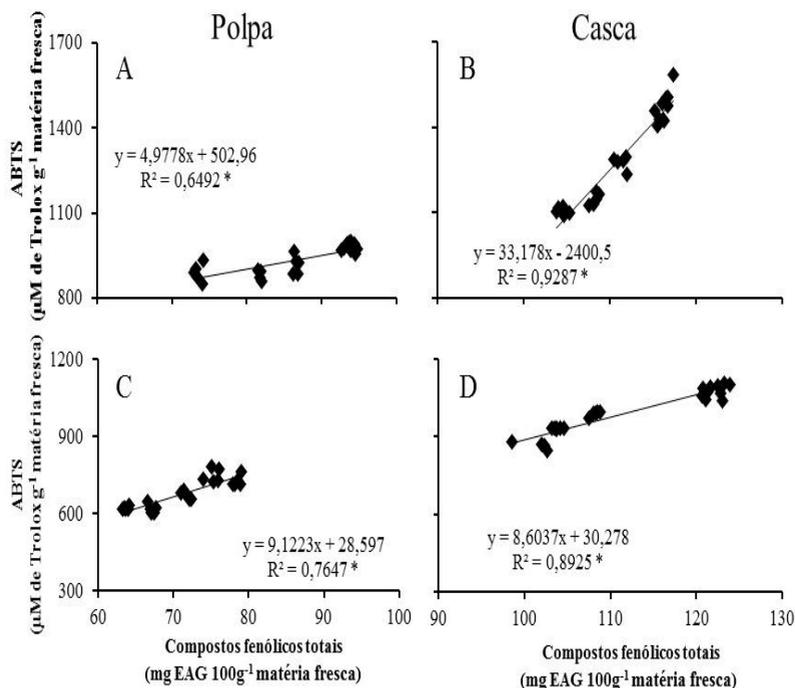
Este estudo mostra que os frutos, em genótipos de goiabeira-serrana cultivados no Sul do Brasil, podem ser considerados uma rica fonte de antioxidantes naturais para consumo humano, bem como no preparo de produtos fitoterápicos, para prevenção de problemas decorrente do estresse oxidativo das células. Estes resultados demonstram as potencialidades do fruto, e podem auxiliar na expansão do seu consumo. No entanto, trabalhos futuros se fazem necessários, para melhor avaliar as demais características funcionais dos frutos desta espécie.

Figura 4 - Correlação entre conteúdo de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante total, quantificada pelo método DPPH (valores de EC_{50}), para o extrato aquoso (A e B) e hidroalcoólico (C e D), nos tecidos de polpa e casca, em cinco genótipos de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*), na colheita. EC_{50} =concentração mínima de antioxidante necessária para reduzir em 50% a concentração inicial de DPPH. EAG: Equivalente ácido gálico. *Modelos lineares significativos ($p < 0,05$).



Fonte: Produção do próprio autor.

Figura 5 - Correlação entre conteúdo de compostos fenólicos totais e a atividade antioxidante total, quantificada pelo método ABTS, para o extrato aquoso (A e B) e hidroalcoólico (C e D), nos tecidos de polpa e casca, em cinco genótipos de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*), na colheita. EAG: Equivalente ácido gálico. *Modelos lineares significativos ($p < 0,05$).



Fonte: Produção do próprio autor.

4.5 CONCLUSÕES

Os maiores valores de conteúdos de compostos fenólicos totais e de atividade antioxidante total foram observados, na casca, nos genótipos ‘Mattos’ e ‘Nonante’, e na polpa, em ‘Nonante’ e no acesso 2316.

Com o armazenamento houve redução no conteúdo de compostos fenólicos totais e na atividade antioxidante total, em todos os genótipos.

A extração aquosa resultou em maiores valores de conteúdo de compostos fenólicos e de atividade antioxidante total, nos tecidos da casca e polpa.

Houve correlação significativa entre conteúdo de compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante total na colheita, nos tecidos da casca e polpa, indicando que os compostos fenólicos são os principais responsáveis pela capacidade antioxidante dos frutos de goiabeira-serrana.

Os frutos de goiabeira-serrana representam importante fonte de compostos fenólicos, com alta atividade antioxidante na dieta humana, com destaque para casca.

5. CARACTERIZAÇÃO DE ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS E DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DAS FLORES DE GOIABEIRA-SERRANA [*Acca sellowiana* (Berg.) Burret]

5.1 RESUMO

Este trabalho teve por objetivo determinar os atributos físicos e químicos e a capacidade antioxidante das flores em cinco genótipos brasileiros de goiabeira-serrana: cultivares ‘Alcântara’, ‘Helena’, ‘Mattos’ e ‘Nonate’, e o acesso 2316. Nas flores inteiras foram determinados a matéria seca (MS), teor de sólidos solúveis (SS; %), os conteúdos de vitamina C, antocianinas e flavonoides totais, o teor de compostos fenólicos totais e a capacidade antioxidante (DPPH e ABTS). Nas pétalas foram determinadas a área e a cor nas faces colorida e branca. A MS das flores foi maior no acesso 2316 (13,31 g) e menor na cultivar ‘Mattos’ (10,49 g). O maior conteúdo de compostos fenólicos totais nas flores foi observado no acesso 2316 (70,10 mg EAG 100g⁻¹ de matéria fresca) e os menores nas cultivares ‘Mattos’ e ‘Nonate’ (50,82 e 54,85 mg EAG 100g⁻¹ de matéria fresca, respectivamente). A atividade antioxidante das flores (DPPH e ABTS) foi maior no acesso 2316, seguido de ‘Alcântara’, e menor em ‘Mattos’ e ‘Nonate’. Houve correlação linear entre o conteúdo de compostos fenólicos totais e a capacidade antioxidante para ABTS e DPPH. ‘Mattos’ obteve a maior área das pétalas. Os teores de SS nas pétalas variaram de 14,2 °Brix para ‘Helena’ a 10,1 °Brix para ‘Mattos’. Os conteúdos de vitamina C nas pétalas foram superiores em ‘Alcântara’ e ‘Nonate’ (ambas cultivares com 32,7 mg 100 g⁻¹ de matéria fresca). Os conteúdos de antocianinas e flavonoides nas pétalas foram superiores no acesso 2316 e em ‘Helena’ e ‘Alcântara’ (entre 8,8-10,1 mg 100 g⁻¹ de matéria fresca para antocianinas, e entre 11,2-12,2

mg 100 g⁻¹ de matéria fresca para flavonoides). As flores de goiabeira-serrana mostram-se uma boa opção para o consumo humano devido aos elevados teores de SS e cor atrativa das pétalas, e representam fonte natural de antioxidantes, destacando-se principalmente o acesso 2316 e a ‘Alcântara’.

Palavras-chave: *Feijoa sellowiana*, antocianinas, flavonoides, compostos fenólicos, DPPH, ABTS.

5.2 INTRODUÇÃO

Tradicionalmente, uma vasta quantidade de flores é utilizada na alimentação humana em muitas culturas. Muitas delas possuem ação medicinal ou terapêutica, como a *Tropaeolum majus* (BAZYLKO et al., 2013; GARZÓN et al., 2009), *Calendula officinales*, *Rosa spp.*, *Viola odorata*, *Viola tricolor*, *Taraxacum officinale*, *Sambucus nigra*, *Borago officinalis*, *Robinia pseudoaccacia*, *Malva sylvestris* (MLCEK; ROP, 2011), *Tagetes erecta*, *Cosmos sulphureus*, *Antigonon leptopus* e *Bougainvillea glabra* (KAISOON et al., 2012).

As flores comestíveis contribuem para melhorar a estética dos alimentos preparados, mas também são importantes fontes de compostos bioativos que atuam na melhoria e/ou manutenção da saúde humana. Dentre estes, destacam-se os compostos fenólicos, que vêm recebendo atenção especial por sua ação antioxidante e capacidade de sequestrar radicais livres, com implicações benéficas à saúde humana. Segundo Mlcek e Rop (2011), as pétalas de algumas flores, como de rosas, crisântemos, calêndulas e capuchinhas são fontes de vitaminas, minerais e antioxidantes.

A goiabeira-serrana [*Acca sellowiana* (Berg.) Burret, sinônimo *Feijoa sellowiana* Berg.], também conhecida como feijoa, é uma frutífera nativa no Sul do Brasil, da família Myrtaceae, com potencial para exploração comercial. É um

arbusto ou pequena árvore que apresenta característica ornamental pela elegância da copa verde-azulada e beleza de suas flores, podendo ser usada na ornamentação urbana ou residencial. Além do aproveitamento dos frutos, as pétalas das flores podem ser destinadas para consumo humano (decoreção de pratos, saladas, doces) em razão do seu agradável sabor e seu colorido intenso. As flores são formadas por quatro pétalas subcarnosas, avermelhadas por dentro e cerosas por fora, estames de cor escarlate, saindo até 2 cm acima da flor, e estigma ligeiramente engrossado (LEGRAND; KLEIN, 1977).

A goiabeira-serrana floresce entre os meses de outubro e janeiro (LEGRAND; KLEIN, 1977) e há uma mudança no sabor das pétalas com as diferentes fases da antese (SAZIMA; SAZIMA, 2007). O ponto de colheita das flores destinadas à alimentação humana, direta ou indiretamente (na decoreção de pratos), ocorre preferencialmente no momento em que todo colorido das pétalas está visível (abertura das pétalas com exposição das numerosas anteras e o estigma situado cerca de 7 mm acima das anteras) (LEGRAND; KLEIN, 1977), correspondendo ao estágio F1 (DUCROQUET; HICKEL, 1991).

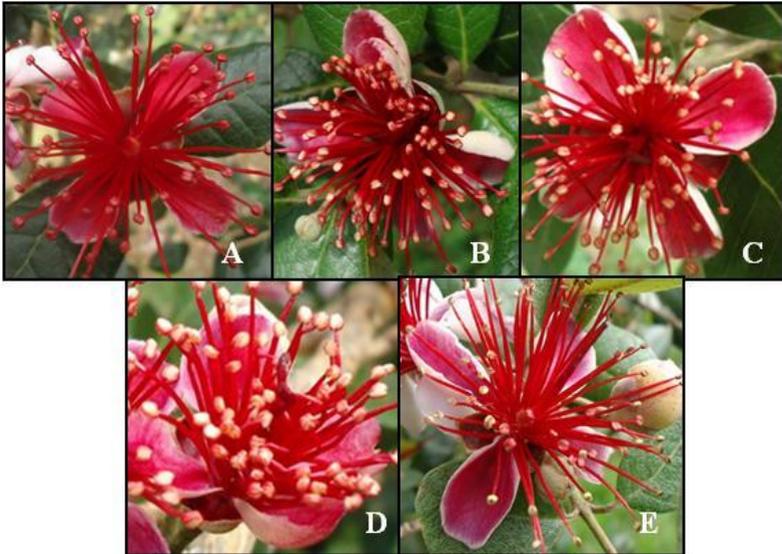
Pouco se conhece sobre as características químicas e físicas das flores da goiabeira-serrana, e os benefícios do seu emprego na alimentação humana. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi caracterizar atributos físicos e químicos e a capacidade antioxidante das flores de diferentes genótipos de goiabeira-serrana cultivados no Sul do Brasil.

5.3 MATERIAL E MÉTODOS

As flores de goiabeira-serrana foram colhidas em pomar do Banco Ativo de Germoplasma (BAG), da Estação Experimental da EPAGRI, em São Joaquim, SC (latitude 28° 16' 40,02" S, longitude 49° 56' 09,10" W, e altitude de 1.400

m), no ano de 2013, no início da manhã (entre 8 e 10 h). Foram colhidas flores recém-abertas (estádio fenológico F1) de quatro cultivares ('Alcântara', 'Helena', 'Mattos' e 'Nonante') e um acesso (2316) (Figura 6), as quais foram acondicionadas em bandejas e imediatamente transportadas para o laboratório, para realização das análises.

Figura 6 - Flores recém abertas das cultivares nacionais de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*) 'Alcântara' (A), 'Mattos' (B), 'Helena' (C) e 'Nonante' (D) e do acesso 2316 (E).



Fonte: Produção do próprio autor.

Nas flores dos cinco genótipos foi determinada a matéria seca (MS), a cor das pétalas, a área das pétalas, os teores de sólidos solúveis (SS; °Brix), antocianina, flavonoides e compostos fenólicos totais e a atividade antioxidante total (pelos métodos DPPH e ABTS).

Para determinação da MS, as flores foram colocadas em sacos de papel, pesadas em balança analítica com precisão de três casas decimais e colocadas em estufa a 105 °C, até peso constante, por 72 horas. Após este período, as flores foram retiradas da estufa e novamente pesadas.

A determinação da cor das flores foi realizada na face colorida (adaxial) e na face branca (abaxial) das pétalas, com auxílio de um colorímetro Minolta CR 400, e os resultados expressos nos atributos L , C e h° . O L define a luminosidade, que varia de zero (preto) a 100 (branco). O C define a cromaticidade (quanto maior, mais intensa é a definição de cor). O h° (ângulo *hue*) define a coloração básica, sendo que 0° =vermelho, 90° =amarelo e 180° =verde.

Para estimativa da área das pétalas, foi utilizado um integrador de área foliar LI-COR, modelo LI-3050A, e os resultados expressos em cm^2 .

Os teores de SS (°Brix) foram determinados em refratômetro digital com compensação automática de temperatura (Atago, Japão).

Para quantificação dos conteúdos de antocianinas e flavonoides totais foi utilizado o método de Lees e Francis (1972), onde as flores foram homogeneizadas em homogeneizador de tecidos do tipo ‘Turax’ com a solução extratora (etanol 95%:HCl 1,5 N – 85:15, v/v) e estocadas por 12 horas a 4 °C. As amostras foram filtradas e a absorvância medida em espectrofotômetro no comprimento de onda (λ) de 535 nm para antocianina e de 374 nm para flavonoides. Os resultados foram expressos em $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ de matéria fresca, calculados pela fórmula:

$$\text{Antocianinas ou flavonoides amarelos} = \frac{(\text{Absorvância} \times \text{fator de diluição})}{98,2 \text{ (antocianinas) ou } 76,6 \text{ (flavonoides amarelos)}}$$

O conteúdo de ácido ascórbico foi determinado pelo método colorimétrico, utilizando-se 2,4-dinitrofenilhidrazina, segundo metodologia descrita por Strohecker e Henning (1967). Foram utilizados 1 grama da amostra, macerado em 5 mL de ácido oxálico (0,5%) e posteriormente, o volume completado para 50 mL. Após a filtração da amostra, foi tomado 1 mL e adicionado 3 mL de ácido oxálico, 5 gotas do agente oxidante 2,6 diclorofenol-indofenol (2,6-DCFI), 1 mL de 2,4 dinitrofenilhidrazina (2,4-DNPH) (para formar o composto colorido) e 1 gota de tiouréia. Após deixar ferver em banho-maria por 15 minutos e resfriar em banho de gelo, foi adicionado 5 mL de ácido sulfúrico (para dissolver o composto colorido). As leituras foram realizadas após 15 minutos em espectrofotômetro a 520 nm, zerando com o branco. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 g⁻¹ de matéria fresca.

O procedimento de obtenção do extrato para a quantificação de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante total foi adaptado de Larrauri et al. (1997). Para extração foram utilizadas 10 g de flores trituradas, deixadas em 40 mL de metanol 50% por uma hora. O material foi centrifugado a 5000 rpm por 30 minutos. O sobrenadante foi armazenado e o resíduo submetido a uma nova extração com 40 mL de acetona 70%. Após uma hora, o material foi novamente centrifugado, acrescentando o sobrenadante ao anterior, completando o volume para 100 mL com água destilada. Os extratos foram armazenados em recipiente âmbar e mantidos congelados a -16°C até o momento das análises.

A quantificação dos compostos fenólicos totais foi realizada pelo método colorimétrico Folin-Ciocalteu, que envolve a redução do reagente pelos compostos fenólicos da amostra, com a formação de um complexo azul, que aumenta linearmente a absorvância no λ de 760 nm (SWAIN; HILLIS, 1959). O ácido gálico foi utilizado como padrão dos compostos

fenólicos. Foram retirados 2,5 mL do extrato e adicionados 7,5 mL de água destilada. Em ambiente escuro, foi tomado 1 mL do extrato diluído e adicionado 1 mL de Folin-Ciocalteu, 2 mL de carbonato de sódio a 20% e 2 mL de água destilada. As leituras foram realizadas em triplicata, após 30 minutos em espectrofotômetro, no λ de 760 nm. O espectrofotômetro foi calibrado usando o branco. O conteúdo de compostos fenólicos totais das flores de goiabeira-serrana foi expresso em equivalente de ácido gálico (mg EAG g^{-1} matéria fresca), usando a equação da reta obtida da calibração da curva com o ácido gálico ($y = 0,0228x + 0,0919$; $R^2 = 0,9695$).

A atividade antioxidante total foi determinada utilizando as metodologias baseadas na capacidade do extrato de sequestrar os radicais 1,1-difenil-2-picrilhidrazila (método DPPH) (BRAND-WILLIANS et al., 1995, adaptado por MILARDOVIC et al., 2006) e 2,2'-azinobis(3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) (método ABTS) (RE et al., 1999).

No método DPPH, a partir dos extratos obtidos, foram preparadas cinco diluições diferentes em triplicata. Em ambiente escuro, utilizou-se 0,1 mL de cada diluição do extrato com 3,9 mL do radical DPPH. A mistura foi agitada em vórtex e deixada em repouso. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro no λ de 515 nm, após 30 minutos. Foi utilizado álcool metílico para calibrar o espectrofotômetro. A concentração mínima de antioxidante necessária para reduzir em 50% a concentração inicial de DPPH (EC_{50}) foi obtida utilizando a equação da reta das diferentes concentrações do extrato.

No método ABTS, o radical foi gerado a partir da reação da solução estoque de ABTS (5 mM) com o persulfato de potássio (140 mM), mantido no escuro por 16 horas à temperatura ambiente. Antes da análise a mistura foi diluída com álcool etílico até obter uma absorbância de $0,70 \pm 0,05$ no

λ de 734 nm. A partir dos extratos obtidos das flores, foram preparadas cinco diluições diferentes, em triplicata. Em ambiente escuro, utilizou-se 30 μL de cada diluição da amostra com 3 mL do radical ABTS, seguido de homogeneização em agitador de tubos (vórtex). As leituras foram realizadas em espectrofotômetro no λ de 734 nm após seis minutos da mistura. Foi utilizado álcool etílico como branco para calibrar o espectrofotômetro. A partir das absorbâncias obtidas das diferentes diluições dos extratos foi obtida a equação da reta e os resultados expressos em equivalência Trolox (μMol de Trolox g^{-1} de matéria fresca).

O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado com quatro repetições. Para avaliação de matéria seca das flores e área das pétalas foram utilizadas cinco flores e vinte pétalas, respectivamente, por repetição, enquanto nas demais avaliações foram utilizadas trinta flores por repetição. Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) com o programa SAS (SAS Institute, 2002), e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As flores do acesso 2316 apresentaram maior matéria seca, porém sem diferir do genótipo ‘Alcântara’. O genótipo ‘Mattos’ e o acesso 2316 apresentaram maior área das pétalas (Tabela 13). Os dados mostram que não há uma relação entre peso das flores e área das pétalas, a exceção do acesso 2316 que apresentou maior área das pétalas e peso das flores.

Os valores de SS das pétalas variaram entre 14,17 °Brix, para ‘Helena’, a 10,10 °Brix, para ‘Mattos’ (Tabela 13). Valores semelhantes de SS foram encontrados em flores de *Opuntia fícus-indica* (9,3 °Brix) e *O. stricta* (14,9 °Brix) (AMMAR et al., 2014). Barros et al. (2010) encontraram 20,02 °Brix de açúcares totais em flores de *Malva sylvestris*, e

Chahdoura et al. (2014) 14,2 °Brix em flores de *O. microdaysis*.

Os conteúdos de vitamina C nas flores de goiabeira-serrana variaram entre 32,7 mg 100 g⁻¹ de matéria fresca (para ‘Alcântara’ e ‘Nonante’) e 18,6 mg 100 g⁻¹ de matéria fresca (para ‘Helena’) (Tabela 13). Estes valores são superiores aos conteúdos de vitamina C de várias frutas, como maracujá (12,2 mg 100g⁻¹ de matéria fresca), abacaxi cv. ‘Cayenne’ (11 mg 100g⁻¹ de matéria fresca), carambola (2,73 mg 100g⁻¹ de matéria fresca) e abacate (8,53 mg 100g⁻¹ de matéria fresca) (VALENTE et al., 2011). No entanto, inferiores aos 181 mg 100g⁻¹ encontrados em suco de flores de *Trapaeolum majus* (BAZYLKO et al., 2014), e aos 110 mg 100g⁻¹ em flores de *Malva sylvestris* (BARROS et al., 2010).

Tabela 13 - Matéria seca (MS) das flores, área das pétalas, teor de sólidos solúveis (SS) e conteúdo de vitamina C (vit. C) nas flores de genótipos de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*).

Genótipos	MS (g)	Área (cm ²)	SS (°Brix)	Vit. C (mg 100 g ⁻¹ matéria fresca)
Alcântara	12,32 ab*	2,87 c	11,03 c	32,72 a
Mattos	10,49 c	3,91 a	10,10 d	22,33 b
Helena	11,82 b	3,13 bc	14,17 a	18,58 b
Nonante	11,41 bc	1,59 d	12,42 b	32,71 a
Acesso 2316	13,31 a	3,49 ab	11,15 c	19,91 b
Média	11,91	2,99	11,75	25,08
CV (%)	4,59	7,18	1,85	12,68

Fonte: produção do próprio autor.

*Valores seguidos da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (p<0,05).

Quanto à coloração das pétalas na face colorida (adaxial), observou-se que o acesso 2316 apresentou coloração violácea azulada intensa escura, caracterizada pelos menores valores de h^o e L , e maior C , ao passo que ‘Helena’ apresentou cor violácea avermelhada (ou rósea) intensa, caracterizada pelos maiores valores de h^o e C , e intermediário de L . Os demais genótipos (‘Mattos’, ‘Nonante’ e ‘Alcântara’) apresentaram coloração intermediária, entre violácea azulada e rósea, com matizes pouco diferenciadas de luminosidade e cromaticidade (Tabela 14).

Tabela 14 - Atributos de coloração (luminosidade = L ; cromaticidade = C ; e ângulo ‘hue’ = h^o) nas faces colorida (ou adaxial) e branca (ou abaxial) das pétalas em flores de genótipos de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*).

Genótipos	L	C	h^o
		Face colorida	
Alcântara	44,26 c*	27,89 a	353,96 bc
Mattos	52,62 a	21,45 b	348,48 c
Helena	41,62 cb	29,31 a	359,17 a
Nonante	48,98 b	17,91 b	352,46 bc
Acesso 2316	39,48 d	28,06 a	335,13 d
Média	45,39	24,91	349,84
CV (%)	18,07	36,9	48,7
		Face branca	
Alcântara	72,14 ab	6,4 ab	29,74 d
Mattos	75,11 a	5,15 c	43,14 b
Helena	72,5 ab	5,56 bc	51,53 a
Nonante	63,93 c	7,29 a	28,05 d
Acesso 2316	71,12 b	4,79 c	36,59 bc
Média	70,96	5,84	37,81
CV (%)	11,87	43,09	44,66

Fonte: Produção do próprio autor.

*Valores seguidos da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Quanto a coloração das pétalas na face branca, ‘Mattos’ apresentou cor mais clara (maior valor de L) com cor de fundo rósea (h^o moderadamente alto), e ‘Nonante’ a cor mais escura (menor valor de L) com cor de fundo rósea avermelhada (baixo h^o). Os demais genótipos (‘Alcântara’, ‘Helena’ e o acesso 2316) apresentaram valores intermediários de luminosidade (L), com cor de fundo de rósea a rósea avermelhada (caracterizada pelos valores de h^o) (Tabela 14).

O consumo de flores depende de vários fatores, dentre eles a coloração. Flores coloridas, e/ou de cores mais intensas tendem a serem mais apreciadas pelos consumidores. Neste sentido, as flores de goiabeira-serrana apresentam grande potencial para o consumo humano, pois as mesmas apresentaram cores intensas e com variações na tonalidade entre genótipos, conferindo um colorido especial nos pratos onde é empregado.

Os compostos fenólicos amplamente distribuídos nos vegetais vêm recebendo atenção especial, por sua vasta atividade biológica, dentre elas a ação antioxidante (LI et al., 2014; PRUDÊNCIO et al., 2012; PEREIRA et al., 2013). Os compostos fenólicos totais das flores diferiram significativamente entre os genótipos (Tabela 15). O acesso 2316 apresentou os maiores conteúdos de fenóis totais, seguido dos genótipos ‘Helena’ e ‘Alcântara’, enquanto os genótipos ‘Nonante’ e ‘Mattos’ apresentaram os menores conteúdos de fenóis e não diferiram entre si.

Os conteúdos dos compostos fenólicos totais encontrados nos extratos das flores de goiabeira-serrana (entre 54,75-70,10 mg EAG 100g⁻¹ de matéria fresca, dependendo do genótipo) foram inferiores aos encontrados em outras flores comestíveis. Li et al. (2014), avaliando os compostos fenólicos

totais de 51 flores comestíveis silvestres, encontraram conteúdos variando de 0,13 a 11,48 mg EAG g⁻¹ de matéria fresca, com destaque para *Rosa hybrida* e *Limonium sinuatum*, com 11,48 e 11,34 mg EAG g⁻¹ de matéria fresca, respectivamente. Flores de malva (*Malva sylvestri*) apresentaram 258,65 mg EAG 100g⁻¹ de matéria fresca (BARROS et al. 2010) e flores de rosa, 2087,43 mg EAG 100g⁻¹ de matéria fresca (GE; MA, 2013). No entanto, os teores de compostos fenólicos totais nas flores dos cinco genótipos de goiabeira-serrana foram superiores aos encontrados por Li et al. (2014) para *Iris japônica* (0,13 mg EAG g⁻¹ de matéria fresca), *Lilium brownii* (0,34 mg EAG g⁻¹ de matéria fresca) e *Oxalis carymbosa* (0,24 mg EAG g⁻¹ de matéria fresca). Os resultados deste trabalho mostram que as flores de goiabeira-serrana representam importante fonte de compostos fenólicos, com potencial para utilização na alimentação humana, devido a sua capacidade antioxidante.

Tabela 15 – Conteúdo de fenóis totais, antocianinas e flavonoides totais para o extrato hidroalcoólico em flores de genótipos de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*).

Genótipos	Fenóis totais (mg EAG 100g ⁻¹ matéria fresca)	Antocianinas (mg 100 g ⁻¹ matéria fresca)	Flavonoides (mg 100 g ⁻¹ matéria fresca)
Alcântara	61,22 c*	8,77 b	11,22 a
Mattos	50,82 d	3,79 d	7,99 c
Helena	63,19 b	10,12 a	12,18 a
Nonante	54,75 d	5,27 c	8,19 b
Acesso 2316	70,10 a	10,15 a	11,47 a
Média	60,01	7,62	10,21
CV (%)	0,41	7,67	10,26

Fonte: Produção do próprio autor.

*Valores seguidos da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Os compostos fenólicos incluem substâncias como os ácidos fenólicos, taninos e flavonoides, estando incluído nestes últimos as antocianinas. O conteúdo de flavonoides totais presentes nas flores de goiabeira-serrana (Tabela 15) foi maior em ‘Helena’, ‘Alcântara’ e acesso 2316, os quais não diferiram entre si, seguidos de ‘Nonante’ e ‘Mattos’. De forma semelhante, a concentração de antocianina foi maior no acesso 2316 e em ‘Helena’, seguidos por ‘Alcântara’, ‘Nonante’ e ‘Mattos’ (Tabela 15). Os dados apresentados mostram que os conteúdos de flavonoides e antocianinas contribuem para a concentração de compostos fenólicos totais, como pode ser observado no acesso 2316 e em ‘Helena’ e ‘Alcântara’, que apresentaram os maiores conteúdos de compostos fenólicos totais e também as maiores concentrações de antocianina e flavonoides totais. Tai et al. (2011) encontraram em flores de *Sophora viciifolia* uma alta correlação entre o conteúdo de antocianina e de compostos fenólicos totais, assim como Lee et al. (2011) em pétalas de *Rosa hybrida* cv. Noblered.

A quantificação da atividade antioxidante em tecido vegetal pode ser influenciada por uma série de fatores, como o solvente utilizado para extração, tempo de extração e o método (TUNCEL; YILMAZ, 2011). Portanto, o emprego de um único método para avaliação da atividade antioxidante total não é preciso. Desta forma, neste trabalho, foram utilizados os métodos DPPH e ABTS para determinar atividade antioxidante total das flores de goiabeira-serrana.

O DPPH é um método amplamente utilizado para quantificar a capacidade de sequestrar radicais livres por antioxidantes naturais. Neste método, extratos com alta capacidade de sequestrar radicais livres apresentam baixo EC₅₀. Todos os genótipos apresentaram forte capacidade de sequestrar radicais livres, com destaque para o acesso 2316, seguido dos genótipos ‘Alcântara’ e ‘Helena’ (Tabela 16). Comparado com o extrato etanólico das flores de *Sophara*

viciifolia, que apresentou EC_{50} de $10,4 \mu\text{g mL}^{-1}$ (TAI et al., 2011), as flores de todos os genótipos de goiabeira-serrana apresentaram maior capacidade de sequestrar os radicais livres.

A capacidade de sequestrar radicais livres das flores de goiabeira-serrana pelo método ABTS diferiu estatisticamente entre os diferentes genótipos (Tabela 16). Estes resultados são semelhantes aos obtidos pelo método DPPH, mostrando maior poder antioxidante para o acesso 2316, seguido dos genótipos ‘Alcântara’ e ‘Helena’. Em trabalho realizado por LI et al. (2014) as maiores capacidade antioxidantes pelo método ABTS foram das flores de *Rosa hibryda* ($175,39 \mu\text{M}$ de Trolox g^{-1} de matéria fresca), *Limonium sinuatum* ($157,42 \mu\text{M}$ de Trolox g^{-1} de matéria fresca), *Pelargonium hortorum* ($132,18 \mu\text{M}$ de Trolox g^{-1} de matéria fresca), *Jatropha integerrima* ($115,01 \mu\text{M}$ de Trolox g^{-1} de matéria fresca) e *Osmanthus fragrans* ($71,98 \mu\text{M}$ de Trolox g^{-1} de matéria fresca), porém menores às encontradas para as flores de goiabeira-serrana (entre $140,6$ - $237,4 \mu\text{M}$ de Trolox g^{-1} de matéria fresca, dependendo do genótipo).

A atividade antioxidante é atribuída em grande parte a presença de compostos fenólicos. Os genótipos de goiabeira-serrana com maior concentração de fenóis foram justamente os com maior atividade antioxidante (acesso 2316 e genótipos ‘Alcântara’ e ‘Helena’), e os genótipos com menor concentração de fenóis apresentaram os menores valores de capacidade antioxidantes (genótipos ‘Nonante’ e ‘Mattos’). Muitos trabalhos vêm mostrando a relação positiva entre a capacidade antioxidante e os conteúdos de compostos fenólicos, tanto em flores (FRIEDMAN et al., 2010; LI et al., 2014) como em outros tecidos vegetais (OLIVEIRA et al., 2011).

Tabela 16 - Antioxidantes totais (ABTS e DPPH) para extrato hidroalcoólico em flores de genótipos de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*).

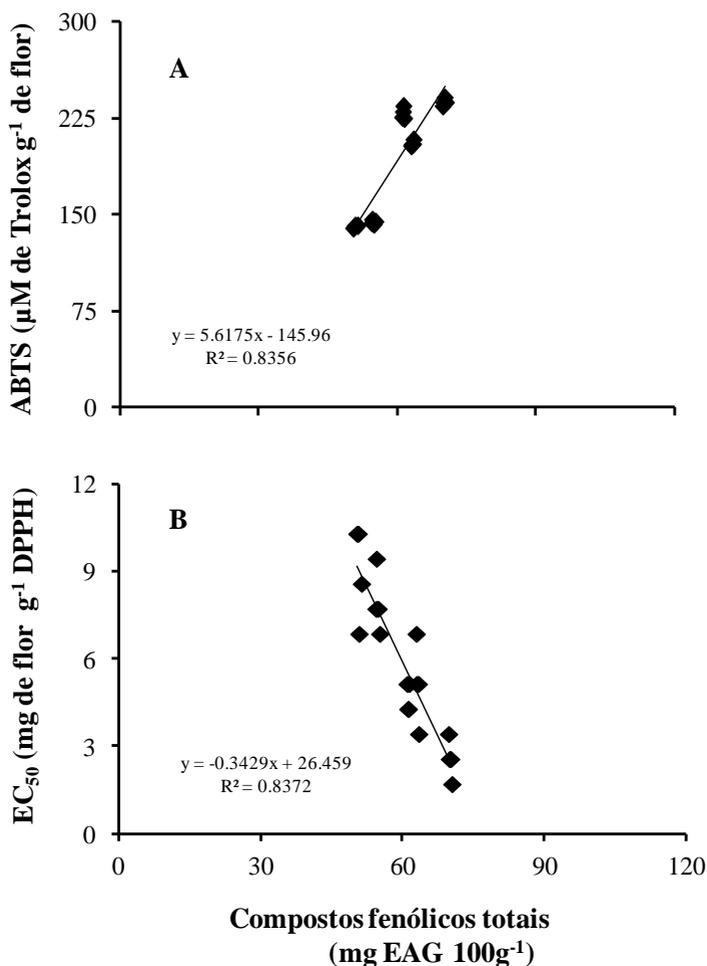
Genótipos	Antioxidantes totais	
	ABTS (μM de Trolox. g^{-1} de matéria fresca)	EC ₅₀ (mg de matéria fresca. g^{-1} DPPH)
Alcântara	228,63 b	4,72 ab
Mattos	140,61 d	9,01 c
Helena	205,14 c	5,15 ab
Nonante	144,03 d	7,09 b
Acesso 2316	237,41 a	4,07 a
Média	191,16	6,01
CV (%)	0,66	21,33

Fonte: Produção do próprio autor.

*Valores seguidos da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Houve uma correlação linear positiva entre compostos fenólicos e a capacidade antioxidante para ABTS ($R^2 = 0,8356$), e negativa entre compostos fenólicos e a capacidade antioxidante para DPPH ($R^2 = -0,8372$), mostrando assim que os compostos fenólicos contribuem para a atividade antioxidante das flores de goiabeira-serrana (Figura 7). Dentre estes, estão os flavonoides, em especial a antocianina no caso das flores de goiabeira-serrana, que frequentemente auxiliam na capacidade antioxidante das plantas. No entanto, outros compostos não quantificados neste trabalho, podem também estar contribuindo para a capacidade antioxidante total das flores de goiabeira-serrana.

Figura 7 - Correlação entre conteúdo de compostos fenólicos totais e os valores de ABTS (A) e de DPPH (B) para extrato de flores de cinco genótipos de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*). EAG: Equivalente ácido gálico.



Fonte: Produção do próprio autor.

Pouco ainda se conhece a respeito das potencialidades funcionais das flores de goiabeira-serrana. Este estudo mostra que estas flores podem ser consideradas uma rica fonte de antioxidantes naturais e podem ser utilizadas na alimentação humana, bem como no preparo de produtos fitoterápicos, para prevenção de problemas decorrente do estresse oxidativo das células. No entanto, experimentos futuros se fazem necessários para melhor avaliar as características das flores desta espécie.

CONCLUSÕES

Os genótipos ‘Helena’ e ‘Alcântara’ e acesso 2316 apresentaram os maiores conteúdos de antocianinas, flavonoides e compostos fenólicos totais nas flores. Os conteúdos de vitamina C foram superiores nas flores dos genótipos ‘Alcântara’ e ‘Nonante’, enquanto ‘Helena’ apresentou os maiores conteúdos de sólidos solúveis nas pétalas. A matéria seca das flores foi superior no acesso 2316 e no genótipo ‘Alcântara’. O acesso 2316 e os genótipos ‘Alcântara’ e ‘Helena’ apresentaram maior atividade antioxidante nas flores. A correlação significativa entre capacidade antioxidante e o conteúdo de compostos fenólicos totais indica que os compostos fenólicos são os maiores contribuintes para capacidade antioxidante das flores de goiabeira-serrana.

6. QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE FLORES DE GOIABEIRA-SERRANA TRATADAS COM SOLUÇÕES CONSERVANTES E 1-METILCICLOPROPENO

6.1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a manutenção da qualidade pós-colheita de flores de goiabeira-serrana, em resposta ao tratamento com soluções conservantes e 1-metilciclopropeno (1-MCP). As flores recém abertas de goiabeira-serrana foram colhidas no início da manhã (entre 8 e 10 h) e submetidas a “pulsing” com soluções conservantes de ácido salicílico, ácido ascórbico e sacarose, todas nas doses de 0 (testemunha), 2, 5 e 10%, e aplicação de 1-MCP nas doses de 0 (testemunha), 250, 500 e 1000 nL L⁻¹. Cada ensaio com solução conservante ou de tratamento com 1-MCP consistiu em experimento distinto. O delineamento experimental utilizado em cada ensaio foi inteiramente casualizado, com quatro repetições, cada repetição com quatro flores. Após o tratamento, as flores foram armazenadas durante 12 dias a 10±1 °C e 85±5% UR, e avaliadas visualmente, em intervalos de dois dias, quanto a murcha aparente e escurecimento das pétalas, em uma escala de 1 (pouco acentuado) a 5 (muito acentuado), e de cor, numa escala de 1 (rosa intenso) a 5 (branco). O 1-MCP na dose de 500 nL L⁻¹ e o ácido salicílico, independente da dose, prolongaram a manutenção da cor das pétalas por oito e seis dias de armazenamento, respectivamente. A murcha das pétalas também foi menor nos tratamentos com ácido salicílico, 1-MCP e ácido ascórbico; flores tratadas com ácido salicílico passaram para 2 na escala evolutiva no sexto dia nas doses de 5 e 10%, e no oitavo dia na dose de 2%, enquanto em flores tratadas com 1-MCP nas doses de 500 e 1000 nL L⁻¹ e ácido ascórbico na dose de 2 e 5% isto ocorreu no quarto dia de armazenamento. O maior retardo no

escurecimento das pétalas (até o quarto dia de armazenamento) foi obtido com 500 nL L⁻¹ de 1-MCP.

Palavras-chave: *Acca sellowiana* Berg., flores comestíveis, murcha, escurecimento, cor.

6.2 INTRODUÇÃO

A goiabeira-serrana [*Acca sellowiana* (Berg.) Burret] ou feijoa é uma frutífera da família Myrtaceae nativa do planalto meridional brasileiro e do norte do Uruguai, crescendo associada a Floresta Ombrófila Mista, predominando em altitudes superiores a 800 metros (MORRETO et al., 2014). A planta vem recebendo atenção nos últimos anos, e o fruto considerado com potencial econômico para o futuro em regiões de altitude, no Sul do Brasil (CORADIN, 2011). É um arbusto ou pequena árvore, que apresenta característica ornamental pela elegância da copa verde-azulada e beleza de suas flores, podendo ser usada na ornamentação urbana ou residencial. Além do aproveitamento dos frutos, as pétalas das flores podem ser destinadas para consumo humano (decoração de pratos, saladas, doces) em razão do seu agradável sabor e seu colorido intenso. As flores são formadas por quatro pétalas subcarnosas, róseas por dentro e cerosas por fora, estames de cor escarlate, atingindo até 2 cm acima da flor, e estigma ligeiramente engrossado (HICKEL; DUCROQUET, 2000; BELOUS et al., 2014).

No Sul do Brasil, a goiabeira-serrana floresce entre os meses de outubro e janeiro (DUCROQUET e HICKEL, 1991) e há uma mudança no sabor das pétalas com as diferentes fases da antese (Sazima; Sazima, 2007). O ponto de colheita das flores destinadas à alimentação humana, direta ou indiretamente (na decoração de pratos), ocorre preferencialmente no momento em que todo colorido das pétalas esta visível (abertura das

pétalas com exposição das numerosas anteras e o estigma, este situado cerca de 7 mm acima das anteras) (THORP e BIELESKI, 2002; DUCROQUET e HICKEL, 1991). Com a senescência, as pétalas das flores da goiabeira-serrana perdem seu colorido, passando do rosa intenso para o roxo, e finalmente para o branco, não estando mais aptas para o consumo.

Embora alguns trabalhos indiquem que as pétalas de goiabeira-serrana sejam consumidas por aves (SAZIMA; SAZIMA, 2007), pouco se conhece sobre o consumo humano das flores. Algumas plantas apresentam flores empregadas na alimentação humana, principalmente de forma terapêutica e/ou medicinal, como a *Tropaeolum majus* (SANGALLI et al., 2007), *Calendula officinales*, *Rosa spp.*, *Viola odorata*, *Viola tricolor*, *Taraxacum officinale*, *Sambucus nigra*, *Borago officinalis*, *Robinia pseudoaccacia*, *Malva sylvestris* (MLCEK; ROP, 2011), *Tagetes erecta*, *Cosmos sulphureus*, *Antigonon leptopus*, *Bougainvillea glabra* (KAISOON et al., 2011), *Salvia splendens*, *Camelia japônica*, *Bauhinia purpúrea* e *Allamanda cathartica* (LI et al., 2014).

As flores em geral são classificadas como produtos altamente perecíveis, e a sua longevidade tem papel relevante na comercialização e determinação do valor de mercado da espécie (MANSOURI, 2012). A vida pós-colheita de muitas espécies de flores pode ser estendida com o fornecimento de açúcares, que repõem os carboidratos consumidos na respiração (ELHINDI, 2012), pela utilização da refrigeração, como principal forma para reduzir a atividade fisiológica dos tecidos e o desenvolvimento de patógenos, prolongando o período de armazenamento (MATTIUZ et al., 2010), e o tratamento com 1-metilciclopropeno (1-MCP), composto que inibe a ação do etileno (PIETRO et al., 2010).

Tratamentos pós-colheita com 1-MCP (PIETRO et al., 2010; KOU, et al., 2012; CHAIRAT, et al., 2014), sacarose

(SANGALLI et al., 2007; MONERUZZAMAN et al., 2010), ácido ascórbico (SANGALLI et al., 2007) e ácido salicílico (HATAMZADEH et al., 2012; BAHRAMI, et al., 2013) têm sido utilizados para prolongar a vida útil de flores de corte. No entanto, informações disponíveis na literatura para prolongar a vida pós-colheita de flores de goiabeira-serrana ainda são escassas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do tratamento com diferentes doses de sacarose, ácido ascórbico, ácido salicílico e 1-MCP, na preservação da qualidade pós-colheita das flores de goiabeira-serrana, durante o armazenamento refrigerado (10 ± 1 °C e $85\pm 5\%$ UR).

6.3 MATERIAL E MÉTODOS

As flores de goiabeira-serrana foram colhidas em pomar do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), Estação Experimental de São Joaquim-SC (latitude $28^{\circ} 16' 40,02''$ S, longitude $49^{\circ} 56' 09,10''$ W e altitude de 1.400 m), no ano de 2012, no início da manhã (entre 8 e 10 h). Para colheita, foram selecionadas flores recém abertas (estádio fenológico F1) (DUCROQUET; HICKEL, 1991), armazenadas em bandejas com água e imediatamente transportadas para o laboratório, onde tiveram o comprimento do pedicelo uniformizado.

Para os tratamentos com as soluções conservantes, as flores foram submetidas a “pulsing” (com objetivo de preservar o fluxo de água na flor e fornecer energia à respiração) em bandejas de polietileno, recobertas com filme de PVC transparente (total de quatro flores/bandeja), onde os pedicelos das flores ficaram em contato com as soluções de ácido ascórbico, ácido salicílico e sacarose, todas nas doses de 0 (testemunha), 2, 5 e 10%, durante seis horas em condição

ambiente (20 ± 2 °C e $70\pm 5\%$ UR). Após o período do “pulsing”, as soluções das bandejas foram substituídas por água destilada (para manter o fluxo de água). As bandejas contendo as flores foram armazenadas por 12 dias a 10 ± 1 °C e $85\pm 5\%$ UR (temperatura que melhor preserva a qualidade pós-colheita de flores de goiabeira-serrana, determinada em ensaio preliminar).

No tratamento com 1-MCP, as flores foram mantidas em bandejas de polietileno, recobertas com filme de PVC transparente (total de quatro flores/bandeja), com os pedicelos em contato com água destilada a fim de manter o fluxo de água. As flores foram expostas ao 1-MCP em câmaras herméticas, com volume de 7,6 L (onde as bandejas com as flores foram colocadas), durante seis horas em condição ambiente (20 ± 2 °C e $70\pm 5\%$ UR). Foram utilizadas as doses de 0 (testemunha), 250, 500 e 1.000 nL L⁻¹ de 1-MCP (SmartFresh®). Posteriormente, as bandejas com as flores foram armazenadas por 12 dias sob refrigeração a 10 ± 1 °C e $85\pm 5\%$ UR.

Após o período de seis horas do “pulsing” com as soluções conservantes e da aplicação do 1-MCP, correspondendo ao dia zero de armazenamento, todos os tratamentos receberam sua primeira avaliação visual subjetiva de qualidade, através de análise de cor, murcha aparente e escurecimento das pétalas, e posteriormente em intervalos de dois dias, até 12 dias de armazenamento. Para todos os atributos foi utilizado critério de notas de 1 a 5. A análise de cor foi realizada considerando a sequência evolutiva da cor das pétalas, na face adaxial (superior): 1) 100% rosa; 2) 50% rosa e 50% roxo; 3) 100% roxo; 4) 50% roxo e 50% branco; e 5) 100% branco. Para avaliar murcha aparente e escurecimento das pétalas, foi utilizado a seguinte critério de notas: 1) sem sintoma; 2) até 25% das pétalas com sintoma; 3) de 26 a 50% das pétalas com sintoma; 4) 51 a 75% das pétalas com sintoma;

e 5) 76 a 100% das pétalas com sintoma e/ou queda das pétalas.

Cada ensaio com solução conservante ou de tratamento com 1-MCP consistiu em experimento distinto, sendo analisado de forma independente. O delineamento estatístico utilizado nos diferentes experimentos foi inteiramente casualizado, com quatro repetições, cada repetição com quatro flores. Os dados foram submetidos à análise da variância (ANOVA), com o programa SAS (SAS Intitute, 2002), e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

6.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características de redução da qualidade das flores geralmente incluem murcha, necrose, aparecimento de lesões ocasionadas por infecções de fungos, e por fim o colapso/necrosamento dos tecidos das pétalas. No início dos experimentos, correspondente ao dia zero de armazenamento, todos os tratamentos receberam pontuação 1 para murcha aparente e escurecimento das pétalas, o mesmo não ocorrendo para a cor, devido a sua variação natural nas pétalas (Figuras 1 a 4).

Alterações na cor das pétalas das flores da goiabeira-serrana são indicativos da perda de qualidade em pós-colheita, não estando mais apta ao consumo quando atinge coloração próxima ao branco na escala de evolução da cor das pétalas. A sacarose e o ácido ascórbico não apresentaram efeito na manutenção da cor das pétalas (Figuras 1A e 2A). Porém, o ácido salicílico e o 1-MCP foram eficientes na manutenção da cor rosada das flores de goiabeira-serrana. Até o sexto dia de armazenamento, o tratamento com ácido salicílico, independente da dose, apresentou melhor efeito na manutenção da cor, passando a não apresentar mais diferença da testemunha a partir do oitavo dia (Figura 3A). Em lisiantus, o ácido

salicílico prolongou a qualidade das flores, atribuído a manutenção da alta atividade da enzima peróxido dismutase e redução da ação da lipoxigenase (promotora da peroxidação lipídica da parede celular), prolongando a manutenção da cor e a turgescência das flores (BAHRAMI et al., 2013), indicando que a melhor manutenção da cor em flores de goiabeira-serrana pode estar relacionada a melhor manutenção do sistema antioxidantes dos tecidos.

Para o 1-MCP, a melhor manutenção da cor ocorreu somente na dose de 500 nL L^{-1} , a qual foi melhor até o oitavo dia, não diferindo das demais doses a partir do décimo dia (Figura 4A). Em rosas, cultivar Vega, o 1-MCP prolongou a manutenção da cor vermelha e a vida decorativa das flores em até 19 dias, com destaque para dose de 500 nL L^{-1} (PIETRO et al., 2010). A cor é facilmente influenciada pela presença de etileno endógeno e exógeno, e estes resultados podem ser explicados devido a ligação do 1-MCP ao receptor do etileno, inibindo assim a ação deste fitohormônio sobre a degradação da cor.

As pétalas das flores da goiabeira-serrana são de coloração rósea intensa (BELOUS et al., 2014), constituindo uma característica física importante a ser considerada, visto que as cores mais vibrantes e brilhosas são as preferidas entre os consumidores, e a perda da coloração rapidamente deprecia o produto. Segundo Mlcek e Rop (2011), as qualidades sensoriais como tamanho, aroma e cor, representam os critérios mais importante na qualidade das flores comestíveis. Segundo os mesmos autores, as cores vibrantes são decorrentes da presença de antocianinas e carotenoides, cujos conteúdos apresentam alta correlação com a atividade antioxidante das flores.

Ácido salicílico, ácido ascórbico e 1-MCP apresentaram efeito positivo na redução da murcha das pétalas das flores da goiabeira-serrana. O ácido salicílico, nas doses de 2, 5 e 10%,

proporcionou a maior redução da murcha durante todo período avaliado, comparado com a testemunha (Figura 3B). Na escala de murcha, a nota 2 foi atingido no sexto dia de armazenamento nas doses de 5 e 10%, e no oitavo dia na dose de 2%, enquanto a testemunha (0%) chegou a 2 no quarto dia de armazenamento. O ácido salicílico reduz a senescência em algumas espécies vegetais, por estar relacionado na redução da biossíntese e/ou ação do etileno (HATAMZADEH et al., 2012). Este composto tem importante papel na redução da transpiração e evaporação dos tecidos, bem como na diminuição da respiração, prevenindo a perda de massa fresca nos tecidos de flores de corte. Segundo Hatamzadeh et al. (2012), “pulsing” com 0,15% de ácido salicílico reduziu a perda de umidade, atrasando a senescência pós-colheita de hastes florais de gladiólos. Em crisântemo, o ácido salicílico em baixas concentrações (0,01 e 0,1%) prolongou o tempo de vida de vaso das hastes florais, pela manutenção da estabilidade da membrana e redução da peroxidação lipídica (MANSOURI, 2012). Efeito semelhante foi observado em flores de antúrio, cultivar ‘Cheers’, que apresentaram menor perda de massa fresca quando tratadas com baixas doses de ácido salicílico e armazenadas a 4 °C (PROMYOU et al., 2012).

O 1-MCP também retardou o início da murcha das pétalas, ficando abaixo de 2 na escala de notas até o quarto dia de armazenamento, sendo o efeito maior nas doses de 500 e 1000 nL L⁻¹ (Figura 4B). Com aplicação de 500 nL L⁻¹ de 1-MCP, a murcha atingiu 2 somente no décimo segundo dia, enquanto a testemunha e as demais doses atingiram este valor no oitavo dia de armazenamento. Resultados semelhantes foram obtidos em flores de rosas tratadas com 500 nL L⁻¹ de 1-MCP, que apresentaram o menor decréscimo na perda de água e, conseqüentemente, a maior turgescência das flores (PIETRO et al., 2010). Segundo Hastenreiter et al. (2006), a turgescência

é necessária para o desenvolvimento dos botões florais e para a continuidade da atividade metabólica da flor cortada. Para cravo e boca de leão, a combinação entre 1-MCP e atmosfera modificada proporcionou perdas mínimas de massa fresca durante os 14 dias de armazenamento das flores a 5 °C (KOU et al., 2012) atribuída a redução da ação do etileno e da respiração das flores decorrente da menor pressão parcial do O₂ e aumento de CO₂ proporcionado pela utilização da atmosfera modificada.

O ácido ascórbico também reduziu a murcha, nas doses de 2 e 5%, até o sexto dia de armazenamento (Figura 2B), sendo observado maior retardo na murcha das pétalas neste período na dose de 5%, com nota abaixo de 3. Segundo Bedour e Rawia (2011), o ácido ascórbico na dose de 0,2% prolongou o tempo de vida de vaso em flores de gladiolos, por promover a manutenção do conteúdo relativo de água das flores. O ácido ascórbico (vitamina C) está muito associado a atividade biológica em plantas, por ser um cofator enzimático, antioxidante e doador/receptor de elétrons na membrana plasmática ou nos cloroplastos, sendo que altos níveis endógenos de ácido ascórbico mantêm o sistema antioxidante, que protege as plantas do dano oxidativo (CHERUTH, 2009).

A sacarose não apresentou efeito sobre a redução da murcha das pétalas, tendo nas doses mais altas (5% e 10%) maior murcha das pétalas, quando comparadas à testemunha (Figura 1B). Em alguns casos, a sacarose pode não ter efeito ou causar efeito adverso na preservação da qualidade de flores (SANGALLI et al., 2007). Doses de sacarose de 1-2% promoveram a plasmólise e morte dos tecidos das flores de *Viburnum tinus* (DARRAS et al., 2010), corroborando o efeito adverso da sacarose sobre o atributo murcha observado neste experimento. Em trabalhos futuros, sugere-se testar doses mais baixas de sacarose (<2%), que podem apresentar um efeito

conservante, sem afetar o balanço hídrico das flores de goiabeira-serrana.

Os tratamentos com sacarose, ácido ascórbico e ácido salicílico mostraram-se ineficientes sobre o retardo do escurecimento das pétalas (Figuras 1C, 2C e 3C). Para os tratamentos com ácido ascórbico e sacarose, o escurecimento foi maior em todas as doses do que o apresentado nas pétalas das flores da testemunha até o quarto e oitavo dia, respectivamente, não havendo diferença entre os tratamentos a partir destas datas.

Somente o 1-MCP na dose de 500 nL L⁻¹ retardou o escurecimento das pétalas até o quarto dia de armazenamento, não diferindo das demais doses a partir do sexto dia (Figura 4C). Resultados similares foram obtidos com rosas tratadas com 1-MCP nas doses de 250 e 500 nL L⁻¹, apresentando menor escurecimento das pétalas (Pietro et al., 2010).

O escurecimento das pétalas pode ser causado por uma série de fatores, como a oxidação dos compostos fenólicos, especialmente as antocianinas, pelo estresse hídrico (PIETRO et al., 2012), ou ainda pelo extravazamento de eletrólitos das células (PHETSIRIKOON, et al., 2012). O extravazamento de eletrólitos das células decorre do efeito do etileno na redução da permeabilidade da membrana celular em pós-colheita causando entre outros, o escurecimento dos tecidos pelo contato dos polifenóis com as polifenóis oxidases (PPOs) e posterior morte das células (PHETSIRIKOON, et al., 2012). Portanto, é esperado que o 1-MCP (antagonista ao etileno), reduza o vazamento de eletrólitos das células. Flores de boca de leão e cravo armazenadas em atmosfera modificada e tratadas com 1-MCP apresentaram menor vazamento de eletrólitos durante o armazenamento por 14 dias quando comparados a testemunha ou ao armazenamento somente em atmosfera modificada (KOU et al., 2012). Em inflorescências de *Dendrobium*, cultivar ‘Princess’, armazenadas a 5 °C, a

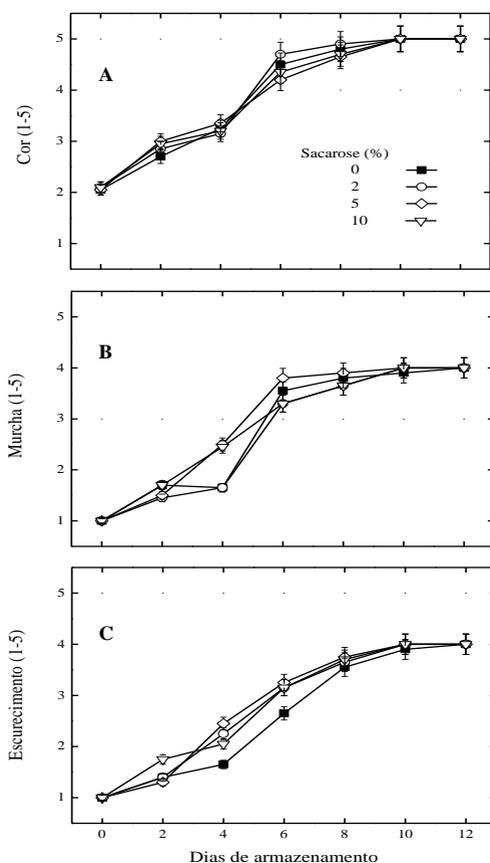
aplicação de 100 nL.L^{-1} de 1-MCP também reduziu o vazamento de eletrólitos, tanto dos botões como das flores abertas.

As flores apresentam grande superfície em relação ao volume, tornando-se muito sensíveis aos efeitos da desidratação (KOU et al., 2012). A aplicação de 1-MCP mostrou-se mais eficiente sobre a manutenção da turgidez das células, observada pela redução da murcha aparente na dose de 500 nL.L^{-1} , podendo assim explicar o melhor efeito do 1-MCP (500 nL.L^{-1}) no retardo do escurecimentos das pétalas, pela redução do estresse hídrico.

Outro aspecto a considerar, é o escurecimento das pétalas causado pela presença de compostos fenólicos, que em condições de estresse são oxidados por enzimas como a peroxidase e polifenoloxidase, para evitar os possíveis danos causados por agentes oxidativos, resultando no escurecimento dos tecidos vegetais (DOORN; WOLTERING, 2008). Portanto, o efeito positivo do 1-MCP no retardo do escurecimento das pétalas pode também estar associado à redução na oxidação destes compostos fenólicos.

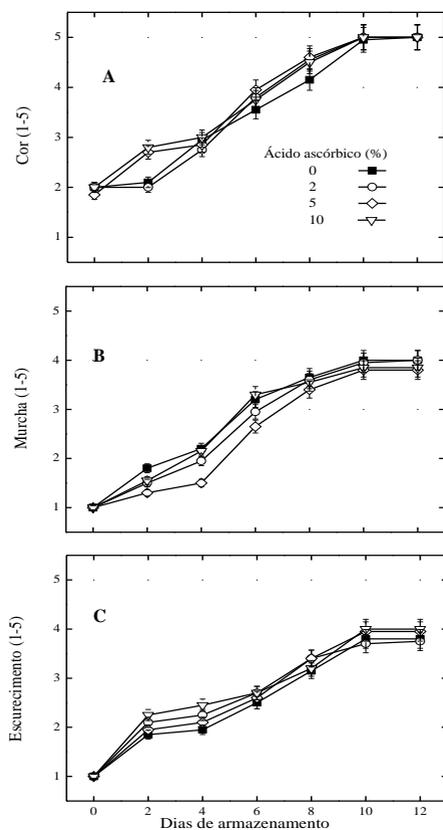
Pouco ainda se conhece a respeito das potencialidades das flores de goiabeira-serrana. Dados sobre a conservação pós-colheita ainda são escassas e estudos a cerca deste assunto podem contribuir para inclusão desta flor na dieta alimentar. Experimentos futuros se fazem necessários para avaliar melhor o efeito do 1-MCP e do ácido salicílico e a sua interação na conservação pós-colheita das flores de goiabeira-serrana.

Figura 8 - Efeito de diferentes concentrações de sacarose nos atributos de cor (A), murcha (B) e escurecimento (C) das pétalas em flores de goiabeira-serrana, durante o armazenamento refrigerado ($10\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ / $85\pm 5\%$ UR). Barras no interior das figuras indicam diferenças mínimas significativas, calculadas pelo teste de Tukey ($p<0,05$).



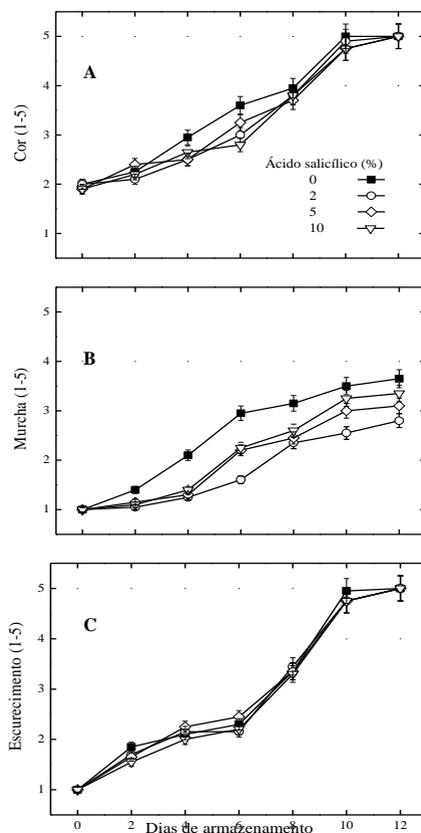
Fonte: Produção do próprio autor.

Figura 9 - Efeito de diferentes concentrações de ácido ascórbico nos atributos de cor (A), murcha (B) e escurecimento (C) das pétalas em flores de goiabeira-serrana, durante o armazenamento refrigerado (10 ± 1 °C / $85\pm 5\%$ UR). Barras no interior das figuras indicam diferenças mínimas significativas, calculadas pelo teste de Tukey ($p<0,05$).



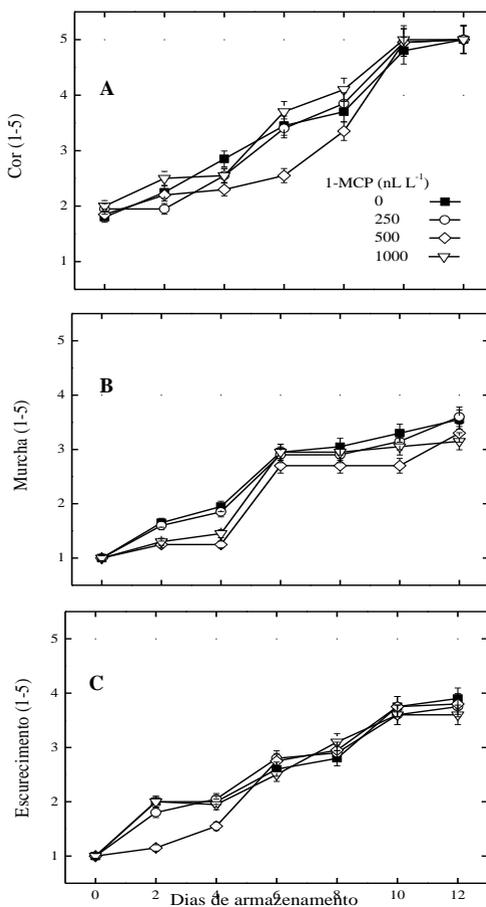
Fonte: Produção do próprio autor.

Figura 10 - Efeito de diferentes concentrações de ácido salicílico nos atributos de cor (A), murcha (B) e escurecimento (C) das pétalas em flores de goiabeira-serrana, durante o armazenamento refrigerado (10 ± 1 °C / $85\pm 5\%$ UR). Barras no interior das figuras indicam diferenças mínimas significativas, calculadas pelo teste de Tukey ($p<0,05$).



Fonte: Produção do próprio autor.

Figura 11 - Efeito de diferentes concentrações de 1-MCP nos atributos de cor (A), murcha (B) e escurecimento (C) das pétalas em flores de goiabeira-serrana, durante o armazenamento refrigerado ($10\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ / $85\pm 5\%$ UR). Barras no interior das figuras indicam diferenças mínimas significativas, calculadas pelo teste de Tukey ($p<0,05$).



Fonte: Produção do próprio autor.

6.5 CONCLUSÕES

O 1-MCP, na dose de 500 nL L⁻¹, e o ácido salicílico, nas concentrações de 2, 5 e 10%, prolongaram a manutenção da cor rósea intensa das pétalas. Para o atributo murcha das pétalas nas flores de goiabeira-serrana, as concentrações de 2% de ácido salicílico e 500 nL L⁻¹ de 1-MCP apresentaram os melhores resultados. Para o escurecimento das pétalas, os melhores resultados foram obtidos com 500 nL L⁻¹ de 1-MCP.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos demonstram que existem variações nos atributos físicos, químicos e da atividade antioxidante em frutos de goiabeira-serrana decorrentes da variabilidade genética entre os genótipos.

Os tecidos da casca e da polpa apresentam diferenças nos atributos físicos, químicos e da atividade antioxidante. A casca, porção tradicionalmente descartada, apresenta-se como boa alternativa para emprego na alimentação humana pelo seu alto valor nutricional e presença de compostos com atividade antioxidante.

O período de armazenamento de frutos da goiabeira-serrana é relativamente curto, ocorrendo alteração na qualidade dos frutos, como o escurecimento da polpa, redução da textura, dos valores de sólidos solúveis, da acidez titulável, dos compostos fenólicos totais e da atividade antioxidante total. Porém, com o armazenamento houve aumento nos conteúdos de vitamina C nos tecidos da casca e da polpa.

Houve correlação significativa entre conteúdo de compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante total, nos tecidos da casca e polpa dos frutos, indicando que os compostos fenólicos são os principais responsáveis pela capacidade antioxidante em goiaba-serrana, com destaque para os genótipos ‘Mattos’, ‘Nonante’ e acesso 2316, que apresentaram os maiores valores de conteúdos de compostos fenólicos totais e de atividade antioxidante total.

As flores da goiabeira-serrana ainda são pouco conhecidas, porém podem ser consideradas rica fonte de antioxidantes naturais, por apresentarem conteúdos significativos de antocianinas, flavonoides, vitamina C, compostos fenólicos e antioxidantes totais. As flores apresentam ainda coloração atrativa e sabor adocicado, atribuído ao elevado conteúdo de sólidos solúveis presente nas

pétalas. Diferenças observadas nos atributos físicos e químicos avaliados podem ser atribuídos a variação genética entre os diferentes genótipos.

O armazenamento refrigerado e a utilização de 1-MCP e ácido salicílico prolongou a manutenção da qualidade das flores de goiabeira-serrana.

Estudos futuros são necessários para aumentar o potencial de armazenamento dos frutos de goiabeira-serrana, relacionados às características dos diferentes genótipos, as alterações fisiológicas e bioquímicas dos frutos após a colheita e condições ideais de armazenamento.

8 REFERÊNCIAS

ALVES, A.D.; ALVES, M.S.O.; FERNANDES, T.O.; NAVES, R.V.; NAVES, M.G.V. Caracterização física e química, fenólicos totais e atividade antioxidante da polpa e resíduo de gabioba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.35, n.3, p.837-844, 2013.

AMARANTE, C.V.T. do; STEFFENS, C.A.; BENINCA, T.D.T.; HACKBARTH, C. SANTOS, K.L. Qualidade e potencial de conservação pós-colheita de frutos em cultivares brasileiras de goiaba-serrana. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.35, n.4, p.990-999, 2013.

AMARANTE, C.V.T. do; STEFFENS, C.A.; DUCROQUET, J.P.H.J.; SASSO, A. Qualidade de goiaba-serrana em resposta a temperatura de armazenamento e ao tratamento com 1-metilciclopropeno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.12, p.1683-1689, 2008.

AMMAR, I.; ENNOURI, M.; BALI, O.; ATTIA, H. Characterization of two prickly pear species flowers growing in Tunisia at four flowering stages. **LWT-Food Science and Technology**, Lincoln, v.59, n.1, p.448-454, 2014.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Official Analysis Chemistry**. Arlington, 1995, 1094 p.

BAHRAMI, S.N.; ZAKIZADEH, H.; HAMIDOGHLI, Y.; GHASEMNEZHAD, M. Salicylic acid retards petal senescence in cut lisianthus (*Eustoma grandiflorum* 'Miarichi Grand White') flowers. **Horticulture, Environment and**

Biotechnology, North Jeolla Province, v.54, n.6, p.519-523, 2013.

BARNI, E.J.; DUCROQUET, J.P.; SILVA, M.C.; NETO, R.B.; PRESSER, R.F. **Potencial de Mercado para Goiabeira-Serrana Catarinense**. Documento n° 212, Florianópolis: Epagri, 2004. 48p.

BARROS, L.; CARVALHO, A. M.; FERREIRA, I. C. F. R. Leaves, flowers, immature fruits and leafy flowered stems of *Malva sylvestris*: A comparative study of the nutraceutical potential and composition. **Food and Chemical Toxicology**, Boston, v.48, n.6, p.1466-1472, 2010.

BAZYLKO, A.; GRANICA, S.; PIWOWARSKI, J.; STEFANSKA, J.; OSINSKA, E.; KISS, A. K. Comparison of antioxidant, anti-inflammatory, antimicrobial activity and chemical composition of aqueous and hydroethanolic extract of the herb of *Tropaeolum majus*. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v.50, n.1, p.88-94, 2013.

BAZYLKO, A.; PARZONKO, A.; JEZ, W.; OSINSKA, E.; KISS, A. K. Inhibition of ROS production, photoprotection, and total phenolic, flavonoids and ascorbic acid content of fresh herb juice and extracts from the leaves and flowers of *Tropaeolum majus*. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v.55, n.1, p.19-24, 2014.

BEDOUR, A.A.; RAWIA, A.E. Improving gladiolus growth, flower keeping quality by using some vitamin application. **Journal of American Science**, New York, v.7, n.3, p.169-174, 2011.

BERNARDES, N. B.; TALMA, S. V.; SAMPAIO, S. H.; NUNES, C. R.; ALMEIDA, J. A. R. de; OLIVEIRA, D. B. de. Atividade antioxidante e fenóis totais em frutas de Campos dos Goytacazes-RJ. **Revista Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v.1, n.1, p.53-59, 2011.

BEYHAN, O.; BOZKURT, M.A.; BOYSAL, S.C. Determination of macro-micro nutrient contents in dried fruit and leaves and some pomological characteristics of selected feijoa genotypes (*Feijoa sellowiana* Berg) from Sakarya provinces in Turkey. **The Journal of Animal and Plant Science**, Islamabad, v.21, n.2, p.251-255, 2011.

BEYHAN, O.; ELMASTAS, M.; GEDIKLI, F. Total phenolic compounds and antioxidant capacity of leaf, dry fruit and fresh fruit of feijoa (*Acca sellowiana*, Myrtaceae). **Journal of Medicinal Plant Research**, Lagos, v.4, n.11, p.1065-1072, 2010.

BEYHAN, O.; EYDURAN, S.P. Determination of promising native feijoa (*Feijoa sellowiana* Berg.) genotypes from Sakarya region in Turkey. **Scientific Research and Essays**, Lagos, v.6, n.19, p.4104-4108, 2011.

BELOUS, O.; OMAROV, M.; OMAROVA, Z. Chemical composition of fruits of a feijoa (*F. sellowiana*) in the conditions of subtropics of Russia. **Scientific Journal for Food Industry**, Nitrianske Hrnčiarovce, v.8, n.1, p.119-123, 2014.

BONTEMPO, P.; MITA, L.; MICELI, M.; DOTO, A.; NEBBIOSO, A.; BELLIS, F. *Feijoa sellowiana* derived natural flavone exerts anti-cancer action displaying HDAC

inhibitory activities. **International Journal of Biochemistry and Cell Biology**, Amsterdam, v.39, n.10, p.1902-1914, 2007.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT-Food Science and Technology**, Lincoln, v. 28, n.1, p. 25-30, 1995.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) – Ministério da Saúde. **Resolução RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005. Aprova o regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais**. Diário oficial da União, Poder Executivo, Brasília, 23 set. 2005.

BURANA, C.; KUROKURA, T.; YAMAKI, Y.; YAMANE, K. Modified atmosphere (MA) and 1-Methylcyclopropene (1-MCP) combination treatment extends the postharvest life of carnations. **Environmental Control in Biology**, v.52, n.3, p.131-136, 2014.

CAMPO, J. C.; DAMACENO, M. N.; ROMERO-RODRÍGUEZ, M. A.; ODÉRIZ, M. L. V. Color, anthocyanin pigment, ascorbic acid and total phenolic compound determination in organic versus conventional strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch, cv Selava). **Journal of Food Composition and Analysis**, Nova York, v.28, n.1, p.23-30, 2012.

CAMPOS, R. P.; HIANE, P. A.; RAMOS, M. I. L.; FILHO, M. M. R.; MACEDO, M. L. R. Conservação pós-colheita de guavira (*Camponesia* sp.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.34, n.1, p.41-49, 2012.

CARBONE, K.; GIANNINI, B.; PICCHI, V.; SCALZO, R.; CECCHINI, F. Phenolic composition and free radical scavenging activity of different apple varieties in relation to the cultivar, tissue type and storage. **Food Chemistry**, Maryland Heights, v.127, n.2, p.493-500, 2011.

CAROCHO, M.; FERREIRA, C. F. R. A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: Natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives. **Food and Chemical Toxicology**, Boston, v.51, n.1, p.15-25, 2013.

CHAHDOURA, H.; BARREIRA, J. C. M.; BARROS, L.; BUELGA, C. S.; FERREIRA, I. C. F. R.; ACHOUR, L. Phytochemical characterization and antioxidant activity of *Opuntia microdasys* (Lehm.) Pfeiff flowers in different stages of maturity. **Journal of Functional Foods**, Shanghai, v.9, n.1, p.27-37, 2014.

CHAIRAT, B.; TAKESHI, K.; YOSHIKAZU, Y.; KENJI, Y. Modified Atmosphere (MA) and 1-Methylcyclopropene (1-MCP) Combination Treatment Extends the Postharvest Life of Carnations. **Environmental Control in Biology**, Fukuoka, v.52, n.3, p.131-136, 2014.

CHITARRA; M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2^a. ed, Lavras:UFLA, 2005, 785p.

CORADIN, L.; SIMISNSKI, A.; REIS, A. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: Plantas para o futuro – Região Sul**. Brasília: MMA, 2011. 934p.

COUTO, M. A. L.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Quantificação de vitamina C e capacidade antioxidante de variedades cítricas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 1, p. 15-19, 2011.

DARRAS, A.I.; AKOUMIANAKI-IOANNIDOU, A.; POMPADAKIS, N.E. Evaluation and improvement of post-harvest performance of cut *Viburnum tinus* inflorescence. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.124, n.2, p.376-380, 2010.

DI CESARE, L. F.; D'ANGELO, V. Composizione e distribuzione dei componenti volatili in cultivar di *Feijoa sellowiana* coltivate in Itália. **Industrie Alimentari**, Pinerolo, v.34, n.337, p.498-503, 1995.

DI CESARE, L. F.; NANI, R.; BRAMBILLA, A.; TESSARI, D.; FUSARI, E. L. Evaluation of the volatile compounds and the soluble substances in freeze concentrated feijoa juices. **V Giornate Scientifiche S.O.I.**, Sirmione, p.499-500, 2000.

DOORN, W.G.V.; WOLTERING E.J. Physiology and molecular biology of petal senescence. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.59, n.3, p.453-480, 2008.

DUCROQUET, J.P.H.H.; HICKEL, E.R. Fenologia da goiabeira serrana (*Feijoa sellowiana* Berg) no Alto Vale do Rio do Peixe. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.13, n.3, p.313-321, 1991.

DUCROQUET, J.P.H.H.; HICKEL, E.R.; NODARI, R. O. **Goiabeira-serrana (*Feijoa sellowiana* Berg)**. Jaboticabal: Funef, 2000. 66p. (Série Frutas Nativas, 5).

EAST, A. R.; ARAYA, X. I. T.; HETOG, M. L. A. T. M.; NICHOLSON, S. E.; MAWSON, A. J. The effect of controlled atmospheres on respiration and rate of quality change in 'Unique' feijoa fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.53, n.1-2, p.66-71, 2009.

ELHINDI, K.M. Evaluation of several holding solutions for prolonging vase-life and keeping quality of cut sweet pea flowers (*Lathyrus odoratus* L.). **Saudi Journal of Biological Science**, Riyadh, v.19, n.2, p.195-202, 2012.

EL-SHENAWI, S.M.; MARZOUK, M.S.; EL DIB, R.A.; ELYAZED, H.E.A.; SHAFFIE, N.M.; MOHARRAM, F.A. Polyphenols and biological activities of *Feijoa sellowiana* leaves and twigs. **Revista Latinoamericana de Química**, Ciudad de México, v.36, n.3, p.103-120, 2008.

ESEMANN-QUADROS, K.; MOTA, A. P.; KERBAUY, G. B.; GUERRA, M. P.; DUCROQUET, J. P. H. J.; PESCADOR, R. Estudo anatômico do crescimento do fruto em *Acca sellowiana* Berg. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.30, n.2, p.296-302, 2008.

FERRARA, L.; MONTESANO, D. Nutritional characteristics of *Feijoa sellowiana* fruit: the iodine content. **Rivista di Scienza dell'Alimentazione**, Parma, v.30, n.4, p.353-356, 2001.

FRIEDMAN, H.; AGAMI, O.; VINOKUR, Y., DROBY, S., COHEN, L., RAFAELI, G., RESNICK, N.; UMIEL, N. Characterization of yield, sensitivity to *Botrytis cinerea* and antioxidant content of several rose species suitable for edible flowers. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.123, n.3, p.395-401, 2010.

GALLEGO-CORRALES, S.P.; RIÑO-LUNA, C.E.; OROZCO-GALLEGO, L. Determinación del comportamiento químico y fisiológico de *Feijoa sellowiana* em almacenamiento. **Cenicafé**, Manizales, v.54, n.1, p.50-62, 2003.

GALVIS, A. Manejo de la cosecha y poscosecha de la feijoa. En: FISCHER, G.; MIRANDA, D.; CAYÓN, G.; MAZZORA, M. **Cultivo, poscosecha y exportación de La feijoa (*Acca sellowiana* Berg)**. Produmédios, Bogotá, 152 p., 2003.

GARZÓN, G. A.; WROLSTAD, R. E. Major anthocyanins and antioxidant activity of Nasturtium flowers (*Tropaeolum majus*). **Food Chemistry**, Maryland Heights, v.114, n.1, p.44-49, 2009.

GE, Q.; MA, X. Composition and antioxidant activity of anthocyanins isolated from Yunnan edible rose (*An ning*). **Food Science and Human Wellness**, Beijing v.2, n.2, p.68-74, 2013.

HARDY, P.J.; MICHAEL, B. J. Volatile components of feijoa fruits. **Phytochemistry**, Amsterdam, v.9, n.6, p.1355-1357, 1970.

HASTENREITER, A.F.; VIEIRA, Z.G.J.; FARIA, T.R.; Longevidade pós-colheita de flores de *Oncidium varicosum* (Orchidaceae). **Ciências Agrárias**, Londrina, v.27, n.1, p.27-34, 2006.

HATAMZADEH, A.; HATAMI, M.; GHASEMNEZHAD, M. Efficiency of salicylic acid delay petal senescence and extended quality of cur spikes of *Gladiolus grandiflora* cv

“wing`s sensation”. **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v.7, n.4, p.540-545, 2012.

HICKEL, E. R.; DUCROQUET, J. P. J. Polinização entomófila da goiabeira serrana, *Feijoa sellowiana* (Beg), em Santa Catarina. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.22, n.1, p.96-101, 2000.

HIRSCH, G.E.; FACCO, E.M.P.; RODRIGUES, D.B.; VIZZOTTO, M.; EMANUELLI, T. Caracterização físico-química de variedades de amora-preta da região Sul do Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.5, p.942-947, 2012.

HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J.C.; KLUGE, R.A.; BILHALVA, A.B. Influência da temperatura e do polietileno no armazenamento de frutos de goiabeira serrana (*Feijoa sellowiana* Berg.). **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.51, n.3, p.563-568, 1994.

HU, F. B. Plant-based food and prevention of cardiovascular disease. **American Journal of Clinical Nutrition**, Houston, v.78, n.3, p.544-551, 2003.

IGNAT, I.; VOLF, I.; POPA, V.I. A critical review of methods for characterization of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. **Food Chemistry**, Maryland Heights, v.126, n.4, p.1821-1835, 2011.

IOM - Institute of Medicine. **Dietary of reference intakes research synthesis: workshop summary**. Washington: The National Academies Press, 2006, 296 p.

ISOBE, Y.; KASE, Y.; NARITA, M.; KOMIYA, T.
Antioxidative activity of tropical fruit, *Feijoa sellowiana* Berg.
Nippon Kasei Gakkaishi, Tóquio, v.54, n.11, p.945-949, 2003.

ISOBE, Y.; KASE, Y.; NARITA, M.; KOMIYA, T.
Antioxidative activity of a polyphenol extract from *Feijoa sellowiana* Berg. and its application to cookies. **Nippon Kasei Gakkaishi**, Tóquio, v.55, n.10, p.799-804, 2004.

JACQUES, A. C.; PERTUZATTI, P. B.; BARCIA, M. T.;
ZAMBIAZI, R. C.; CHIM, J. F. Estabilidade de compostos
bioativos em polpa congelada de amora-preta (*Rubus fruticosos*). **Quimica Nova**, São Paulo, v.33, n.8, p.1720-1725, 2010.

JANZANTTI, N. S.; MACORIS, M. S.; GARRUTI, D. S.;
MONTEIRO, M. Influence of the cultivation system in the
aroma of the volatile compounds and total antioxidant activity
of passion fruit. **LWT-Food Science Technology**, Lincoln,
v.46, n.2, p.511-518, 2012.

KADER, A.A. Regulation on fruit physiology by
controlled/modified atmospheres. **Acta Horticulturae**,
Leuven, n.32, p.81-91, 1992.

KAISOON, O.; SIRIAMORNUN, S.;
WEERAPREEYAKUL, N.; MEESO, N. Phenolic compounds
and antioxidant activities of edible flowers from Thailand.
Journal of Functional Foods, Dallas, v.3, n.2, p.88-99, 2011.

KELLER, H. A.; TRESSENS, S. G. Presencia en Argentina de
dos especies de uso múltiple: *Acca sellowiana* (Myrtaceae) y
Casearia lasiophylla (Flacourtiaceae). **Darwiniana**, Buenos
Aires, v.45, n.2, p.204-212, 2007.

KINUPP, V.F.; BARROS, I.B.I. Teores de proteína e minerais de espécies nativas. Potenciais hortaliças e frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.28, n.4, p.846-857, 2008.

KLEIN, J.D.; THORP, T.G. Feijoas: post-harvest handling and storage of fruit. **New Zealand Journal of Experimental Agriculture**, London, v.15, n.2, p.217-221, 1987.

LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis v.45, n.2, p. 1390-1393, 1997.

KOU, L.; TURNER, E.R.; LUO, Y. Extending the shelf life of edible flowers with controlled release of 1-Methylcyclopropene and modified atmosphere packaging. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v.77, n.5, p.188-193, 2012.

LEE, J. H.; LEE, H. J.; CHOUNG, M. G. Anthocyanin compositions and biological activities from the red petals of Korean edible rose (*Rosa hybrida* cv. Noblered). **Food Chemistry**, Maryland Heights, v.129, n.2, p.272-278, 2011.

LEE, S.K.; KADER, A.A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.20, n.3, p.207-220, 2000.

LEES, D. H.; FRANCIS, F. J. Standardization of pigment analysis in cranberries. **HortScience**, Alexandria, v.7, n.1, p.83-84, 1972.

LEGRAND, C.D.; KLEIN, R.M. **Mirtáceas**. Flora Ilustrada Catarinense, Itajaí, p.624-629, 1977.

LETERME, P.; BULDGEN, A.; ESTRADA, F.; LONDONO, A.M. Mineral content of tropical fruit and unconventional foods of the Andes and the rain forest of Colombia. **Food Chemistry**, Maryland Heights, v.95, n.4 p.644-652, 2006.

LI, A. N.; LI, S.; LI, H. H.; XU, D.; X. R.; CHEN, F. Total phenolic contents and antioxidant capacities of 51 edible and wild flowers. **Journal of Functional Foods**, Dallas, v.6, n.1, p.319-330, 2014.

MANABE, M.; ISOBE, Y. Suppressing effects of *Feijoa sellowiana* Berg (feijoa) on cytokine secretion by intestinal epithelium. **Food Science and Technology Research**, Mysore, v.11, n.1, p.71-76, 2005.

MANSOURI, H. Salicylic acid and sodium nitroprusside improve postharvest life of Chrysanthemums. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.145, n.2, p.29-33, 2012.

MARQUES, A.; CHICAYBAN, G.; ARAUJO, M.T.; MANHÃES, L.R.T.; SABAA-SRUR, A.U.O. Composição centesimal e mineral de casca e polpa de manga (*Mangifera indica* L.) cv Tommy Atkins. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.32, n.4, p.1206-1210, 2010.

MATTIUZ, C.F.M.; RODRIGUES, T.J.D.; MATTIUZ, B.; MARTINS, R.N. Armazenamento refrigerado de inflorescências cortadas de *Oncidium varicosum* 'Samurai'. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.11, p.2289-2293, 2010.

MÉLO, E.A.; LIMA, V.L.A.G. de; NASCIMENTO, P.P. de. Temperatura no armazenamento de pitanga. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.4, p.629-634, 2000.

MELO, E.A.; MACIEL, M.I.S.; LIMA, V.L.A.G. de; NASCIMENTO, R.J. do. Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v.44, n.2, p.193-201, 2008.

MILARDOVIC, S.; IVEKOVIC, D.; GRABARIC, B. S. A novel amperometric method for antioxidant activity determination using DPPH free radical. **Bioelectro-chemistry**, Paris, v.68, n.2, p. 175-180, 2006.

MITTLER, R.; VANDERAUWERA, S.; SUZUKIL, N.; MILLER, G.; TOGNETTI, V.B.; VANDEPOELE, K.; GOLLERY, M.; SHULAEV, V.; BREUSEGEM, F.V. ROS signaling: the new wave? **Trends and Plant Science**, Amsterdam, v.16, n.6, p.300-309, 2011.

MLCEK, J.; ROP, O. Fresh edible flowers of ornamental plants - A new source of nutraceutical foods. **Trends in Foods Science & Technology**, Amsterdam, v.22, n.10, p.561-569, 2011.

MONERUZZAMAN, K.M; HOSSAIN, A.B.M.S.; AMRU, N.B.; SAIFUDIN, M.; IMDADUL, H.; WIRAKARNAIN, S. Effect of sucrose and kinetin on the quality and vase life of *Bougainvillea glabra* var. Elizabeth Angus bracts at different temperatures. **Australian Journal of Crop Science**, Inala, v.4, n.7, p.474-479, 2010.

MONFORTE, M. T.; LANUZZA, F.; MONDELLO, F.; NACCARI, C.; PERGOLIZZI, S.; GALATI, E. M. Phytochemical composition and gastroprotective effect of *Feijoa sellowiana* Berg. fruit from Sicily. **Journal of Coastal Life Medicine**, Hainan Province, v.2, n.1, p.14-21, 2014.

MORETTO, S. P.; NODARI, E. S.; NODARI, R. O. A introdução e os usos da feijoa ou goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*): A perspectiva da história ambiental. **Journal of Social, Technological and Environmental Science**, Anápolis, v.3, n.2, p.67-79, 2014.

MOTOHASHI, N.; KAWASE, M.; SHIRATAKI, Y.; TANI, S.; SAITO, S.; SAKAGAMI, H.; KURIHARA, T.; NAKASHIMA, H.; WOLFARD, K.; MUCSI, I.; VARGAS, A.; MOLNÁR, J. Biological activity of feijoas peel extract. **Anticancer Research**, Attiki, v.20, n.6, p.4323-4330, 2000.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Phenolics in cereals, fruits and vegetables: Occurrence, extraction and analysis. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, Arlington, v.41, n.5, p.1523-1542, 2006.

OLIVEIRA, D. S.; AQUINO, P. P.; RIBEIRO, S. M. R.; PROENÇA, R. P. C.; SANT'ANA, H. M. P. Vitamina C, carotenoides, fenólicos totais e atividade antioxidante de goiaba, manga e mamão procedentes da Ceasa do Estado de Minas Gerais. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 33, n.1, p.89-98, 2011.

PEREIRA, M. C.; STEFFENS, R. S.; JABLONSKI, A.; HERTZ, P. F.; RIOS, A. O.; VIZZOTTO, M.; FLÔRES, S. H. Characterization, bioactive compounds and antioxidant potential of three Brazilian fruits. **Journal of Food**

Composition and Analysis, Nova York, v. 29, n.1, p.19-24, 2013.

PHETSIRIKOON, S.; KETSA, S.; DOORN, W.G. VAN. Chilling injury in *Dendrobium* inflorescences is alleviated by 1-MCP treatment. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.67, n.1, p.144-153, 2012.

PIETRO, J. de; MATTIUZ, B.; MATTIUZ, C.F.M. Influência do 1-MCP na conservação pós-colheita de rosas cv. Vega. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, n.5, p.1176-1183, 2010.

PRUDÊNCIO, A. P.A.; PRUDÊNCIO, E. S.; AMBONI, R. D. M. C.; MURAKAMI, A. N. N.; MARASCHIN, M.; PETRUS, J. C. C.; OGLIARI, P. J.; LEITE, R. S. Phenolic composition and antioxidant activity of the aqueous extract of bark from residues from mate tree (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) bark harvesting concentrated by nanofiltration. **Food and Bioproducts Processing**, Frankfurt, v.90, n.3, p.399-405, 2012.

QUEZADA, M.; PASTINA, M.M.; RAVEST, G.; SILVA, P.; VIGNALE, B.; CABRERA, D.; HINRICHSEN, P.; GARCIA, A.A.F.; PRITSCH, C. A first genetic map of *Acca sellowiana* based on ISSR, AFLP and SSR markers. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.169, n.1, p.138-146, 2014.

RAMÍREZ, J. M.; GALVIS, J. A.; FISCHER, G. Maduración poscosecha de La feijoa (*Acca sellowiana* Berg) tratada com CaCl_2 em tres temperaturas de almacenamiento. **Agronomía Colombiana**, Bogotá, v.23, n.1, p.117-127, 2005.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying and improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, San Diego, v.26, n.9, p.1231-1237, 1999.

RODRÍGUEZ, M.; ARJONA, H.E.; GALVIS, J.A. Maduración del fruto de feijoa (*Acca sellowiana* Berg) em los clones 41 (Quimba) y 8-4 a temperatura ambiente em condiciones de La Sabana de Bogotá. **Agronomía Colombiana**, Bogotá, v.1, n.24, p.68-76, 2006.

ROMERO-RODRIGUEZ, M.A.; VAZQUEZ-ODERIZ, M.L.; LOPEZ-HERNANDEZ, J.; SIMAL-LOZANO, J. Composition of babaco, feijoa, passion-fruit and tamarillo produced in Galicia (NW Spain). **Food Chemistry**, Maryland Heights, v.49, n.3, p.251-255, 1994.

ROSSI, A.; RIGANO, D.; PERGOLA, C.; FORMISANO, C.; BASILE, A.; BRAMANTI, P. Inhibition of inducible nitric oxide synthase expression by an acetonic extract from *Feijoa sellowiana* Berg. fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v.55, n.13, p.5053-5061, 2007.

RUBERTO, G.; TRINGALI, C. Secondary metabolites from the leaves of *Feijoa sellowiana* Berg. **Phytochemistry**, Amsterdam, v.65, n.21, p.2947-2951, 2004.

SALVO, F.; TOSCANO, M. A.; DUGO, G. Chemical composition of *Feijoa sellowiana* fruit. **Rivista della Società Italiana di Scienza dell'Alimentazione**, Parma, v.16, n.6, p.471-474, 1987.

SANGALLI, A.; SCALON, S. de P.Q.; CARVALHO, J.C.L. de. Perda de massa de flores de capuchinha após armazenamento. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.25, n.3, p.471-474, 2007.

SANTOS, K.L. dos; DUCROQUET, J.P.H.J.; NAVA, G.; AMARANTE, C.V.T. do; SOUZA, S.N. de; PERONI, N.; GUERRA, M.P.; NODARI, R.O. **Orientações para o cultivo da goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*)**. Florianópolis: Epagri, 2011. 44p. (Boletim Técnico, 153).

SANTOS, M.B. dos; CARDOSO, R.L.; FONSECA, A.A.O.; CONCEIÇÃO, M.N. Caracterização e qualidade de frutos de umbu-cajá (*Spondias tuberosa* X *S. mombin*) provenientes do recôncavo Sul da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.32, n.4, p.1089-1097, 2010.

SARTORI, G. V.; COSTA, C. V. da; RIBEIRO, A. B. Conteúdo fenólico e atividade antioxidante de polpa de frutas congeladas. **Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos**, Campo Mourão, v.5, n.3, p.23-29, 2014.

SAZIMA, I.; SAZIMA, M. Petiscos florais: pétalas de *Acca sellowiana* (Myrtaceae) como fonte alimentar para aves em área urbana no Sul do Brasil. **Biota Neotropica**, São Paulo, v.7, n.2, p.307-311, 2007.

SCHOTSMANS, W. C.; EAST, A.; THORP, G.; WOOLF, A. B. Feijoa (*Acca sellowiana* [Berg.] Burret). In: YAHIA, E. M. (Ed.). **Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits: cocoa to mango**. Cambridge: Woodhead Publishing, v.3, p.115-133, 2011.

SHARPE, R. H.; SHERMAN, W. B.; MILLER, E. P. Feijoa history and improvement. **Proceedings of the American Society of Horticultural Science**, Alexandria, v.49, n.1, p.161-162, 1993.

SMIRNOFF, N.; WHEELER, G.L. Ascorbic acid in plant: biosynthesis and function. **Biochemistry and Molecular Biology**, Madison, v.35, n.4, p.291-314, 2000.

SOERJOMATARAM, I.; OOMEND, D.; LEMMENS, V.; OENEMA, A.; BENETOU, V.; TRICHOPOULOU, A.; GOEBERGH, J.W.; BARENDREGT, J.; VRIES, E. Increased consumption of fruit and vegetables and future cancer incidence in selected European countries. **European Journal of Cancer**, Oxford, v.46, n.14, p.2563-2580, 2010.

STORCK, C.R.; NUNES, G.L.; OLIVEIRA, B.B.; BASSO, C. Folhas, talos, cascas e sementes vegetais: composição nutricional, aproveitamento na alimentação e análise sensorial de preparação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.3, p.537-543, 2013.

STROHECKER, R.; HENNING, H. M. **Análises de vitaminas:** métodos comprovados. Madrid, Paz Montolvo, 1967, 428p.

SWAIN, T.; HILLIS, W. E. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. The quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.10, n.1, p.63-68, 1959.

TAI, Z.; CAI, L.; DAI, L.; DONG, L. WANG, M.; YANG, Y.; CAO, Q.; DING, Z. Antioxidant activity and chemical

constituents of edible flower of *Sophora viciifolia*. **Food Chemistry**, Maryland Heights, v. 126, n.4, p.1648-1654, 2011. TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise do solo, plantas e outros materiais**. 2 ed. Porto Alegre: Departamento de Solos – UFRGS, 174 p. 1995.

THORP, T. G.; BIELESKI, R. L. **Feijoas: Origins, cultivation and uses**. David Bateman Ltda, Auckland, New Zealand, 87 p., 2002.

TUNCEL, N. B.; YILMAZ, N. Optimizing the extraction of phenolics and antioxidants from feijoa (*Feijoa sellowiana*, Myrtaceae). **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v.52, n.6, p.141-150, 2015.

VALDERRAMA, J. K.; FISCHER, G.; SERRANO, M. S. Fisiología poscosecha en frutos de dos cultivares de feijoa (*Acca sellowiana* O. Berg Burret) sometidos a um tratamento cuarentenario de frio. **Agronomía Colombiana**, Bogotá, v.23, n.2, p.276-282, 2005.

VALEENTE, A.; ALBUQUERQUE, T. G.; SILVA, A. S.; COSTA, H. S. Ascorbic acid content in exotic fruits: A contribution to produce quality data for food composition databases. **Food Research International**, Toronto, v.44, n.7, p.2237-2242, 2011.

VALLILO, M.I.; MORENO, P.R.H.; OLIVEIRA, E. de; LAMARDO, L.C.A.; GARBELOTTI, M.L. Composição química dos frutos de *Campomanesia xantocarpa* Berg-Myrtaceae. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.28, supl., p.231-237, 2008.

VAN SOEST, P.J. Limiting factors in plant residues of low biodegradability. **Agricultural and Environmental**, Amsterdam, v.6, n.2, p.135-143, 1981.

VELHO, A.C.; AMARANTE, C.V.T. do; ARGENTA, L.C.; STEFFENS, C.A. Influência da temperatura de armazenamento na qualidade pós-colheita de goiabas serranas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, n.1, p.14-20, 2011.

VIEIRA, L. M.; SOUSA, M. S. B.; MANCINI-FILHO, J.; LIMA, A, de. Fenólicos totais e capacidade antioxidante *in vitro* de polpa de frutos tropicais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, n.3, p.888-897, 2011.

VIEITES, R. L.; DAIUTO, E. R.; FUMES, J. G. F. Capacidade antioxidante e qualidade pós-colheita de abacate ‘Fuerte’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.34, n.2, p.336-348, 2012.

VUOTTO, M.L.; BASILE, A.; MOSCATIELLO, V.; DE SOLE, P.; CASTALDO, R.C.; LAGHI, E. Antimicrobial and antioxidant activities of *Feijoa sellowiana* fruit. **International Journal of Antimicrobial Agents**, Amsterdam, v.13, n.3, p.197-201, 2000.

WESTON, R.J. Bioactive products from fruit of the feijoa (*Feijoa sellowiana*, Myrtaceae): A review. **Food Chemistry**, Maryland Heights, v.121, n.1, p.923-926, 2010.