



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
TEORES MINERAIS E COMPOSTOS
ANTIOXIDANTES EM FRUTOS DE CULTIVARES
DE MACIEIRA

RICARDO SACHINI

LAGES, 2019

RICARDO SACHINI

**TEORES MINERAIS E COMPOSTOS ANTIOXIDANTES EM FRUTOS DE
CULTIVARES DE MACIEIRA**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências
Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa
Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de
Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Cristiano André Steffens

Coorientadora: Dra. Mariuccia Schlichting De Martin

LAGES, SC

2019

Sachini, Ricardo

Teores minerais e compostos antioxidantes em frutos de cultivares de macieira / Ricardo Sachini. -- 2019.

70 p.

Orientador: Cristiano André Steffens

Coorientadora: Mariuccia Schlichting De Martin

Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2019.

1. Malus domestica . 2. Status nutricional. 3. Compostos funcionais . 4. Nutrição alimentar. I. Steffens, Cristiano André. II. De Martin, Mariuccia Schlichting . III. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. IV. Título.

RICARDO SACHINI

**TEORES MINERAIS E COMPOSTOS ANTIOXIDANTES EM FRUTOS DE
CULTIVARES DE MACIEIRA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC – LAGES, SC como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Banca Examinadora

Orientador: _____

Prof. Dr. Cristiano André Steffens
Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Centro de Ciências
Agroveterinárias, Lages/SC

Membro: _____

Dra. Bianca Schweitzer
Pesquisadora em Química, responsável pelo Laboratório de Ensaio Químico,
Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
(EPAGRI), Caçador/SC

Membro: _____

Prof. Dr. Cassandro Vidal Talamini do Amarante
Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Centro de Ciências
Agroveterinárias, Lages/SC

LAGES, SC, 31 DE JULHO DE 2019

AGRADECIMENTOS

À Deus primeiramente.

Aos orientadores, Dr. Cristiano André Steffens e Dra. Mariuccia Schlichting de Martin pela compreensão, confiança, amizade e aos ensinamentos repassados.

À Dra. Bianca Schweitzer aos incentivos, amizade, confiança e persistência.

À Epagri - Estação Experimental de Caçador pela estrutura de laboratórios e pomares; aos funcionários de campo, técnicos e pesquisadores, que de alguma forma auxiliaram nas atividades desenvolvidas.

A Uniarp – *Campus* Caçador; especialmente a professora MSc Talize Foppa, por ceder os espaços, equipamentos e materiais para a realização das análises.

Aos colegas do Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita do CAV-UDESC Lages, à ajuda nos poucos momentos que estive presente.

A Ana Paula Medeiros pela paciência, confiança, amor e apoio durante este período.

Aos meus pais Renato e Marinês Sachini pela motivação e incentivo nas minhas decisões.

Aos demais familiares e amigos pela amizade e palavras de apoio.

A todos, que de uma forma ou outra colaboraram para que pudesse realizar meu trabalho.

RESUMO

SACHINI, Ricardo. **Teores minerais e compostos antioxidantes em frutos de cultivares de macieira**. 2019. 70 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, SC, 2019.

A maçã é considerada um alimento funcional, pois apresenta uma considerável contribuição no aporte de minerais, vitaminas e antioxidantes. Porém, a maior parte das cultivares lançadas nos últimos anos ainda não foram estudadas com relação às suas propriedades nutricionais e funcionais. O objetivo do trabalho foi quantificar teores minerais, teores de compostos fenólicos totais, vitamina C e atividade antioxidante total na casca e polpa, e antocianinas totais na casca, em frutos de cultivares de maçãs com potencial de produção no Sul do Brasil. Foram avaliadas as cultivares Fuji Suprema, Lisgala, Monalisa, Luiza, Daiane, Venice, Elenise e a seleção avançada M.10-09. Na porção casca das cultivares avaliadas, os maiores teores de P foram observados na cultivar Venice, K na 'Daiane', Ca na seleção M.10-09, e Mg nas cultivares Daiane, Fuji Suprema e M.10-09. Na porção polpa, os maiores teores minerais de P foi observado nas cultivares Monalisa e Lisgala, o K na seleção avançada M.10-09, 'Fuji Suprema' e 'Daiane', o Ca na 'Monalisa', 'Lisgala' e seleção M.10-09, e Mg na 'Fuji Suprema'. A concentração de antocianinas totais e a determinação da cor vermelha, conforme a escala visual da coloração vermelha na epiderme dos frutos, foi maior na cultivar Fuji Suprema. Os teores de vitamina C na porção casca foram maiores na seleção avançada M.10-09, seguida das cultivares Fuji Suprema e Elenise. Na polpa, a cultivar Fuji Suprema e a seleção M.10-09 não diferem entre si e apresentam teor de vitamina C mais elevado em comparação às demais cultivares. Na porção casca, a maior concentração dos compostos fenólicos totais foi na cultivar Luiza, seguida pela Fuji Suprema e seleção M.10-09. Já na porção polpa, a maior concentração foi nas cultivares Lisgala e Elenise. A atividade antioxidante total, determinada pelo método ABTS, tanto na porção casca quanto polpa, foi maior na cultivar Venice. Pelo método DPPH, a atividade antioxidante total foi maior na porção casca da seleção avançada M.10-09 e na cultivar Fuji Suprema, e polpa, na cultivar Daiane. Entre os minerais avaliados, considerando o consumo de um fruto de 150 g, o K supre a maior porcentagem da IDR para o organismo, seguido do P e Mg. O Ca presente em maçãs apresenta baixa contribuição para suprimento da IDR. Ao consumir este mesmo fruto com casca uma parcela significativa adicional dos minerais é ingerida. O consumo de uma maçã, com casca, de aproximadamente 150 g, fornece mais de 25% da ingestão diária recomendada de vitamina C para uma criança, e próximo de 20% para adultos. Ao consumir este fruto removendo a casca, a ingestão de vitamina para adultos é em torno de 14%, e para crianças menos de 20% da ingestão diária recomendada. Consumir frutos de maçãs com casca fornece ao organismo praticamente 100% de antocianinas totais. O consumo apenas da polpa de maçãs reduz 44,5% da ingestão de compostos fenólicos totais ao organismo, quando comparado com o consumo do fruto com casca. O consumo de maçãs sem casca fornece ao organismo 11% de atividade antioxidante total, enquanto com a casca, fornece 89% a mais de atividade antioxidante total, pelo método ABTS. Pelo método DPPH, o consumo apenas da polpa do fruto fornece 16,7% de atividade antioxidante total, enquanto o consumo com casca fornece mais 82,3% de atividade antioxidante total ao organismo. O consumo de um fruto de maçã das cultivares avaliadas, não supre a necessidade diária recomendada para o organismo, no entanto, são fontes significativas de compostos minerais e antioxidantes.

Palavras-chave: *Malus domestica*. Status nutricional. Compostos funcionais. Nutrição alimentar.

ABSTRACT

SACHINI, Ricardo. **Mineral contents and antioxidant compounds in fruits of apple cultivars**. 2019. 70 p. Dissertation (Master's degree in Plant Production) University of the State of Santa Catarina. Postgraduate Program in Plant Production, Lages, SC, 2019.

Apple is considered a functional food, because it presents a considerable contribution in the supply of minerals, vitamins and antioxidants. However, most of the cultivars released in recent years have not been studied about their nutritional and functional properties. The aim of this work was to quantify mineral content, total phenolic compound content, vitamin C content and total antioxidant activity in the skin and flesh, and total anthocyanins in skin, in fruit of apple cultivars with potential production in southern Brazil. The apple cultivars evaluated were Fuji Suprema, Lisgala, Monalisa, Luiza, Daiane, Venice, Elenise and the selection M.10-09. In the skin portion of the evaluated cultivars, the highest levels of P were observed in the cultivar Venice, K in 'Daiane', Ca in M.10-09 and Mg in 'Daiane', 'Fuji Suprema' and M.10-09. In the flesh portion, the highest mineral content of P were observed in 'Monalisa' and 'Lisgala', K in M.10-09, 'Fuji Suprema' and 'Daiane', Ca in 'Monalisa', 'Lisgala' and M.10-09 and Mg in 'Fuji Suprema'. The concentration of total anthocyanins and red color, according to the visual scale of the red coloration in the skin, was higher in Fuji Suprema cultivar. The vitamin C contents in the skin portion were higher in M.10-09, followed by 'Fuji Suprema' and 'Elenise'. In the flesh, 'Fuji Suprema' and M.10-09 present higher vitamin C content when compared to the other cultivars. In the skin portion, highest concentration of total phenolic compounds was found in 'Luiza' apple, followed by 'Fuji Suprema' and M.10-09. In the flesh portion, the highest concentration were found in 'Lisgala' and 'Elenise' apples. The total antioxidant activity, determined by the ABTS method, both in skin and flesh, was higher in Venice cultivar. By the DPPH method, total antioxidant activity was higher in the skin of M.10-09 and in 'Fuji Suprema' apples, and in the flesh of 'Daiane' apple. Among the evaluated minerals, considering the consumption with skin of a fruit of 150 g, the K supplies highest percentage of recommended daily intake for the organism, followed by P and Mg. The Ca present in apples presents low contribution to supply the recommended daily intake. By consuming this same fruit with skin an additional significant portion of the minerals are ingested. Consuming a with skin apple of about 150 g provides more than for 25% of a child's recommended daily vitamin C intake, and about 20% for adults. By consuming this fruit removing the skin, the vitamin intake for adults is around 14%, and for children less than 20% of the recommended daily intake. Consuming fruits from apples with skin provides the organism with almost 100% total anthocyanins. Consumption of only apple flesh reduces 44.5% of the intake of total phenolic compounds in the organism when compared to the consumption of fruit with skin. Consumption of without skin apples provides the organism with 11% total antioxidant activity, while skin provides 89% more total antioxidant activity by the ABTS method. By the DPPH method, the consumption of the fruit flesh alone provides 16.7% of total antioxidant activity, while the consumption with skin provides an additional 82.3% of total antioxidant activity to the organism. The consumption of an apple fruit of the evaluated cultivars does not meet the daily recommended necessity for the organism, however, they are significant sources of mineral and antioxidants compounds.

Keywords: *Malus domestica*. Nutritional status. Functional compounds. Food nutrition.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Dias após a plena floração (DAPF), índice de iodo-amido (IA), firmeza de polpa (FP), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) em frutos de cultivares de macieiras na colheita. Caçador, SC, 2019. 40
- Tabela 2 - Atributos de cor na epiderme nas regiões mais vermelha e menos vermelha dos frutos [luminosidade (*L*), saturação (*C*) e tonalidade (*h*^o)], em cultivares de macieiras na colheita. Caçador, SC, 2019. 41
- Tabela 3 - Teores [mg kg⁻¹ de massa fresca (MF)] de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) na casca e polpa em frutos de cultivares de macieiras na colheita. Caçador, SC, 2019..... 42
- Tabela 4 - Valores das relações de Nitrogênio (N), Potássio (K) e Magnésio (Mg) com o Cálcio (Ca), na casca e polpa em frutos de cultivares de macieiras na colheita. Caçador, SC, 2019. 46
- Tabela 5 - Teores de antocianinas totais (ANT; mg cianidina 3-glicosídeo 100 g⁻¹) e atributos de cor [índice de cor vermelha (ICV; 1-4) e tonalidade (*h*^o)] na casca de frutos em cultivares de macieiras na colheita. Caçador, SC, 2019. 47
- Tabela 6 - Concentração de vitamina C [mg de ácido ascórbico (AA) 100 g⁻¹ de massa fresca (MF)] na casca e polpa em frutos de cultivares de macieiras na colheita. Caçador, SC, 2019. 49
- Tabela 7 - Teores dos compostos fenólicos totais [CFT; mg de equivalente ácido gálico (EAG) 100 g⁻¹ de massa fresca (MF)] na casca e polpa em frutos de cultivares de macieiras na colheita. Caçador, SC, 2019..... 51
- Tabela 8 - Atividade antioxidante total (AAT; μMol trolox 100g⁻¹ de MF), pelos métodos ABTS e DPPH, nos tecidos de casca e polpa em frutos de cultivares de macieiras na colheita. Caçador, SC, 2019. 53

ABREVIATURAS E SIGLAS

AAT	Atividade antioxidante total
ABPM	Associação Brasileira de Produtores de Maçã
ABTS	2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)
ANOVA	Análise da variância
ANT	Antocianinas totais
AT	Acidez titulável
C*	Saturação (cor)
Ca	Cálcio
CFT	Compostos fenólicos totais
CIE	Comissão Internacional de Iluminação
cm	Centímetro
CV	Coefficiente de variação
DAPF	Dias após a plena floração
DPPH	2,2-difenil-1-picrilhidrazila
EAG	Equivalente de ácido gálico
Epagri	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
ERO	Espécie reativa de oxigênio
FP	Firmeza de polpa
FRAP	Potencial Antioxidante Redutor Férrico
g	Grama
<i>h°</i>	Ângulo <i>hue</i>
H ₂ SO ₄	Ácido sulfúrico
H ₂ O ₂	Peróxido de hidrogênio
H ₃ BO ₃	Ácido bórico
hab	Habitante
HCl	Ácido clorídrico
IA	Iodo-amido
ICV	Índice de cor vermelha
IDR	Ingestão diária recomendada
K	Potássio
KCl	Cloreto de potássio
kg	Quilograma
<i>L*</i>	Luminosidade
L	Litro
La	Lantânio
Lb	Libra (Unidade de firmeza de polpa)
m	Metro
M	Molar
MAPA	Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
MF	Massa fresca
Mg	Magnésio
mg	Miligrama
mL	Mililitro
mm	Milímetro
mM	Milimolar
N	Newton (unidade de firmeza de polpa)

N	Normal (concentração de solução química)
N	Nitrogênio
n°	Número
NaOH	Hidróxido de sódio
Na ₂ CO ₃	Carbonato de sódio
nm	Nanômetro
OMS	Organização Mundial da Saúde
P	Fósforo
rpm	Rotação por minuto
SC	Santa Catarina
SS/AT	Relação sólidos solúveis/acidez titulável
SS	Sólidos solúveis
S	Sul
Trolox	6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico
Uniarp	Universidade Alto Vale do Rio do Peixe
UV	Ultravioleta
v/v	Volume por volume
WHO	World Health Organization
W	Oeste
μL	Microlitro
μMol	Micromol
° Brix	Grau Brix
° C	Grau Celsius

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1	A CULTURA DA MACIEIRA	19
2.2	CULTIVARES	20
2.3	O CONSUMO DA MAÇÃ E SEUS BENEFÍCIOS	21
2.4	COMPOSTOS MINERAIS	23
2.5	COMPOSTOS ANTIOXIDANTES	25
3	MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1	LOCALIZAÇÃO	29
3.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	30
3.3	DETERMINAÇÃO DO ESTÁDIO DE MATURAÇÃO DOS FRUTOS	31
3.4	PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS	33
3.5	OBTENÇÃO DO EXTRATO E QUANTIFICAÇÃO DOS MINERAIS	33
3.6	OBTENÇÃO DO EXTRATO E QUANTIFICAÇÃO DE ANTOCIANINAS TOTAIS	34
3.6	OBTENÇÃO DO EXTRATO E QUANTIFICAÇÃO DE VITAMINA C	35
3.7	OBTENÇÃO DO EXTRATO E QUANTIFICAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS	36
3.8	OBTENÇÃO DO EXTRATO E QUANTIFICAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE TOTAL	36
3.9	ANÁLISE ESTATÍSTICA	37
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1	ESTÁDIO DE MATURAÇÃO DOS FRUTOS	39
4.2	TEORES MINERAIS	41
4.3	ANTOCIANINAS TOTAIS	47
4.4	VITAMINA C	49
4.5	COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS	51

4.6	ATIVIDADE ANTIOXIDANTE TOTAL.....	52
5	CONCLUSÕES.....	55
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

1 INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta rica biodiversidade destacando-se devido à existência de diversas frutas, com diferentes atrativos de cor, aroma, formato e valor nutricional. O consumo de frutas e verduras vem se tornando cada dia mais popular, fornecendo componentes essenciais para a dieta humana, como minerais, fibras, vitaminas, carboidratos e proteção antioxidante (FIB, 2009).

A maçã se destaca devido aos atributos de qualidade internas, como doçura, acidez, textura, aroma e propriedades funcionais, quanto externos, como coloração vermelha da epiderme, tamanho, formato, ausência de defeitos ou danos mecânicos, tornando umas das frutas fresca mais apreciadas pelos consumidores (FURLAN et al., 2010; LIU; ZHANG; ZHAO, 2013).

As frutas estão entre os alimentos mais estudadas quando o assunto é sobre benefícios para a saúde humana. Devido à grande busca em qualidade de vida as pessoas estão encontrando estes benefícios através de alimentos funcionais. Em especial, as maçãs são ricas em compostos minerais e funcionais e apresentam grande contribuição no aporte de antioxidantes (BOYER; LIU, 2004; DENNY; BUTTRISS, 2005). Os teores minerais e as substâncias antioxidantes, como a vitamina C e os compostos fenólicos, apresentam variações entre as cultivares de maçãs e, geralmente apresentam maiores concentrações na casca em relação à polpa dos frutos (MANACH et al., 2004; BANDEIRA, 2009; BRUNETTO et al., 2015; STANGER et al., 2017; 2018).

O organismo humano não possui capacidade de sintetizar minerais e vitamina C (ácido ascórbico), sendo necessário a ingestão de alimentos que contenham fontes significativas destas substâncias, como as frutas e verduras, suprimindo a necessidade diária, para que o organismo se mantenha em bom funcionamento (FIORINI, 2008; TARRAGO-TRANI; PHILLIPS; COTTY, 2012). Os antioxidantes mais encontrados e ativos nos vegetais são os compostos fenólicos, principalmente o grupo dos flavonoides. Esses compostos estão se tornando cada vez mais importantes no quesito alimentação saudável, pois estão associados à potencialização dos efeitos promotores da saúde humana, através da prevenção de inúmeras doenças (DENNY; BUTTRISS, 2005; PRADO, 2009).

Nos últimos anos, diversas cultivares de maçãs foram lançadas pelo programa de melhoramento genético da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri). A maior parte dessas cultivares são adaptadas às condições climáticas das regiões produtoras do sul do Brasil e apresentam resistência a algumas das principais doenças

que acometem a cultura da macieira. Além disso, o cultivo comercial dessas cultivares possibilitariam maior diversificação das áreas de cultivo e de opções para o mercado consumidor, com frutos de características distintas (DENARDI; CAMILO; KVITSCHAL, 2013). Atualmente, as informações acerca das características funcionais dos frutos estão restritas principalmente aos clones de ‘Gala’ e ‘Fuji’, que são as principais cultivares de maçãs cultivadas no Brasil, ou então a outras cultivares, que não são recomendadas para plantio no país (DROGOUDI; MICHAELIDIS; PANTELIDIS, 2008; STANGER et al., 2017).

O objetivo deste trabalho foi quantificar os teores minerais, teores de compostos fenólicos totais, vitamina C e atividade antioxidante total na casca e polpa, e antocianinas totais na casca, entre frutos de cultivares de maçãs com potencial de produção no Sul do Brasil.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A CULTURA DA MACIEIRA

A maçã é a fruta de clima temperado de maior dispersão, comercialização e consumo como fruta fresca no mundo, sendo a quarta frutífera mais produzida, ficando atrás somente dos citros, uva e banana (HAUAGGE; BRUCKNER, 2002; FURLAN et al., 2010). Pertencente à família Rosaceae, abrange mais de 2.000 espécies e cerca de 100 gêneros, sendo a *Malus domestica* Borkh explorada comercialmente. Originária entre o Cáucaso e o leste da China, adapta-se a diferentes condições climáticas, porém são típicas de clima temperado (IAC, 2014).

Atualmente, a produção nacional de maçãs está concentrada nos estados do Sul do Brasil, destacando-se o Paraná, na região de Palmas, Santa Catarina, nas regiões de São Joaquim e Fraiburgo, e Rio Grande do Sul, na região de Vacaria (PETRI; SEZERINO; MARTIN, 2018). A cultura da macieira tem-se expandido para outras regiões de cultivo de frutas de clima temperado, porém, as três regiões mais frias do sul do Brasil continuam sendo as áreas de maior concentração do cultivo. No ano de 1998 o Brasil passou a ser autossuficiente na cultura, passando de um país importador a exportador de maçã, sendo considerado um momento de grande importância para o país (PETRI et al., 2011).

Os principais fatores que tornaram o Brasil autossuficiente na produção de maçã foram as regiões com condições climáticas favoráveis, disponibilidade de terras, desenvolvimento de variedades modernas e adaptadas às regiões, preocupações com produtividade e conservação dos frutos, desenvolvimento de técnicas no manejo, embalagens e melhorias na cadeia de frio (BITTENCOURT et al., 2011; KVITSCHAL; HAWERROTH; BRIGHENTI, 2018). Apenas uma pequena fatia da produção de maçã é consumida diretamente na colheita, a maior parte é armazenada por longos períodos, garantindo o fornecimento constante de frutos com qualidade durante o ano (DAVEY; AUWERKERKEN; KEULEMANS, 2007).

Nos últimos anos, a produção brasileira de maçãs variou de aproximadamente um milhão a um milhão e duzentas mil toneladas (ARGENTA et al., 2015), envolvendo mais de três mil produtores e gerando em torno de 150 mil empregos diretos e indiretos na atividade (PETRI et al., 2011). O destino das maçãs produzidas no Brasil nos últimos anos tem sido o consumo *in natura* interno (67,6%), consumo *in natura* externo (7%) e industrialização na produção de suco e outros derivados (25,4%) (ARGENTA et al., 2015). Para a satisfação dos consumidores, as maçãs passam por um rigoroso processo de seleção e classificação, atendendo as exigências no consumo da fruta *in natura*. Quando os frutos não se adequam na classificação

são destinados à industrialização para a produção de sucos, geleias, doces, frutas cristalizadas, polpa, destilados, entre outros subprodutos (SIMIONI; PEREIRA, 2018).

A cultura da maçã foi pioneira no Brasil, quando se fala em processo produtivo organizado, conforme as normas técnicas de produção integrada, por meio de normativas do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), resultando na redução do uso de agroquímicos. A importância da fruta se dá através de diversos fatores, principalmente os relacionados à questão de saúde (BRDE, 2011).

A cadeia produtiva da maçã possui grande importância na cadeia agroalimentar do país. Neste ramo está presente elevado número de pequenos e médios produtores, os quais não possuem perfil empresarial, necessitando entregar seus produtos às empresas com maior estrutura de beneficiamento. Grande parte destes produtores já se organizam em cooperativas ou associações para obterem melhores condições produtivas e conseguirem competir no mercado com os grandes grupos empresariais. Estes grupos empresariais cultivam grandes áreas, possuem estruturas de classificação, embalagem, câmaras frigoríficas para armazenamento e locais de comercialização (BITTENCOURT et al., 2011; SIMIONI; PEREIRA, 2018).

2.2 CULTIVARES

As principais cultivares de maçãs produzidas no Brasil são ‘Gala’ e ‘Fuji’ e seus clones coloridos, as quais representam em torno de 60% e 30% da produção, respectivamente, e apenas 10% de outras cultivares (PETRI et al., 2011; EMBRAPA, 2013). Ambas são cultivares com elevado padrão de qualidade, suprimindo o mercado interno e, internacionalmente bem-conceituadas, possibilitando a exportação, em torno de 55,4 mil toneladas no ano de 2017 (ANUÁRIO, 2018).

Fundamentar a pomicultura nacional em apenas duas cultivares traz vulnerabilidades para o produtor, necessitando de maior quantidade de mão de obra para as atividades do pomar, que se concentram em determinadas épocas (poda, raleio, tratamentos fitossanitários, colheita). Outras vulnerabilidades são ocorrências de surtos de pragas, doenças e condições climáticas adversas. Diversificar as áreas com outras cultivares, resulta na oferta de maior opção ao mercado consumidor, em termos de frutos com qualidades diferenciadas. Ademais, os tratamentos culturais e a colheita podem ser escalonados, além de possibilitar a oferta de frutas frescas durante um período maior, e quando eventualmente ocorrerem perdas significativas em determinada cultivar, outras podem suprir parte da perda, minimizando os prejuízos aos

produtores (BRIGHENTI et al., 2017; KVITSCHAL et al., 2019). Petri et al. (2011) afirmaram que o crescimento e sucesso da cultura da macieira no Brasil está relacionado aos avanços tecnológicos, sendo que um destes principais avanços, é a introdução de novas cultivares adaptadas ao clima sul brasileiro e resistentes às principais doenças e pragas.

Neste sentido, há mais de três décadas a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), desenvolveu novas cultivares que estão no mercado, e vem trabalhando com materiais em etapas avançadas de avaliação, com potencial de lançamento como novas cultivares de macieira nos próximos anos (DENARDI; CAMILO; KVITSCHAL, 2013; KVITSCHAL et al. 2018; KVITSCHAL; HAWERROTH; BRIGHENTI, 2019).

As cultivares desenvolvidas e lançadas no Brasil possuem atributos agronômicos que lhes conferem vantagens, tais como o desenvolvimento de genótipos mais adaptados, pois todo o processo de seleção direciona-se especificamente para os problemas que ocorrem nas regiões produtoras do país. A maior parte das cultivares lançadas apresentam também resistência a doenças, especialmente à sarna da macieira (*Venturia inaequalis*) e à mancha foliar de glomerella (*Colletotrichum gloeosporioides*). Outros alvos do melhoramento são plantas com alta produção de flores e frutificação efetiva, resultando em alto potencial produtivo e diminuição de alternância de produção (EMBRAPA, 2013; KVITSCHAL; HAWERROTH; BRIGHENTI, 2018).

2.3 O CONSUMO DA MAÇÃ E SEUS BENEFÍCIOS

Os temas relacionados à saúde e alimentação assumiram destaque na sociedade contemporânea. Há uma crescente preocupação da população em relação à alimentação saudável com a finalidade de prevenir problemas de saúde. A ‘World Health Organization’ (WHO) recomenda o consumo de no mínimo 400 gramas de frutas e legumes por dia (WHO, 2016). As frutas e vegetais são ricos em compostos que desempenham funções antioxidantes, os quais estão associados à potencialização dos efeitos promotores da saúde humana através da prevenção de doenças (BOYER; LIU, 2004).

Os consumidores, no momento da compra, avaliam inicialmente atributos relacionados à aparência, como tamanho, formato, cor e ausência de defeitos nos frutos. Apenas após a compra, durante o consumo, os atributos internos de qualidade, como ausência de distúrbios fisiológicos na polpa, textura e sabor, serão avaliados. Este momento é determinante na decisão da realização de uma nova compra, principalmente se esses atributos estiverem também associados à benefícios na saúde do consumidor (MUSACCHI; SERRA, 2018). Rech, Cario e

Augusto (2014) concluíram que o consumo *per capita* de maçã dos brasileiros passou de 4,70 kg hab⁻¹ em 2001 para 6,75 kg hab⁻¹ em 2011. Contudo, apesar do aumento nos últimos anos, ainda é considerado muito baixo, quando comparado com o consumo de outros países, como Áustria (32,8 kg hab ano⁻¹), Turquia (71,7 kg hab ano⁻¹) e Bélgica (28,7 kg hab ano⁻¹) (BITTENCOURT et al., 2011).

Uma das formas de aumento no consumo é melhorar o poder aquisitivo das classes de trabalhadores menos favorecidos (MELLO, 2018). Outra forma, seria a implantação de projetos e propagandas de *marketing*, com intuito de atingir todas as classes sociais, principalmente apresentando os benefícios do consumo da fruta à saúde do ser humano, aumentando o consumo no país. A disponibilização de um maior número de cultivares também tende a promover um aumento no consumo, pois, devido a oferta de frutos com características organolépticas distintas, atenderia às diversas preferências dos consumidores.

Em outubro de 2017, a Associação Brasileira de Produtores de Maçã (ABPM) iniciou uma campanha nas mídias digitais, visando promover o consumo de maçã no país. Foi criado o chamado Clube da Maçã Brasileira, com foco na conscientização sobre os benefícios do consumo da fruta para a saúde, incentivos para a inclusão na culinária como ingrediente tradicional, informações econômicas e culturais. Postagens em redes sociais do clube informam ao consumidor sobre os benefícios da maçã devido ao seu sabor, praticidade para o consumo e segurança alimentar (ANUÁRIO, 2018).

Os benefícios do consumo da maçã para a saúde, tanto *in natura*, quanto em seus produtos industrializados são muitos. O seu consumo está relacionado à prevenção de diabetes tipo II (SONG et al., 2005), diversos tipos de câncer, como leucemia, ovário, mama, pulmão, fígado e boca (RAMOS, 2007) e doenças cardiovasculares (SETORKI et al., 2009). Têm-se ainda descrito que maçãs apresentam ação anti-inflamatória (ANDRE et al., 2012) e antiviral (HE et al., 2011), e podem ser utilizadas na prevenção da obesidade (BOQUÉ et al., 2013). A maçã também é composta por um conjunto de substâncias que previnem a formação de radicais livres, tais como substâncias com alto poder antioxidante, alto teor de vitamina C, bem como de vitaminas A, B1, B2, B3 e minerais (BANDEIRA, 2009).

Características como o teor de vitamina C, compostos fenólicos e composição mineral dos frutos estão relacionadas não apenas à sua qualidade nutricional e benefícios ao organismo humano, mas também ao comportamento pós-colheita, podendo influenciar sua suscetibilidade a distúrbios fisiológicos e capacidade de armazenamento. Além disso, a capacidade antioxidante dos frutos está relacionada ao seu potencial para utilização na indústria, tanto em

alimentos minimamente processados, quanto na produção de sucos, geleias, doces e subprodutos.

2.4 COMPOSTOS MINERAIS

Nas pesquisas para determinar os componentes das plantas que trazem benefícios para a saúde, as frutas e hortaliças estão entre os principais pontos de estudos. Estes alimentos são fontes de minerais, fibras, vitaminas e ricos em compostos bioativos (DENNY; BUTTRISS, 2005).

O corpo humano é composto por minerais, água, proteínas, lipídios, carboidratos e vitaminas, cada um destes componentes apresenta funções e características especiais para o funcionamento do organismo. De todos os compostos, os minerais representam 4 a 5%, sendo o cálcio responsável por até a metade deste valor. Considerado o mineral mais abundante do organismo, o Ca está presente em 90% no esqueleto e o restante, dividido entre os músculos e o plasma sanguíneo. O mineral é considerado primordial no controle da permeabilidade da membrana celular, possui ligação nas contrações das fibras musculares, liberação de hormônios e mediadores do sistema nervoso, assim como na coagulação do sangue (FIORINI, 2008).

A hipocalcemia (carência de cálcio) é rara, porém as carências moderadas são frequentes. Os efeitos causados pela carência de cálcio em nível ósseo incluem raquitismo, osteoporose e retardamento no crescimento. Em nível muscular incluem formigamentos, contrações musculares e entorpecimento dos membros. A recomendação diária de cálcio para crianças e adolescentes, de 9 a 18 anos, é de 1.300 mg; adultos, 19 a 50 anos, 1.000 mg; e pessoas com mais de 50 anos, 1.200 mg (FIORINI, 2008). Brasil (2005) recomenda para adultos, a ingestão de cálcio de 1.000 mg, para lactentes, de 0 a 11 meses, de 300 a 400 mg e crianças, de 1 a 10 anos, de 500 a 700 mg por dia.

O fósforo possui papel estrutural na célula e constituintes das membranas celulares, desempenha papel na célula como fonte de energia sob forma de ATP (adenosina trifosfato) e em numerosas atividades enzimáticas. Este mineral está presente no corpo humano, juntamente com o cálcio, no esqueleto, cerca de 70 a 85%, e nos tecidos moles, fígado, baço e músculos (FIORINI, 2008; MONTEIRO; VANNUCCHI, 2010). A ingestão diária do mineral recomendada para lactente (0 a 11 meses) é de 100 a 275 mg, para crianças de 1 a 6 anos, 480 mg e, 7 a 10 anos, ingestão de 1.250 mg. Para adolescentes e adultos diariamente recomenda-se 700 mg, e 1.250 mg para grávidas e lactantes (BRASIL, 2005; MONTEIRO; VANNUCCHI, 2010).

O magnésio está envolvido no metabolismo do cálcio, na síntese da vitamina D e na integridade da formação da estrutura mineral do esqueleto ósseo. É requerido para o metabolismo de carboidratos, de proteínas e de lipídeos. É vital para a saúde dos tecidos musculares e nervoso, atua regulando a atividade de mais de 300 reações enzimáticas, na duplicação dos ácidos nucleicos, na transmissão de influxo nervoso, excitabilidade neural e age sobre as trocas iônica da membrana celular. Os sintomas da deficiência de magnésio podem ser representados por náuseas, fraqueza muscular, letargia e, se for uma deficiência prolongada perda de peso excessiva, irritabilidade, espasmos musculares e até convulsões (FAO; WHO, 2001). A ingestão diária recomendada do mineral para adultos é de 260 mg, crianças de 1 a 10 anos, de 60 a 100 mg, gestantes de 220 mg e lactantes de 270 mg (BRASIL, 2005).

O potássio é o cátion intracelular de maior importância, contribui para o metabolismo e para a síntese de proteínas e glicogênio. Controla os níveis de pH, pressão osmótica e o balanço hídrico nos espaços corporais, através da bomba de sódio-potássio, e a pressão sanguínea. Atua na atividade elétrica que leva a regular a função dos músculos e das células nervosa, e para o batimento cardíaco. No plasma sanguíneo, a quantidade do mineral é muito pequena, no entanto, a ausência total deste cátion é um sinal de déficit para o organismo. O crescimento é o período de maior necessidade do potássio. Baixas taxas de potássio no plasma sanguíneo é conhecida como hipocalemia. Os sintomas deste déficit são câimbras musculares, fraqueza, fadiga, dor abdominal e, em casos severos, aumento da pressão arterial e distúrbios do ritmo cardíaco. A ingestão de potássio recomendada para pessoas adultas é 4.700 mg por dia (FIORINI, 2008).

Em estudo com frutos coletados anualmente durante 16 anos (1991 à 2007) em pomares, nos municípios de Fraiburgo e São Joaquim, no estado de Santa Catarina, e no município de Vacaria, estado do Rio Grande do Sul, Amarante et al. (2012) verificaram os teores médios dos minerais em massa fresca de uma cunha com casca e sem a parte central do carpelo, na cultivar Gala para Ca, K, Mg, N e P, de 47, 1.028, 52, 419 e 116 mg kg⁻¹ e para a 'Fuji' de 41, 1.043, 46, 373 e 116 mg kg⁻¹, respectivamente. Após, determinaram as relações dos minerais com o Ca, verificaram valores médios de N/Ca e (K+Mg)/Ca para Gala, de 10 e 24, e para Fuji, de 10 e 28, respectivamente.

Os teores minerais e as relações entre eles, em maçãs, variam dependendo da cultivar, do ciclo de produção e região de cultivo (AMARANTE et al., 2012; BRUNETTO et al., 2015). Ainda que existam informações disponíveis acerca dos teores médios de minerais nas cultivares Gala e Fuji, pouco se sabe acerca da concentração desses minerais nas cultivares lançadas recentemente no Brasil.

2.5 COMPOSTOS ANTIOXIDANTES

A vitamina C (ácido ascórbico) é um potente antioxidante hidrossolúvel (DROGOUDI; MICHAILEDIS; PANTELIDIS, 2008). A deficiência nutricional da vitamina C no organismo humano é responsável pela ocorrência da enfermidade conhecida como escorbuto, caracterizada pela dificuldade de cicatrização de feridas, anemia, sangramento da gengiva e fadiga, podendo até mesmo levar à morte (PHILLIPS et al., 2010). Essa vitamina tem função antioxidante, facilita a absorção intestinal e à manutenção no plasma sanguíneo do mineral ferro. Também é cofator de processos fisiológicos tais como síntese de carnitina, hidroxilação de prolina e lisina, na síntese de colágenos, tecidos conjuntivos e ativação de hormônios peptídicos (TARRAGO-TRANI; PHILLIPS; COTTY, 2012).

O ser humano é totalmente dependente da ingestão de vitamina C, pois o organismo é incapaz de sintetizar esta vitamina (TARRAGO-TRANI; PHILLIPS; COTTY, 2012). No Brasil, a ingestão diária recomendada (IDR) de vitamina C para uma pessoa adulta é de 45 mg, para crianças de 1 a 10 anos de 30 a 35 mg, para gestantes de 55 mg e para lactantes de 70 mg da vitamina (BRASIL, 2005).

Hortaliças e frutas em gerais, são as principais fontes de vitamina C (PHILLIPS et al., 2010). No entanto, alguns estudos demonstram que menos de 0,4% da atividade antioxidante em maçãs é atribuído ao teor de vitamina C, indicando que outras moléculas orgânicas, tais como compostos fenólicos, são os principais contribuintes (DROGOUDI; MICHAILEDIS; PANTELIDIS, 2008).

Diversos benefícios na prevenção de doenças crônicas são evidenciados com o consumo de frutas, geralmente pelo alto teor de antioxidantes. Os antioxidantes são fitoquímicos abundantes que impedem processos durante o desenvolvimento de doenças cardiovasculares e câncer (DENNY; BUTTRISS, 2005). Nas dietas europeias e norte-americanas, as maçãs são os grandes contribuintes dos compostos fenólicos, sendo a casca a parte do fruto com maiores teores de compostos fenólicos (WOLFE; WU; LIU, 2003; STANGER et al., 2017; 2018).

Um dos alimentos sobre o qual mais existem estudos precisos sobre a composição de compostos fenólicos é a maçã. A diferença na composição dos compostos fenólicos entre as cultivares podem variar de 0,1 a 0,5 g de compostos fenólicos totais por quilogramas de peso fresco, e algumas variedades para cidras, por exemplo, podem chegar até 10 g de compostos fenólicos kg⁻¹ de peso fresco (GUYOT et al., 1998).

A capacidade antioxidante e os compostos fenólicos totais não estão uniformemente distribuídos nos tecidos dos frutos. Trabalhos evidenciaram maior quantidade de compostos fenólicos na casca em relação à polpa (FELICETTI; MATTHEIS, 2010; STANGER et al., 2017; 2018). Além disso, essas propriedades apresentam grande variação entre cultivares (JAKOBEK; GARCÍA-VILLALBAB; TOMÁS-BARBERÁN, 2013; PANZELLA et al., 2013; STANGER et al., 2017; 2018).

A coloração vermelha na casca da maçã é o resultado de uma mistura de diferentes pigmentos. Esta coloração é produzida pelas antocianinas pertencentes ao grupo dos flavonoides, presentes nos vacúolos dos frutos. Em maçãs, as antocianinas são derivadas da cianidina. Os frutos da macieira têm seu crescimento por até seis meses, durante este período de desenvolvimento, ocorrem mudanças nas concentrações e nos níveis de antocianinas, destacando-se dois momentos principais na produção de cianidina: em frutos jovens, durante o período de divisão celular; quando o fruto ainda está verde, o qual não possui importância econômica e significado biológico desconhecido e outro, durante o amadurecimento dos frutos, ocorrendo a coloração vermelha, possuindo importância econômica devido a indicação do ponto de maturação para início da colheita (LANCASTER; DOUGALL, 1992). Na casca, alguns compostos específicos, como as antocianinas em cultivares coloridas, aumentam quando a fruta está próxima da maturidade (BIZJAK et al., 2013).

Nas plantas, as antocianinas desempenham diversas funções, como proteção a ação da luz UV durante a divisão celular, função biológica, antioxidante e mecanismos de defesa. Outra função, ainda mais importante, devido à coloração intensa, atrai polinizadores nas folhas e dispersores de sementes dos frutos (LOPES et al., 2007). Nos vegetais, o tipo e a quantidade de antocianinas sofrem influências conforme os sistemas de cultivo, tempo de plantio, métodos de colheita e exposição do fruto a radiação. A comparação dos teores de antocianinas pode gerar resultados distintos entre diferentes cultivares da mesma espécie, como no caso da maçã (SIRIWOHARN et al., 2004).

Atualmente observa-se aumento no interesse do uso da antocianina em indústrias farmacêuticas, cosméticas e alimentícias. A antocianina, além da função de corante natural, apresenta benefícios à saúde humana, incluindo propriedades anti-inflamatórias, antioxidantes, diminuição dos riscos de câncer e doenças cardiovasculares (CARDOSO; LEITE; PELUZIO, 2011).

Os antioxidantes podem ser encontrados no organismo humano, sendo produzidos endogenamente ou adquiridos em alimentos. São substâncias que podem prevenir, retardar ou remover danos oxidativos dos lipídios, proteínas e ácidos nucleicos, causados por espécies

reativas de oxigênio (EROs), que incluem os radicais livres. Três grandes grupos: vitaminas, carotenoides e compostos fenólicos estão relacionados com os efeitos antioxidantes presentes naturalmente nas frutas. Antioxidantes podem prevenir doenças causadas por radicais livres no organismo, tais como doenças degenerativas associadas ao envelhecimento como o câncer, disfunções cerebrais e declínio do sistema imune (BRITO et al., 2009; DIAS; MOURA; D'ANGELIZ, 2010; COTINGUIBA et al., 2013).

A qualidade funcional dos frutos não depende apenas dos teores de nutrientes disponíveis no momento da colheita, mas sim das mudanças ocorridas no manejo pós-colheita, condições de armazenamento e processamento (DAVEY et al., 2000; LEE; KADER, 2000; STANGER et al., 2017), os quais devem ser realizados de modo a minimizar alterações, mantendo o máximo possível a qualidade com que os frutos foram colhidos.

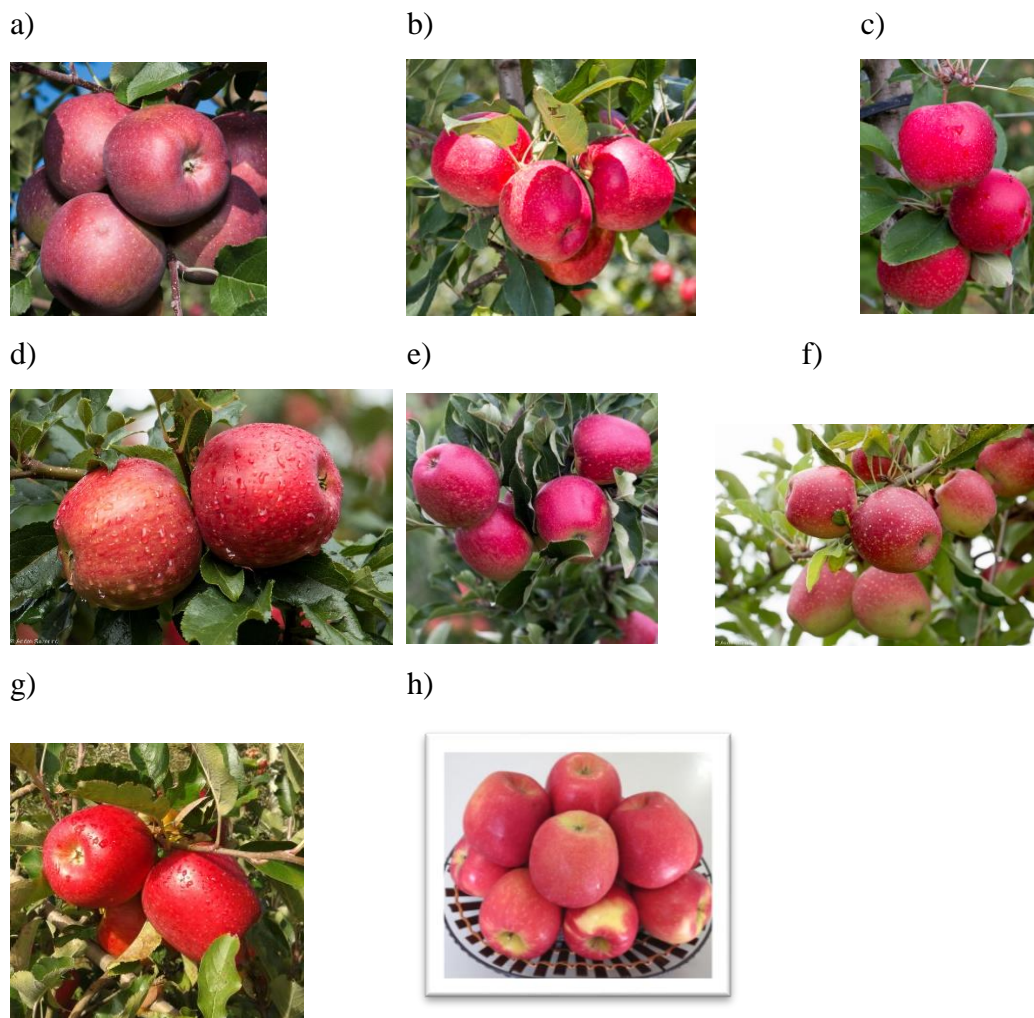
3 MATERIAL E METÓDOS

3.1 LOCALIZAÇÃO

Utilizou-se frutos provenientes de pomar experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), Estação Experimental de Caçador, SC (26°49'07,0859" S e 50°59'06,7278" O; altitude: 960 m), na safra 2018/2019. A precipitação pluvial média anual é cerca de 1.700 mm, com média histórica de acúmulo de frio hibernar (<7,2°C) de 557 horas ano⁻¹, e variação desde 360 a 900 horas ano⁻¹ (PETRI et al., 1996). O acúmulo de frio (<7,2°C) em 2018 foi de 579 horas ano⁻¹, ficando próxima à média histórica (PETRI et al., 2018). O clima dessa região caracteriza-se como temperado constantemente úmido, com verão ameno, segundo classificação climática de Köppen, do tipo “Cfb” (PANDOLFO et al., 2002).

Foram utilizados frutos das cultivares Epagri 405 Fuji Suprema (mutação Fuji), Epagri 407 Lisgala (mutação Gala), SCS 417 Monalisa (Gala♀ x Malus 4♂), SCS 425 Luiza (Imperatriz♀ x Cripps Pink♂), Daiane (Gala♀ x Princesa ♂), SCS 426 Venice (Imperatriz♀ x Baronesa♂), SCS 427 Elenise (Imperatriz♀ x Cripps Pink♂) e da seleção avançada M.10-09 (Imperatriz♀ x Cripps Pink♂) (Figura 1), de mesmo pomar implantado em agosto de 2012, com densidade de plantio de 2.500 plantas ha⁻¹, sobre porta-enxerto M-9, conduzidas no sistema de líder central, espaçadas em 1,0 m entre plantas e 4,0 m entre linhas. As práticas de manejo utilizadas no pomar foram realizadas conforme as recomendadas para o Sistema de Produção da Macieira (EPAGRI, 2018).

Figura 1 – Características visuais de maçãs cultivares Epagri 405 Fuji Suprema (a), SCS 417 Monalisa (b), Epagri 407 Liscala (c), SCS 425 Luiza (d), Daiane (e), SCS 426 Venice (f), SCS 427 Elenise (g), e da Seleção avançada M.10-09 (h).



Fonte: Arquivo pessoal Dr. André Amarildo Sezerino, 2018.

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

As análises para a caracterização do estágio de maturação inicial foram realizadas utilizando frutos do ciclo agrícola 2018/2019, os quais foram selecionados aleatoriamente após a colheita, totalizando cinco repetições constituídas por cinco frutos cada. Determinou-se a cor da epiderme em escala visual e colorímetro, a firmeza de polpa (FP), teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e teste de iodo-amido, no Laboratório de Fisiologia Pós-colheita, localizado na Epagri - Estação Experimental de Caçador, no dia seguinte da colheita de cada cultivar. Com os dados de SS e AT também foi calculada a relação SS/AT.

Foram selecionadas aleatoriamente mais cinco repetições de cada cultivar constituídas por 10 frutos, para a determinação dos teores minerais de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) e, os teores de antocianinas totais (ANT) no laboratório de Ensaio Químico, localizado na Epagri - Estação Experimental de Caçador, SC; compostos fenólicos totais (CFT) e vitamina C, analisadas no Laboratório de Química, da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP), *Campus* Caçador, SC e, análise da atividade antioxidante total (AAT), pelos métodos ABTS e DPPH, no Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-colheita, do CAV/UDESC, no município de Lages, SC. As amostras para os minerais, foram analisadas no mesmo dia da colheita de cada cultivar. As amostras para as análises de ANT, CFT, Vit C e AAT foram congeladas em ultrafreezer (marca Coldlab, modelo CL 800-86V), em temperatura de $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$. As análises de CFT e Vitamina C foram realizadas cinco dias após a colheita de cada cultivar e as de AAT e ANT foram realizadas no mês de abril, ao final da colheita de todas as cultivares.

3.3 DETERMINAÇÃO DO ESTÁDIO DE MATURAÇÃO DOS FRUTOS

A cor da epiderme [vermelha e cor de fundo (amarela)] foram determinadas com colorímetro eletrônico Konica Minolta[®], modelo CR300 (Tóquio, Japão). As leituras foram realizadas na região equatorial dos frutos por meio do sistema CIE, utilizando o espaço de cor L^* , a^* e b^* . Após foram transformados para o espaço de cor L^* , C^* e h^* , [luminosidade (L^*), saturação (croma C^*) e ângulo 'hue' (h°)]. C^* e h^* foram obtidos conforme as equações (1) e (2), apresentadas por Konica Minolta (2007) e Schanda (2007), sendo que L^* (luminosidade) representa cores claras e escuras; C (croma); representa a saturação, quanto maior a saturação mais pura é a cor; e h° (tonalidade) definido e expresso em graus (0° = vermelho; 90° = amarelo; 180° = verde; e 270° = azul) (KONICA MINOLTA, 2007).

(1)

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

(2)

$$h^{\circ} = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right)$$

Além da determinação da cor com uso do colorímetro, foi avaliada o índice de cor vermelha (ICV), por meio de uma escala visual, com base na porcentagem da superfície do fruto com coloração vermelha na epiderme, atribuindo notas 1: 0 a 25%; 2: 26 a 50%; 3: 51 a 75%; e, 4: 76 a 100% de coloração vermelha sobre a epiderme dos frutos.

A firmeza de polpa (FP) foi medida através de leitura direta em penetrômetro eletrônico motorizado (GÜSS Manufacturing Ltda., África do Sul), munido de ponteira de 11 mm de diâmetro, sendo determinada em lados opostos na superfície dos frutos, após a remoção de uma pequena porção da epiderme, com auxílio de uma lâmina. Os resultados foram expressos em N (Newton) (ARGENTA; VIEIRA; SCOLARO, 2010).

O teste de iodo-amido (IA) foi determinado após um corte transversal na região equatorial do fruto, emergindo a polpa por aproximadamente 30 a 60 segundos em solução com 12 g de iodo metálico e 24 g de iodeto de potássio em 1 L de água destilada. Após, aguardou-se 10 min e por comparação da área da polpa que reagiu com o iodo, determinou-se o ponto de maturação dos frutos, utilizando a tabela de fotografias apresentada por Argenta (2006), onde o índice 1 indica o teor máximo de amido (fruto verde) e o índice 9 representa o amido totalmente hidrolisado (fruto maduro).

Após o processamento em espremedor centrífugo tipo Champion (Plastaket Mgf, CA, EUA) dos tecidos de dois cortes transversais dos frutos que constituíam as repetições realizou-se a leitura dos sólidos solúveis (SS), diretamente em refratômetro digital com compensação automática de temperatura, modelo PR101 α (Atago[®], Japão). Os resultados foram expressos em °Brix. Utilizando o mesmo suco, foi ainda determinada a acidez titulável (AT), através de 10 mL do suco, diluído em 20 mL de água destilada e três gotas de fenolftaleína como indicador do ponto de viragem, determinando a % de ácido málico através da titulação com solução de NaOH 0,1 N até o ponto de viragem, caracterizado pela coloração rosa (ARGENTA; VIEIRA; SCOLARO, 2010). A determinação da AT (%) foi realizada conforme a equação (3), recomendada por Brasil (1986).

(3)

$$AT = \frac{n \times N \times Eq}{10 \times V}$$

Onde:

n = volume da solução de NaOH 0,1 N gastos na titulação em mL.

N = normalidade da solução de NaOH (0,1 mol L⁻¹).

Eq = equivalente-grama do ácido (ácido málico: 67,04).

V = volume da amostra em mL.

3.4 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

A porção casca foi constituída de uma fina camada da epiderme de toda a superfície dos frutos, de forma manual com auxílio de lâminas cortantes, evitando resquícios de polpa. A porção polpa foi constituída de fatia longitudinal de 1 cm de espessura, em forma de cunha, sem casca e sem a parte central do carpelo, removida de forma manual com auxílio de lâminas cortantes.

Com auxílio de um mixer Philco 700 watts, realizou-se, separadamente, o processamento (trituração) das porções removidas dos frutos que constituíam as amostras. Após o processamento, as amostras de casca e polpa foram acondicionadas em saquinhos plásticos de polietileno transparentes, com dimensões de 10x15 cm, recobertos com papel alumínio e imediatamente armazenadas em ultrafreezer, em temperatura de -70 °C.

A quantificação dos teores minerais foi realizada na casca e polpa, separadamente, após o processamento das amostras. Para vitamina C, CFT e AAT, a quantificação foi realizada na casca e polpa, após o descongelamento das amostras. A quantificação de ANT foi realizada apenas na porção casca, após o descongelamento das amostras.

3.5 OBTENÇÃO DO EXTRATO E QUANTIFICAÇÃO DOS MINERAIS

Os teores minerais avaliados foram Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg). Os valores foram expressos em mg kg⁻¹ de massa fresca (MF), conforme metodologia descrita por Schweitzer e Suzuki (2013).

Pesou-se 5,0 g de massa fresca (MF) das partes trituradas dos frutos e então acondicionadas em tubos de vidro, os quais permaneceram em blocos de aquecimento no interior de capela de exaustão de gases.

Para determinação de N, as amostras foram solubilizadas em 1,0 g de catalizador, 5,0 mL de ácido sulfúrico concentrado (H₂SO₄) e 5 mL de peróxido de hidrogênio 30% (H₂O₂). Estas amostras permaneceram em blocos de aquecimento durante 1 hora e 30 min, aumentando a temperatura gradativamente até 335 °C. A completa digestão da matéria orgânica, caracterizou-se por um líquido incolor ou levemente esverdeado (SCHVEITZER; SUZUKI, 2013). Ao final do processo de digestão, aguardou-se as amostras ficarem em temperatura

ambiente, iniciando o processo de destilação das amostras, conforme o método semi-micro Kjeldahl (LABCONCQ, 2005). Adicionou-se gradativamente ao extrato digerido, restante no tubo, 20 mL de água destilada (H_2O) e 50 mL de hidróxido de sódio 5% (NaOH). Em seguida, transferiu-se o tubo para o destilador, conectando na extremidade de refrigeração do destilador um erlemeyer de 250 mL contendo 10 mL de solução de indicador ácido bórico (H_3BO_3). A destilação encerrou-se quando o volume do erlemeyer chegou a 50 mL, sendo em seguida titulado com ácido sulfúrico 0,05 N (H_2SO_4), até a mudança da cor esverdeada para rosa.

Para análise de P, K, Mg e Ca, as amostras foram solubilizadas em 1,5 mL de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) e 3,0 mL de peróxido de hidrogênio 30% (H_2O_2). Estas amostras permaneceram em blocos de aquecimento durante 1 hora e 30 min, aumentando a temperatura gradativamente até 220 °C. Um excedente de 1,5 mL de peróxido de hidrogênio foi adicionado lenta e gradativamente. A completa digestão da matéria orgânica foi caracterizada por um líquido completamente transparente. Ao final do processo de digestão, aguardou-se as amostras ficarem em temperatura ambiente e adicionou-se gradativamente ao extrato digerido, restante no tubo, 50 mL de água destilada (H_2O). Deste extrato inicial, pipetou 10 mL em tubos de ensaio, e adicionou 3,5 mL de La 0,4%, para a leitura do Ca. Da diluição realizada para o Ca, pipetou-se 1 mL em tubos ensaio e adicionou-se 15 mL de água destilada, para a leitura de K e Mg (SCHVEITZER; SUZUKI, 2013). Após as diluições, realizou-se as leituras de Ca, K e Mg em espectrofotômetro de absorção atômica, modelo AAnalyst 200, da marca PerkinElmer® (Waltham, EUA), quantificando os teores dos nutrientes. Do extrato inicial, pipetou-se 5,0 mL em tubos de ensaio, adicionou-se 5,0 mL de água destilada e 4,0 mL do indicador molibdato/vanadato, formando coloração amarelada a qual absorve onda de luz em 420 nm. Aguardou-se 30 min e realizou-se a leitura da absorbância em espectrofotômetro UV-visível, marca Varian® (Palo Alto, EUA) (SCHVEITZER; SUZUKI, 2013). Através dos valores da absorbância, quantificou-se os teores do nutriente em $mg\ Kg^{-1}\ MF$.

3.6 OBTENÇÃO DO EXTRATO E QUANTIFICAÇÃO DE ANTOCIANINAS TOTAIS

Utilizou-se a metodologia adaptada de Fuleki e Francis (1968). Pesou-se em balança de precisão 2,5 g de casca de cada amostra em tubos falcon, onde foi adicionado 15 mL de etanol 95%, acidificado com HCl, homogeneizado e deixado armazenado por 24 horas em temperatura de 3-4 °C. Após este período, realizou-se a centrifugação do extrato em centrifuga SOLAB SL-700, por 20 min a 6.000 rpm. O sobrenadante foi filtrado com bomba a vácuo, armazenado em tubos de vidro com tampa. Deste extrato filtrado, pipetou-se 2 mL,

transferindo-o em balão volumétrico de 25 mL, completando o volume com etanol 95%, acidificado. Os extratos foram homogeneizados manualmente e as leituras da absorvância realizada em espectrofotômetro de UV-visível, marca Varian® (Palo Alto, EUA), zerado com o solvente extrator, nos comprimentos de onda 535 e 700 nm. Através dos valores das absorvâncias quantificou-se os teores de ANT, sendo expressos em mg cianidina-3-glicosídeo 100 g⁻¹ de massa fresca (mg cian 3-glic 100 g⁻¹ MF).

3.6 OBTENÇÃO DO EXTRATO E QUANTIFICAÇÃO DE VITAMINA C

Foi realizada pelo método de iodometria com adaptações, conforme descrito por Freitas (2013). Em béqueres de 100 mL, sobre balança de precisão, pesou-se 1,25 g de casca e 1,25 g de polpa e foi adicionado 50 mL de metanol 70% (70:30 v/v). Aguardou-se 15 min, pipetou 1 mL em béqueres de 50 mL, e foi acrescentado 5 mL de solução de amido (1 g de amido solúvel para 100 mL de água quente) como indicador do ponto de viragem. Realizou-se a titulação com uma solução de iodo (10 mL da solução de iodo 2% para 140 mL de água destilada) até atingir o ponto de viragem, caracterizada pela coloração azul intenso.

Através do volume da solução de iodo titulada, os teores de vitamina C (ácido ascórbico) (C₆H₈O₆) foram quantificados, conforme a equação (4):

$$\text{Ácido ascórbico (mg/100 g)} = \frac{\text{VI} \times \text{MI} \times \text{MV}}{1000 \times \text{m}} \quad (4)$$

Onde:

VI: volume de solução de iodo gasto mL;

MI: concentração molar da solução de iodo (126,9 g mol⁻¹);

MV: concentração molar da vitamina C (176,13 g mol⁻¹);

m: massa inicial da amostra.

3.7 OBTENÇÃO DO EXTRATO E QUANTIFICAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS

Foi realizada conforme metodologia descrita por Singleton, Orthofer e Lamuela-Raventos (1999), com adaptações. Em balança de precisão, separadamente, pesou-se em béqueres de 50 mL 2,5 g de casca e 2,5 g de polpa, acrescentou-se 10 mL da solução de metanol 70% (70:30 v/v), permanecendo em temperatura ambiente durante 15 min. Em tubos de ensaio adicionou-se 1,0 mL do extrato, 2,0 mL de água destilada e 250 μ L (0,25 mL) do reagente de Folin-Ciocalteu. Após 3 min em temperatura ambiente, adicionou-se 250 μ L (0,25 mL) de solução de carbonato de sódio 7,5% (Na_2CO_3) e os extratos permanecidos em banho-maria por 30 min em temperatura de 37 °C. Os extratos de casca e polpa foram diluídos em 1 mL do extrato e 9 mL de água destilada (1:10).

A leitura de absorbância dos extratos foi realizada em espectrofotômetro UV-Visível M-51 marca BEL PHOTONICS, com comprimento de onda de 750 nm. Através da absorbância dos extratos quantificou os teores de CFT, e os resultados expressos em mg equivalente de ácido gálico (EAG) por 100 g de massa fresca ($\text{mg EAG } 100 \text{ g}^{-1} \text{ MF}$).

3.8 OBTENÇÃO DO EXTRATO E QUANTIFICAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE TOTAL

As amostras de casca foram maceradas em nitrogênio líquido e as de polpa aguardou-se o descongelamento. Em tubos falcon de 50 mL, pesou-se em balança de precisão 2,5 g de casca e 5 g de polpa. Essas foram homogeneizadas em ultraturrax modelo D-91126 (Schwabach, Alemanha), com 10 mL de metanol 50% (50:50, v/v), e deixados em repouso por 60 minutos. Após, as amostras foram centrifugadas em temperatura de 4 °C a 15.000 rpm durante 15 minutos. O sobrenadante foi filtrado em balões volumétricos de 25 mL. Ao resíduo, no tubo falcon, adicionou-se 10 mL de acetona 70% (70:30, v/v), deixando em repouso por mais 60 minutos, seguido de uma nova centrifugação com as mesmas condições. O sobrenadante da segunda centrifugação foi transferido para o balão volumétrico usado inicialmente, completando o volume para 25 mL com água destilada. Para os extratos das amostras de casca realizou-se a diluição de 1 mL de extrato para 9 mL de água destilada (1:10).

A determinação da AAT, pelo método ABTS (2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolína-6-ácido sulfônico), ($\mu\text{Mol trolox } \text{g}^{-1}$) foi realizada conforme metodologia descrita por Rufino et al. (2007a), com adaptações. O radical foi gerado a partir da reação da solução estoque de ABTS

(7 mM) com o persulfato de potássio (140 mM), mantido no escuro por 16 h em temperatura ambiente. Antes da análise, o radical ABTS foi diluído com álcool etílico até obter uma absorbância de $0,70 \pm 0,05$, no comprimento de onda de 734 nm. Foram transferidas alíquotas de 20 μL (0,02 mL) de cada diluição do extrato para tubos de ensaio com 2,0 mL do radical ABTS, e homogeneizadas manualmente. Após 6 min de reação, as leituras foram realizadas em espectrofotômetro UV-visível, marca Bel Photonics, modelo BEL2000-UV (Piracicaba, Brasil), no comprimento de onda de 734 nm. Utilizou-se álcool etílico como branco para calibrar o espectrofotômetro.

A determinação da AAT, pelo método DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazi), ($\mu\text{Mol trolox } 100 \text{ g}^{-1}$) foi realizada conforme metodologia descrita por Rufino et al. (2007b), com adaptações. O radical DPPH (0,06 mM) foi preparado no dia da avaliação, diluído em metanol 50%. Foi transferida uma alíquota de 50 μL (0,05 mL) do extrato hidro alcoólico para tubos de ensaio com 1,95 mL do radical DPPH e homogeneizadas manualmente. A leitura da absorbância foi realizada no comprimento de onda de 515 nm em espectrofotômetro UV-visível, marca Bel Photonics, modelo BEL2000-UV (Piracicaba, Brasil), após 30 min de reação com adição da amostra. Foi utilizado álcool metílico, como branco, para calibrar o espectrofotômetro.

3.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados de cada avaliação das cultivares foram submetidos à análise da variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Scott Knott ($p < 0,05$) através do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008) versão 5.6.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ESTÁDIO DE MATURAÇÃO DOS FRUTOS

Os índices de maturação para o período ideal de colheita variam conforme o destino dos frutos (ARGENTA; MARTIN; 2018). Quanto mais indicadores utilizados para determinar o ponto de colheita de maçãs, maior o poder na tomada de decisões. Alguns indicadores, tais como firmeza de polpa, índice de iodo-amido (IA), teores de sólidos solúveis, acidez titulável e cor de fundo da epiderme são considerados de grande importância para a determinação do momento da colheita, bem como para a tomada de decisão quanto ao destino dos frutos. Estes indicadores são os que mais se relacionam com a máxima qualidade sensorial e períodos de armazenamento e, devido ao baixo custo, rapidez e simplicidade, os mais utilizados pelos fruticultores (ARGENTA, 2006; ARGENTA; VIEIRA; SCOLARO, 2010; IAC, 2014).

O índice de IA encontrado nas cultivares Luiza (6,0) e Fuji Suprema (6,6) (Tabela 1) estão de acordo com os índices sugerido por Argenta e Martin (2018), que é de 5,1 a 7, para períodos curtos e médios de armazenamento (2 a 5 meses).

A firmeza de polpa (FP) das cultivares variou de 72,5 a 91,4 Newtons (N) (Tabela 1). Conforme o índice de FP sugerido por Argenta e Martin (2018), a seleção M.10/09 apresentou valores adequados para a comercialização logo após a colheita (57,8 a 66,7 N).

Os teores médios encontrados para os sólidos solúveis (SS) variaram de 10,8 ('Lisgala') a 16,6 °Brix ('Fuji Suprema') (Tabela 1). Conforme os teores de SS sugeridos por Argenta e Martin (2018) (13 a 16,5 °Brix), as cultivares Daiane, Luiza e Fuji Suprema estariam aptas para a comercialização logo após a colheita. As cultivares Lisgala e Venice, por sua vez, estariam de acordo com os índices sugeridos (11 a 12,5 °Brix) como adequados para longos períodos de armazenamento (6 a 9 meses). Já 'Monalisa', 'Elenise' e a seleção M.10-09 estariam aptas para curtos e médios períodos de armazenamento (2 a 5 meses), conforme valores indicados por Argenta e Martin (2018) (12 a 13,5 °Brix). O valor de SS encontrado para 'Daiane' corroboram com o resultado encontrado na colheita por Stanger et al. (2013), aos 133 dias após a plena floração (DAPF).

Tabela 1 - Dias após a plena floração (DAPF), índice de iodo-amido (IA), firmeza de polpa (FP), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) em frutos de cultivares de macieiras na colheita. Caçador, SC, 2019.

Cultivares	Colheita	DAPF	IA (1-9)	FP (N)	SS (°Brix)	AT (%)	SS/AT
Monalisa	30/01	120	2,2 c	91,4 a	12,6 d	0,57 a	25,5 d
Lisgala	30/01	117	3,0 c	80,2 c	10,8 e	0,47 b	22,8 d
Luiza	11/02	130	6,0 a	85,8 b	14,6 b	0,42 c	34,8 a
Daiane	22/02	134	4,0 b	81,2c	13,2 c	0,49 b	27,1 c
Venice	26/02	143	4,2 b	82,3 c	10,5 f	0,32 e	32,5 b
Seleção M.10-09	03/04	182	3,3 c	86,5 b	12,5 d	0,35 d	35,5 a
Fuji Suprema	04/04	180	6,6 a	72,5 e	16,6 a	0,48 b	34,6 a
Elenise	04/04	181	2,7 c	78,0 d	12,3 d	0,48 b	25,9 c
CV (%)	-	-	14,2	2,2	1,7	4,8	5,0

Médias não seguidas de mesma letra nas colunas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. CV: Coeficiente de variação. Fonte: Próprio autor. 2019.

Os valores para a acidez titulável (AT) variaram de 0,32 a 0,57% de ácido málico (Tabela 1). A cultivar Venice apresentou AT de 0,32%, sendo frutos adequados para curtos e médios períodos de armazenamento (2 a 5 meses), conforme índices mencionados por Argenta e Martin (2018).

Conforme a portaria nº 58, de 30 de agosto de 2016, publicado no Diário Oficial da União, maçãs devem apresentar SS de no mínimo 10,5 °Brix e AT, expressa em ácido málico, de no mínimo 0,15% (MAPA, 2016). Nos frutos analisados neste trabalho, os valores de SS e AT encontrado em todas as cultivares estão de acordo com a normativa, possibilitando destinar os frutos à comercialização imediatamente após a colheita (Tabela 1).

Os valores da relação SS/AT variaram de 22,8 a 35,5 (Tabela 1). A seleção M.10-09 e as cultivares Fuji Suprema e Luiza apresentaram as maiores relações SS/AT. As menores relações SS/AT foram encontradas na ‘Monalisa’ e ‘Lisgala’. Esta relação é considerada um parâmetro de grande importância indicando o equilíbrio entre os açúcares e ácidos orgânicos, estando diretamente relacionado com a qualidade e sabor dos frutos destinados ao consumo *in natura*.

A necessidade em disponibilizar maior diversidade de cultivares de maçãs está relacionada com as distintas preferências dos consumidores quanto ao sabor e textura dos frutos. De maneira geral, os consumidores associam a boa qualidade de maçãs com boa textura, doçura, acidez e suculência. Por outro lado, frutos com a polpa farinácea são considerados de qualidade inferior. Quando se trata de paladar, as preferências entre os consumidores são variadas. Alguns

preferem frutos mais balanceados entre os teores de açúcares e ácidos, enquanto outros têm preferências por maçãs doces ou ácidas (CAMILO; DENARDI, 2006).

As cultivares Luiza e Daiane foram as que apresentaram valores de h° mais baixos, portanto, predominando a coloração vermelha. Também apresentaram menos cor clara na epiderme dos frutos e não diferiram entre si na intensidade da cor vermelha (Tabela 2). Na região menos vermelha, as cultivares avaliadas apresentaram mais cores claras, menos pureza e valores de h° mais altos, predominando a coloração amarelada.

A coloração vermelha do fruto é um atributo de qualidade de extrema relevância no momento de determinar o início da colheita de maçã, pois afeta significativamente o valor nutricional, principalmente a aparência visual dos frutos e determina o valor comercial dos mesmos (MAPA, 2016; ARGENTA; VIEIRA; SCOLARO, 2010).

Tabela 2 - Atributos de cor na epiderme nas regiões mais vermelha e menos vermelha dos frutos [luminosidade (L), saturação (C) e tonalidade (h°)], em cultivares de macieiras na colheita. Caçador, SC, 2019.

Cultivares	L^*	C^*	h°
	Região mais vermelha do fruto		
Monalisa	48,3 a	46,1 a	29,4 b
Lisgala	50,2 a	38,7 c	37,3 a
Luiza	37,2 b	41,8 b	24,0 c
Daiane	38,3 b	40,7 b	24,3 c
Venice	38,1 b	37,6 c	30,3 b
CV (%)	4,4	2,3	8,3
Média Geral	42,4	41,0	29,0
Região menos vermelha do fruto			
Monalisa	72,30 a	29,22 d	75,27 a
Lisgala	63,33 b	32,18 c	53,52 b
Luiza	67,66 b	34,49 b	66,60 a
Daiane	67,70 b	30,86 c	67,98 a
Venice	72,28 a	38,70 a	72,48 a
CV (%)	4,6	4,0	13,4
Média Geral	68,6	33,1	67,2

Médias não seguidas de mesma letra nas colunas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. CV: Coeficiente de variação. Fonte: Próprio autor. 2019.

4.2 TEORES MINERAIS

O N na porção casca apresentou maior concentração na cultivar Luiza. A menor concentração foi observada na ‘Monalisa’ e, as demais cultivares apresentaram concentrações intermediárias do mineral. Na porção polpa, as maiores concentrações de N foram encontradas

nas cultivares Lisgala, Luiza e Venice. As menores concentrações do mineral foram observadas para a seleção M.10-09 e Elenise. As cultivares Monalisa, Daiane e Fuji Suprema apresentaram concentrações intermediárias do mineral (Tabela 3).

Tabela 3 - Teores [mg kg^{-1} de massa fresca (MF)] de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) na casca e polpa em frutos de cultivares de macieiras na colheita. Caçador, SC, 2019.

Cultivares	N	P	K	Ca	Mg
	----- mg kg^{-1} de MF -----				
CASCA					
Monalisa	514,7 d	325,1 c	862,9 d	119,9 b	79,9 c
Lisgala	677,8 b	345,1 c	956,6 d	91,3 c	82,7 c
Luiza	791,4 a	461,8 b	1212,9 c	93,1 c	185,3 b
Daiane	611,8 c	348,5 c	1786,8 a	83,3 c	207,2 a
Venice	705,8 b	630,6 a	867,7 d	95,3 c	88,7 c
Seleção M.10-09	665,3 b	252,7 d	1470,1 b	162,4 a	240,4 a
Fuji Suprema	722,1 b	254,4 d	1525,2 b	97,6 c	231,2 a
Elenise	601,7 c	239,9 d	1463,8 b	107,5 b	169,4 b
CV (%)	6,7	6,0	8,1	11,5	14,8
Média geral	661,3	357,3	1463,8	106,3	160,6
POLPA					
Monalisa	235,5 b	305,6 a	1074,3 b	43,8 a	18,7 c
Lisgala	320,2 a	289,1 a	1100,9 b	46,7 a	26,4 c
Luiza	335,5 a	201,0 b	1140,4 b	26,9 c	48,3 b
Daiane	259,2 b	74,3 d	1624,0 a	23,1 c	42,3 b
Venice	296,6 a	124,9 c	794,7 c	31,9 b	26,7 c
Seleção M.10-09	149,2 c	22,7 e	1459,5 a	42,4 a	46,7 b
Fuji Suprema	262,6 b	30,5 e	1547,3 a	33,9 b	62,4 a
Elenise	168,8 c	24,2 e	1164,3 b	33,0 b	50,6 b
CV (%)	8,5	8,5	7,2	7,8	15,6
Média geral	253,4	134,0	1238,2	35,2	40,3

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. CV: Coeficiente de variação. Fonte: Próprio autor. 2019.

Na porção casca, a maior concentração de P foi encontrada na cultivar Venice (Tabela 3). As menores concentrações nesta porção foram encontradas nas cultivares Elenise, Fuji Suprema e seleção M.10-09. As demais cultivares Luiza, Daiane, Lisgala e Monalisa apresentaram teores intermediários do mineral. Para a porção polpa, as cultivares Monalisa e Lisgala apresentaram as maiores concentrações de P, não diferindo entre si. Os menores teores do mineral foram encontrados na seleção M.10-09, 'Elenise' e 'Fuji Suprema'. As demais cultivares apresentaram teores intermediários do mineral.

Ao consumir uma maçã sem a casca do fruto, uma parcela significativa do mineral encontrado no fruto deixa de ser consumida (Tabela 3). Brasil (2005) recomenda ingestão de 700 mg diária do mineral P para adultos e adolescentes. Uma pessoa adulta consegue absorver em torno de 55 a 70% do P ingerido. Esta absorção depende basicamente das condições do pH intestinal, quanto mais ácido a porção do duodeno maior a solubilidade do P, aumentando a biodisponibilidade ao organismo (MONTEIRO; VANNUCCHI, 2010).

Considerando a média entre as cultivares do mineral P de cada porção analisada, o consumo de um fruto com aproximadamente 100 g de polpa, sem casca e sem partes não comestíveis (carpelo e sementes), seria fornecida uma quantidade média de 13,4 mg de P, correspondendo a 1,9% da ingestão diária recomendada (IDR) para uma pessoa adulta. Quando este mesmo fruto é consumido com casca (considerando o peso da casca de aproximadamente 15 g), aumenta em 0,7% a quantidade do mineral ingerido. Nesse sentido, o consumo de um fruto com cerca de 100 g de polpa e 15 g de casca, corresponderá aproximadamente à 2,7% da IDR do mineral.

A concentração do potássio (K) na porção casca foi maior na cultivar Daiane. As cultivares com menor concentração do mineral foram Monalisa, Lisgala e Venice, não diferindo entre si. Na porção polpa, a seleção M.10-09 e as cultivares Fuji Suprema e Daiane apresentaram as maiores concentrações do mineral. A menor concentração do mineral foi encontrada na polpa da 'Venice'. As cultivares intermediárias foram Monalisa, Lisgala, Luiza e Elenise (Tabela 3).

Praticamente todo K consumido através de alimentos é absorvido no trato gastrointestinal e transportado diretamente para o fígado. Este órgão é o responsável pela regulação do balanço e excreção do K. Nos Estados Unidos a ingestão média de K para homens é de 2,8 a 3,3 g dia⁻¹ e para mulheres 2,2 a 2,4 g dia⁻¹. Não existem dados sobre a ingestão diária de potássio da população brasileira (CUPPARI; BAZANELLI, 2010). De acordo com a 'World Health Organization' (WHO), uma pessoa adulta necessita consumir em torno de 3.510 mg de K por dia. Baixos níveis de K podem ocasionar problemas de saúde, tais como aumento da pressão arterial, aumento dos riscos de acidente vascular cerebral e desenvolvimento de doenças cardíacas (WHO, 2013).

Ao considerar a média entre as cultivares do mineral K de cada porção analisada, o consumo de um fruto com aproximadamente 100 g de polpa, sem casca e sem partes não comestíveis (carpelo e sementes), seria fornecida uma quantidade de aproximadamente 123,8 mg de K. Quando este mesmo fruto é consumido com casca (considerando o peso da casca de aproximadamente 15 g), fornece mais 21,9 mg do mineral. Portanto, o consumo de um fruto

com cerca de 100 g de polpa e 15 g de casca, corresponderá a 4,1% da IDR para uma pessoa adulta.

A concentração do mineral Ca na porção casca foi superior para a seleção M.10-09. As menores concentrações foram encontradas nas cultivares Lisgala, Luiza, Daiane, Fuji Suprema e Venice. ‘Elenise’ e ‘Monalisa’ apresentaram concentrações intermediárias entre as cultivares. Na porção polpa, a seleção M.10-09, as cultivares Lisgala e Monalisa apresentaram as maiores concentrações. ‘Daiane’ e ‘Luiza’ apresentaram as menores concentrações do mineral. ‘Fuji Suprema’, ‘Venice’ e ‘Elenise’ apresentaram concentrações intermediárias do mineral (Tabela 3).

A necessidade diária do mineral Ca para crianças e adolescentes é de 700 a 1.300 mg dia⁻¹, esta quantidade é devido ao período que ocorre um rápido crescimento do corpo, resultando no desenvolvimento e depósito do mineral na parte óssea. Na idade adulta, a necessidade diária de Ca fica em torno 1.000 mg dia⁻¹, aumentando novamente em pessoas idosas, 1.200 a 1.300 mg dia⁻¹, devido à diminuição da absorção intestinal e aumento da taxa de reabsorção óssea (BRASIL, 2005; PEREIRA et al., 2009).

O consumo de um fruto com aproximadamente 100 g somente de polpa, sem casca e sem partes não comestíveis (carpelo e sementes), considerando a média entre as cultivares do mineral Ca de cada porção analisada, seria fornecida uma quantidade de aproximadamente 3,5 mg de Ca. Quando este mesmo fruto é consumido com casca (considerando o peso da casca de aproximadamente 15 g), fornece mais 1,6 mg do mineral. Portanto, o consumo de um fruto de aproximadamente 100 g de polpa e 15 g de casca, corresponderá à cerca de 0,51% da IDR para gestantes e adultos.

O mapa global referente ao mineral Ca demonstra que muitos países apresentam média baixa na ingestão do mineral, e geralmente a ingestão é menor por mulheres do que homens. No entanto, não existem padrões entre os países relacionado à ingestão do mineral por sexo, condições econômicas ou idade (BALK et al., 2017).

O Mg na porção casca apresentou os maiores teores na seleção M.10-09 e nas cultivares Fuji Suprema e Daiane. As menores concentrações foram encontradas na ‘Monalisa’, ‘Lisgala’ e ‘Venice’. Concentrações intermediárias entre os teores do mineral foram observados para ‘Luiza’ e ‘Elenise’ (Tabela 3). Na porção polpa, a cultivar Fuji Suprema apresentou a maior concentração. ‘Monalisa’, ‘Lisgala’ e ‘Venice’ foram as cultivares com a menor concentração. ‘Luiza’, ‘Daiane’, ‘Elenise’ e a seleção M.10-09 apresentaram concentrações intermediárias entre as demais cultivares.

A ingestão de Mg para adultos recomendada por Brasil (2005) é de 260 mg, para crianças, de 1 a 10 anos, o consumo diário satisfatório para o organismo varia de 60 a 100 mg.

Considerando a média entre as cultivares do mineral Mg de cada porção analisada, o consumo de um fruto com aproximadamente 100 g de polpa, sem casca e sem partes não comestíveis (carpelo e sementes), seria fornecida uma quantidade de 4,0 mg de Mg. Se este mesmo fruto for consumido com casca (considerando o peso da casca de aproximadamente 15 g), fornecerá mais 2,4 mg do mineral. Assim, o consumo de um fruto com cerca de 100 g de polpa e 15 g de casca, corresponderia à aproximadamente 2,5% da IDR para uma pessoa adulta, e de 6,4 a 10,7% da IDR para uma criança.

Uma alimentação saudável, rica em nutrientes e que possibilite suprir a necessidade nutricional diária do organismo, pode ser complementada com a utilização das partes dos alimentos que são descartadas. Como pode ser observado nas cultivares de maçãs avaliadas, as maiores concentrações dos minerais estão presentes na porção casca, a qual, quando é descartada, perde-se uma quantidade significativa de minerais. Em trabalho comparando diferentes frutas em relação à composição mineral, Gondim et al. (2005) concluíram que a casca das frutas apresenta teores de nutrientes maiores que suas partes comestíveis, podendo ser consideradas fontes alternativas de nutrientes.

Embora o consumo de uma maçã por dia, mesmo sendo consumida com casca, independente da cultivar, não supra a necessidade diária dos minerais, a sua presença na dieta complementa a necessidade diária do organismo humano a esses elementos minerais, além de contribuir com outros compostos que são encontrados na maçã.

As relações entre os minerais (N/Ca, K/Ca e (K+Mg)/Ca) estão relacionadas com a predisposição de ocorrência de distúrbios fisiológicos, tais como “bitter pit”, depressão lenticelar, escaldadura superficial, pingo-de-mel, degenerescência de polpa, rachadura na casca, entre outros, durante o período de armazenamento e a comercialização. A ocorrência principalmente de “bitter pit”, está relacionada à baixos teores de Ca e elevadas relações de K/Ca, Mg/Ca e (K+Mg)/Ca nos frutos. Portanto, elevados teores de N, K e Mg também favorecem a ocorrência do distúrbio (AMARANTE; CHAVES; ERNANI, 2006; AMARANTE et al., 2012).

Na porção casca a maior relação N/Ca foi observada na cultivar Luiza. Os valores intermediários foram observados na ‘Lisgala’, ‘Daiane’, ‘Fuji Suprema’ e Venice. A seleção M.10-09 e ‘Monalisa’ e ‘Elenise’ apresentaram menores valores entre N/Ca. Na mesma porção, a relação K/Ca foi maior na ‘Daiane’ seguida das cultivares Luiza, Fuji Suprema e Elenise, com valores intermediários. Os menores valores para K/Ca foram nas cultivares Monalisa, Lisgala,

Venice e a seleção M.10-09. Na polpa os maiores valores na relação entre N/Ca foram observados nas cultivares Luiza, Daiane e Venice. Os menores valores nas cultivares Monalisa e Elenise e na seleção M.10-09. ‘Lisgala’ e ‘Fuji Suprema’ apresentaram valores intermediários. Nas relações K/Ca e (K+Mg)/Ca, tanto na porção casca quanto polpa, as maiores relações foram observadas na cultivar Daiane. O mesmo foi observado na porção polpa, nas duas relações, para os menores valores e aos intermediários. Na porção casca para a relação K/Ca, os menores valores foram observados na ‘Monalisa’, ‘Lisgala’, ‘Venice’ e seleção M.10-09. Na relação (K+Mg)/Ca o menor valor foi observado na ‘Monalisa’ (Tabela 4).

Tabela 4 - Valores das relações de Nitrogênio (N), Potássio (K) e Magnésio (Mg) com o Cálcio (Ca), na casca e polpa em frutos de cultivares de macieiras na colheita. Caçador, SC, 2019.

Cultivares	N/Ca	K/Ca	(K+Mg)/Ca
	CASCA		
Monalisa	4,5 c	7,8 c	7,4 d
Lisgala	7,4 b	11,0 c	11,9 c
Luiza	8,7 a	13,0 b	14,8 b
Daiane	7,2 b	21,5 a	24,0 a
Venice	7,4 b	9,1 c	10,2 c
Seleção M.10-09	4,2 c	9,2 c	10,7 c
Fuji Suprema	7,4 b	14,8 b	17,1 b
Elenise	5,1 c	13,7 b	15,5 b
CV (%)	9,7	11,5	11,1
Média geral	6,5	12,5	15,5
POLPA			
Monalisa	4,9 c	24,6 d	25,0 d
Lis Gala	8,3 b	27,1 d	27,8 d
Luiza	10,9 a	43,7 b	43,8 b
Daiane	10,7 a	66,8 a	68,8 a
Venice	9,6 a	23,8 d	24,6 d
Seleção M.10-09	3,6 c	31,7 c	32,8 c
Fuji Suprema	7,9 b	42,2 b	43,7 b
Elenise	4,7 c	32,4 c	33,9 c
CV (%)	13,5	9,0	8,8
Média geral	7,6	36,5	37,5

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. CV: Coeficiente de variação. Fonte: Próprio autor. 2019.

Mesmo realizando o manejo correto da fertilidade do solo e das plantas, pode acarretar em desequilíbrios minerais nos frutos devido à baixa mobilidade do Ca, devido seu transporte ser restrito aos vasos do xilema e entrarem em colapso durante o desenvolvimento dos frutos, e ao aporte contínuo dos minerais N, K e Mg, via floema (AMARANTE et al., 2012).

4.3 ANTOCIANINAS TOTAIS

Os teores de ANT variaram entre as cultivares estudadas. A maior concentração de ANT foi encontrada na cultivar Fuji Suprema. Já os menores valores foram observados para ‘Monalisa’, ‘Lisgala’, ‘Daiane’ e ‘Venice’ e os valores intermediários nas cultivares Luiza, Elenise e seleção M.10-09 (Tabela 5).

O maior índice de cor visual de coloração vermelha sobre a epiderme dos frutos, foi observado na cultivar Fuji Suprema. As cultivares Monalisa, Lisgala, Daiane e Venice foram as que apresentaram os menores índices, e ‘Luiza’, ‘Elenise’ e seleção M.10-09 apresentaram índice intermediário entre as cultivares (Tabela 5).

Tabela 5 - Teores de antocianinas totais (ANT; mg cianidina 3-glicosídeo 100 g⁻¹) e atributos de cor [índice de cor vermelha (ICV; 1-4) e tonalidade (*h*^o)] na casca de frutos em cultivares de macieiras na colheita. Caçador, SC, 2019.

Cultivares	ANT (mg cianidina 3-glicosídeo 100 g ⁻¹ MF)	ICV (1-4)
Monalisa	3,5 e	1,9 c
Lisgala	2,4 e	1,6 c
Luiza	7,5 d	2,5 b
Daiane	8,7 d	2,1 c
Venice	3,3 e	1,7 c
Seleção M.10-09	14,1 b	2,8 b
Fuji Suprema	17,7 a	3,7 a
Elenise	11,4 c	2,6 b
CV (%)	19,4	16,9
Média geral	8,6	2,4

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. CV: Coeficiente de variação. ICV - Índice de cor visual: 1: 0 a 25%; 2: 26 a 50%; 3: 51 a 75%; e, 4: 76 a 100% de coloração vermelha sobre a epiderme dos frutos. Fonte: Próprio autor, 2019.

As antocianinas são responsáveis pela coloração vermelha da casca em maçãs. Fazem parte da classe dos flavonoides, responsáveis pela pigmentação natural, resultando em diversidade de cores atrativas nas frutas, flores e folhas variando do vermelho ao azul. São considerados antioxidantes, podendo proteger os tecidos da luz UV e altas temperaturas. A biossíntese da ANT envolve diversos fatores tais como as características da planta, como cultivar, porta-enxerto, fase de desenvolvimento do fruto, manejo do pomar, poda, raleio, uso de reguladores de crescimento, nutrição, e fatores ambientais, como temperatura e

luminosidade (SAURE, 1990; BOYER; LIU, 2004; VOLP et al., 2008; MUSACCHI; SERRA, 2018).

A qualidade visual dos frutos é um fator expressivo para o consumidor no momento da compra de uma maçã. A intensidade e qualidade da coloração vermelha da epiderme do fruto desempenha um papel importante para o mercado nacional, sobretudo pela preferência por frutos mais vermelhos por grande parte dos consumidores (IGLESIAS; ALEGRE, 2009; CHEN et al., 2017).

Neste sentido, as antocianinas apresentam importante função na qualidade do produto. Durante a maturação dos frutos, ocorre a síntese de antocianinas, iniciando o processo de coloração da epiderme com tonalidade vermelha (GONZÁLEZ-TALICE; YURI; DEL POZO, 2013; LIU; ZHANG; ZHAO, 2013).

O acúmulo de antocianina no desenvolvimento dos frutos ocorre em dois momentos distintos. O primeiro acúmulo não possui importância econômica, acontece durante a fase de intensa multiplicação celular, semanas após a floração. O segundo momento de acúmulo, coincide com a maturação dos frutos, o qual possui importância econômica devido à formação da coloração vermelha na epiderme, sendo um dos indicadores para o ponto de colheita (SAURE, 1990; SEVERINO et al., 2014). A coloração vermelha na epiderme de maçã é devido a presença de cianidina 3-glicosídeo, sendo considerada a principal antocianina presente em genótipos vermelhos ou parcialmente vermelhos (VIEIRA et al., 2009).

É possível relacionar os teores de antocianinas encontrados nas cultivares com o recobrimento da epiderme do fruto por coloração vermelha. Zardo et al. (2009) encontraram maior teor de antocianinas na casca de cultivares Galaxy e Royal Gala, que também apresentavam maior pigmentação em relação aos frutos com menor pigmentação vermelha.

No presente trabalho, a cultivar que apresentou maior teor de ANT (Fuji Suprema) também foi a mesma com a maior porcentagem de coloração vermelha sobre a epiderme. Igualmente se observa nas cultivares (Monalisa e Lisgala) com as menores concentrações de ANT as menores porcentagens de recobrimento da coloração vermelha (Tabela 5). É importante observar também, que a maçã 'Fuji Suprema' apresentou, dentre todas as cultivares, a menor firmeza de polpa na colheita, indicando que os frutos estavam em estágio de maturação mais avançado, uma vez que maçãs colhidas mais maduras normalmente apresentam coloração da casca mais vermelha (BETINELLI et al., 2017). Todavia, a maçã 'Fuji Suprema', dentre os clones de 'Fuji', apresenta maior potencial para formação de cor vermelha. Nesta cultivar, 33 dias antes da colheita, os frutos já têm determinado a sua coloração avermelhada (IGLESIAS, ECHEVERRÍA; LOPEZ, 2012). Assim, o estágio de maturação mais avançado e o potencial

da cultivar Fuji Suprema podem ter contribuído para um teor de antocianinas mais elevado, em relação às demais cultivares.

Nos Estados Unidos, nos anos 2001 e 2002, a ingestão de antocianinas foi estimada em torno de 12,5 mg dia⁻¹ (WU et al., 2006). Considerando a média dos teores de ANT entre as cultivares da porção analisada, o consumo de um fruto de aproximadamente 100 g de polpa, sem partes não comestíveis (carpelo e sementes), e com aproximadamente 15 g de casca, corresponderia em torno de 10,3% da ingestão estimada de antocianinas, conforme recomendado nos Estados Unidos.

4.4 VITAMINA C

Os teores de vitamina C variaram entre as cultivares avaliadas. Na porção casca a seleção M.10-09 apresentou maior concentração, seguida das cultivares Fuji Suprema e Elenise (Tabela 6). Os menores teores, nesta porção, foram observados nas cultivares Monalisa, Lisgala e Luiza. Para a porção polpa, a cultivar Fuji Suprema e a seleção M.10-09 não diferiram entre si e apresentaram teores maiores que as demais cultivares. A cultivar Lisgala apresentou, dentre todas na polpa, a menor concentração de ácido ascórbico, representando aproximadamente 40% menos da concentração encontrada em 'Fuji Suprema' e seleção M.10-09.

Tabela 6 - Concentração de vitamina C [mg de ácido ascórbico (AA) 100 g⁻¹ de massa fresca (MF)] na casca e polpa em frutos de cultivares de macieiras na colheita. Caçador, SC, 2019.

Cultivares	CASCA	POLPA
	----- mg AA 100 g ⁻¹ MF -----	
Monalisa	7,5 d	4,6 e
Lisgala	7,1 d	3,6 f
Luiza	7,8 d	5,3 d
Daiane	8,2 c	5,3 d
Venice	8,9 c	5,8 c
Seleção M.10-09	12,5 a	8,9 a
Fuji Suprema	11,4 b	8,9 a
Elenise	10,7 b	7,1 b
CV (%)	6,1	4,6
Média geral	9,3	6,2

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. CV: Coeficiente de variação. Fonte: Próprio autor. 2019.

De acordo com a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO; 2011), a cultivar Fuji apresenta teor de 10,5 mg de ácido ascórbico 100 g⁻¹ de amostra da parte comestível. Na porção casca a cultivar que apresentou teor mais próximo conforme mencionado na tabela, foi a 'Elenise' (10,7 mg 100 g⁻¹), já para polpa 'Fuji Suprema' e seleção M.10-09 se aproximaram, com 8,9 mg 100 g⁻¹. Se considerar à proporção de polpa (100 g) e casca (15 g) que cada uma contribui para o conteúdo da vitamina C, a cultivar Fuji Suprema, com 10,6 mg e a seleção M.10-09, com 10,7 mg, são as que mais se aproximam do teor mencionado por TACO (2011).

A IDR de vitamina C para adultos é de 45 mg, para crianças de 30-35 mg, gestantes e lactantes de 55 a 70 mg (BRASIL, 2005). Considerando a média entre as concentrações da vitamina C de cada porção analisada, o consumo de um fruto com aproximadamente 100 g de polpa, sem casca e sem partes não comestíveis (carpelo e sementes), seria fornecida uma quantidade média de 6,2 mg de vitamina C. Quando este mesmo fruto é consumido com casca (considerando o peso da casca de aproximadamente 15 g), seria fornecida uma quantidade média de 1,4 mg da vitamina. Nesse sentido, o consumo de um fruto com massa média de 100 g de polpa e 15 g casca, supriria aproximadamente 16,9% da necessidade diária de um adulto, e de 21,7 a 25,3% da necessidade de ingestão de uma criança.

Com base nesses resultados, pode-se concluir que, ainda que o consumo de uma maçã por dia não supra a necessidade diária de vitamina C do organismo, a maçã é uma fonte significativa dessa vitamina para a população brasileira.

Estudo realizado com pessoas fumantes indicou que os mesmos apresentam uma exigência maior de vitamina C em relação aos não fumantes. A quantidade é maior em pelo menos 60 mg por dia, podendo IDR, para estas pessoas, chegar à até 140 mg por dia para suprir a necessidade do organismo. Os autores associam a ingestão de 80 a 120 mg por dia de vitamina C com a redução de doenças crônicas (cardiovasculares, câncer e catarata) (WEBER; BENDICH; SCHALCH, 1996). A vitamina C é a primeira fase de defesa do organismo contra radicais derivados do oxigênio em meio aquoso, devido sua capacidade em apresentar alta atividade antioxidante nos humanos. Considera-se esta vitamina como um antioxidante versátil, que exerce ações intra e extracelulares (BENDICH; LANGSETH, 1995).

As cultivares Fuji Suprema, Elenise e a seleção M.10-09, apresentaram uma forte correlação positiva para os teores de ANT ($R^2 = 0,76$) e vitamina C ($R^2 = 0,94$), e para o ICV ($R^2 = 0,61$), sendo as que apresentaram as maiores concentrações e a maior porcentagem de coloração vermelha sobre a epiderme dos frutos.

4.5 COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS

Os teores de compostos fenólicos totais (CFT), na porção casca, foi maior na cultivar Luiza, seguida pela cultivar Fuji Suprema e a seleção M.10-09. Os menores teores foram observados nas maçãs ‘Monalisa’ e ‘Daiane’. Já na porção polpa a maior concentração foi encontrada nas cultivares Lisgala e Elenise, e as menores nas maçãs ‘Monalisa’ e ‘Venice’ (Tabela 7).

Os compostos fenólicos apresentam elevado poder antioxidante, agindo sobre a saúde e prevenindo doenças cardiovasculares, diabetes e câncer. Antioxidantes fenólicos agem como sequestradores de radicais na propagação de processo oxidativo (CATANEO et al., 2008). As maçãs são consideradas ricas em compostos fenólicos. Estes compostos estão presentes nos vacúolos das células, em maior quantidade nas células da epiderme quando comparadas às células da polpa (tecidos internos) (NOGUEIRA et. al., 2003; STANGER et al., 2017; 2018).

Tabela 7 - Teores dos compostos fenólicos totais [CFT; mg de equivalente ácido gálico (EAG) 100 g⁻¹ de massa fresca (MF)] na casca e polpa em frutos de cultivares de macieira na colheita. Caçador, SC, 2019.

Cultivares	CASCA	POLPA
	----- mg EAG 100 g ⁻¹ MF -----	
Monalisa	224,3 d	28,7 d
Lisgala	287,1 c	95,5 a
Luiza	448,9 a	70,5 b
Daiane	248,7 d	55,7 c
Venice	306,5 c	38,9 d
Seleção M.10-09	344,0 b	55,2 c
Fuji Suprema	389,1 b	45,5 c
Elenise	312,6 c	89,0 a
CV (%)	12,1	17,6
Média geral	320,1	59,9

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. CV: Coeficiente de variação. Fonte: próprio autor. 2019.

Eberhardt, Lee e Liu (2000), em estudo sobre compostos fenólicos na cultivar Red Delicious, observaram, em amostras analisadas com casca, teores de 290,2 mg 100 g⁻¹ e, sem casca, de 219,8 mg 100 g⁻¹, concluindo que, em maçãs, os compostos fenólicos são encontrados em maior concentração na casca do que na polpa. A maçã apresentou teor de CFT (272,1 mg de EAG 100 g⁻¹ MF) inferior ao *cranberry* (oxicoco) (507,0 mg 100 g⁻¹) e superior ao abacaxi, banana, laranja, limão, morango, pera, pêssigo, toranja e uva (SUN et al., 2002).

Considerando a média entre os teores dos CFT de cada porção analisada o consumo de um fruto com aproximadamente 100 g de polpa, sem casca e sem partes não comestíveis (carpelo e sementes), seria fornecida uma quantidade média de 59,9 mg de CFT. Quando este mesmo fruto é consumido com casca (considerando o peso da casca de aproximadamente 15 g), forneceria em torno de 48,0 mg de CFT. Nesse sentido, pode-se considerar que o consumo de um fruto com massa média de 100 g de polpa e 15 g casca, contribui ao organismo concentração média de 107,9 mg de CFT.

Alberti (2014) e Stanger et al. (2018) concluíram que a polpa apresenta menores teores de fenóis, no entanto, corresponde à porção que mais contribui para o consumo de compostos fenólicos, devido à menor contribuição da casca do que à polpa na porção comestível do fruto. Em estudos realizados com homens e mulheres finlandeses com idades entre 15 e 99 anos, inicialmente livres de câncer, concluíram que entre diversas fontes de flavonoides ingeridas, o consumo de maçã foi quem apresentou os melhores resultados na prevenção do desenvolvimento de câncer de pulmão (KNEKT et al., 1997). Quando o organismo entra em contato com fatores oxidantes tais como tabagismo, consumo excessivo de álcool, poluição do ar, os níveis de antioxidantes celulares podem sofrer variações, no entanto, podem ser reestabelecidos através do consumo de antioxidantes naturais presentes principalmente em frutas (NOVAES et al., 2013).

O conteúdo de compostos fenólicos nos tecidos vegetais também pode estar relacionado com a resistência ao ataque de pragas e doenças (ROMANAZZI et al., 2016). Estudos relacionando o teor de CFT com resistência a doenças, concluíram que cultivares resistentes à sarna da macieira (*Venturia inaequalis*) pode apresentar até três vezes mais teores de CFT do que cultivares susceptíveis (TREUTTER; FEUCHT, 1990; PETKOVSEK; STAMPAR; VEBERIC, 2007). As cultivares avaliadas apresentam resistência a determinadas pragas e/ou doenças. A ‘Monalisa’ possui em seus genes múltiplas resistências a doenças e pragas, incluindo resistência à sarna da macieira (DENARDI; CAMILO; KVITSCHAL, 2013), no entanto, foi uma das cultivares que apresentou o menor teor de CFT, tanto na casca quanto na polpa (Tabela 7).

4.6 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE TOTAL

A atividade antioxidante total (AAT), determinada pelo método ABTS, tanto na porção casca quanto polpa, foi maior na cultivar Venice (Tabela 8). De acordo com esse mesmo método, a ‘Elenise’ apresentou a menor AAT na casca e a ‘Daiane’ na polpa dos frutos. Pelo

método DPPH, a AAT foi maior na porção casca da seleção avançada M.10-09 e na cultivar Fuji Suprema. Na polpa, a maior AAT, pelo DPPH, foi encontrada na cultivar Daiane. As cultivares Luiza e Monalisa foram as que apresentaram menor AAT na polpa pelo método DPPH.

Tabela 8 - Atividade antioxidante total (AAT; $\mu\text{Mol trolox } 100\text{g}^{-1}$ de MF), pelos métodos ABTS e DPPH, nos tecidos de casca e polpa em frutos de cultivares de macieiras na colheita. Caçador, SC, 2019.

Cultivares	CASCA	POLPA
	----- $\mu\text{Mol trolox } 100 \text{ g}^{-1}$ -----	
	ABTS	
Monalisa	1967,8 b	29,6 b
Lisgala	1860,8 b	31,0 b
Luiza	2212,2 b	38,9 b
Daiane	1634,4 c	12,1 c
Venice	3242,7 a	62,1 a
Seleção M.10-09	1518,3 c	30,3 b
Fuji Suprema	1465,5 c	39,2 b
Elenise	589,6 d	25,8 b
CV (%)	9,9	24,1
Média geral	1811,4	33,6
	DPPH	
Monalisa	921,1 b	10,8 c
Lisgala	553,1 b	24,9 b
Luiza	353,1 b	7,0 c
Daiane	812,0 b	79,7 a
Venice	540,3 b	21,4 b
Seleção M.10-09	2136,1 a	32,2 b
Fuji Suprema	2159,5 a	40,6 b
Elenise	667,8 b	29,4 b
CV (%)	21,8	20,8
Média geral	1017,9	30,7

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. CV: Coeficiente de variação. Fonte: próprio autor. 2019.

Com a finalidade de evitar a deterioração oxidativa de alimentos, os antioxidantes naturais exercem também função fisiológica importante, minimizando danos oxidativos no organismo animal. Esta oxidação é devido ao armazenamento, transporte e processamento, resultando em características indesejáveis muitas vezes, tornando-os impróprios para consumo, podendo alterar valor nutricional e padrões de qualidade, como textura, odor e sabor. Estudos revelam uma forte relação entre conteúdos fenólicos e atividade antioxidantes em frutas e legumes (VELIOGLU et al., 1998; ACHKAR et al., 2013).

Neves (2015) e Stanger et al. (2017) observaram que os principais compostos fenólicos responsáveis pela AAT, conforme à análise de correlação, foram a floridizina, o ácido clorogênico, a catequina, a procianidina B1 e a quercetina 3-galactosídeo. Stanger et al. (2017), em um trabalho conduzido com maçãs 'Mishima', concluíram que o aumento nos valores de CFT e AAT resulta do incremento nos conteúdos de epicatequina, quercetina 3-galactósido e das procianidinas B1 e B2 durante o desenvolvimento dos frutos até a maturação comercial.

Zardo et al. (2009) concluíram, através da metodologia FRAP, que a cultivar Gala apresentou maior atividade antioxidante (fruto inteiro, casca, polpa e endocarpo), em comparação às cultivares Galaxy e Royal Gala, com dois níveis de pigmentação vermelha [muita pigmentação (MPV) e pouca pigmentação vermelha (PPV)].

Alberti (2014) observou maior capacidade antioxidante, pelos métodos FRAP e DPPH, na casca dos frutos de maçã das cultivares Gala, Fuji Suprema e Eva, seguida pelo endocarpo e polpa. Conforme Floegel et al. (2011), em análise da atividade antioxidante em vários alimentos ricos em pigmentação, e contendo compostos antioxidantes hidrofílicos e lipofílicos, sugerem que o método ABTS pode ser mais preciso que o método DPPH. Os valores observados na AAT para as cultivares Monalisa, Lisgala, Luiza e Venice pelo método ABTS, tanto para casca quanto polpa, foram superiores aos encontrados nas mesmas cultivares pelo método DPPH (Tabela 8).

Considerando a média da AAT de cada porção analisada para o método ABTS, o consumo de um fruto com aproximadamente 100 g de polpa, sem casca e sem partes não comestíveis (carpelo e sementes), seria fornecida uma quantidade de 33,6 μMol de AAT. Quando este mesmo fruto é consumido com casca (considerando o peso da casca de aproximadamente 15 g), fornecerá uma quantidade de 271,7 μMol de AAT. Portanto, pode-se considerar que o consumo de um fruto com massa média de 100 g de polpa e 15 g casca, contribui ao organismo uma quantidade de 305,3 μMol de AAT pelo método ABTS. Utilizando o mesmo exemplo para o método DPPH, o consumo de um fruto com massa média de 100 g de polpa e 15 g casca, contribui ao organismo uma quantidade de 183,4 μMol de AAT.

A contribuição de diferentes grupos de compostos fenólicos resulta em variações na AAT, a qual não pode ser relacionada a uma única classe de compostos, devidos aos efeitos sinérgicos potencializando os seus efeitos benéficos para a saúde e também possíveis efeitos de outros antioxidantes, como por exemplo, o ácido ascórbico (NEVES, 2015; STANGER et al., 2017).

5 CONCLUSÕES

Entre os minerais avaliados, considerando o consumo de um fruto de 150 g, o K supre a maior porcentagem da IDR para o organismo, seguido do P e Mg. O Ca presente em maçãs apresenta baixa contribuição para suprimento da IDR. Ao consumir este mesmo fruto com casca uma parcela significativa a mais dos minerais é ingerida.

O consumo de uma maçã, com casca, de aproximadamente 150 g, fornece mais de 25% da IDR de vitamina C para uma criança, e próximo de 20% para adultos. Ao consumir este fruto removendo a casca, a ingestão de vitamina para adultos é em torno de 14%, e para crianças menos de 20% da IDR.

Consumir maçãs com casca fornece ao organismo praticamente 100% de ANT.

O consumo apenas da polpa de maçãs reduz 44,5% da ingestão de CFT ao organismo, quando comparado com o consumo do fruto com casca.

O consumo de maçãs sem casca fornece ao organismo 11% de AAT, enquanto com a casca, fornece 89% a mais de AAT, pelo método ABTS.

Pelo método DPPH, o consumo apenas da polpa do fruto fornece 16,7% de AAT, enquanto o consumo com casca fornece mais 82,3% de AAT ao organismo.

O consumo de uma maçã das cultivares avaliadas, não supre a necessidade diária recomendada para o organismo, no entanto, são fontes significativas de compostos minerais e antioxidantes.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O consumo diário de maçã fornece significativos teores de compostos minerais e antioxidantes, sendo uma ótima fonte natural de suplementação na alimentação, resultando em diversos benefícios à saúde da população brasileira, e ainda disponível durante o ano todo. A maçã é uma das frutas mais consumidas no país. No entanto, a literatura carece em publicações relacionando os compostos funcionais e seus benefícios ao organismo humano. As variações entre as cultivares possibilitam a utilização dos frutos para diferentes usos, desde o consumo *in natura*, como matéria prima para processamento, como alimentos minimamente processados, doces, bolos, geleias, bebidas, entre outros derivados, possibilitando a preservação das qualidades funcionais dos frutos.

O Programa de Melhoramento Genético da Epagri, está a cada ano buscando encontrar características específicas de cada cultivar, com intuito de fornecer aos produtores materiais com padrões excepcionais para o cultivo e aos consumidores o máximo de qualidade dos frutos. A diversificação se faz de grande importância na cadeia produtiva da cultura, aumentando o número de cultivares com características específicas, a fim de atingir diferentes nichos de mercado e consumidores específicos. Outro ponto de importância seria a necessidade do aumento de divulgação, principalmente das propriedades funcionais presente nos frutos, as quais são desconhecidas por grande parte dos consumidores, como estratégia para o aumento do consumo da fruta, principalmente em classes econômicas com menor poder aquisitivo.

Ainda que os resultados apresentados no presente trabalho tenham demonstrado os benefícios de diversas cultivares, a repetição deste estudo por mais uma safra pode fornecer uma maior confiabilidade aos dados, uma vez que as propriedades funcionais apresentam variação entre os anos de cultivo. Outras possibilidades de estudos futuros, seria a realização deste estudo em diferentes regiões produtoras no sul do Brasil, bem como a avaliação, além dos CFT, também os perfis dos compostos fenólicos e a atividade de enzimas associadas a atividade antioxidantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHKAR, M. T.; NOVAES, G. M.; SILVA, M. J. D.; VILEGAS, W. Propriedade Antioxidante de Compostos Fenólicos: Importância na Dieta e na Conservação de Alimentos. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 11, p. 398-406, 2013.

ALBERTI, A. **Compostos Fenólicos da Maçã: Extração, Perfil e Classes Fenólicas, Atividade Antioxidante, Processamento e Avaliação Termoanalítica**. 2014. 140 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, 2014

AMARANTE, C. V. T. do; ARGENTA, L. C.; BASSO, C.; SUZUKI, A. Composição mineral de maçãs 'Gala' e 'Fuji' produzidas no Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 550-560, 2012.

AMARANTE, C. V. T. do; CHAVES, D. V.; ERNANI, P. R. Composição mineral e severidade de "bitter pit" em maçãs 'Catarina'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, p. 51-54, 2006.

ANDRE, C. M.; GREENWOOD, J. M.; WALKER, E. G.; RASSAM, M.; SULLIVAN, M.; EVERS, D.; PERRY, N. B.; LAING, W. A. Anti-inflammatory procyanidins and triterpenes in 109 apple varieties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, p. 10546-10554, 2012.

ANUÁRIO. Anuário brasileiro da maçã 2018. **Editora Gazeta**, 56 p., 2018. Disponível em: <http://www.editoragazeta.com.br/site/wp/wp-content/uploads/2018/06/Ma%C3%A7%C3%A3_2018_Site-Editora.pdf> Acesso em: 10 maio 2019.

ARGENTA, L. C. **Fisiologia pós-colheita: Maturação, colheita e armazenagem dos frutos**. In: EPAGRI; A cultura da macieira, Epagri, p. 691-725, 2006.

ARGENTA, L. C.; MARTIN, M. S. de. **Manejo das Frutas na Colheita e após a Colheita**. In: EPAGRI; Sistema de produção para a cultura da macieira em Santa Catarina. Epagri Sistema de produção n. 50, p. 65-78, 2018.

ARGENTA, L. C.; VIEIRA, M. J.; SCOLARO, A. M. T. Validação de catálogos de cores como indicadores do estágio de maturação e ponto de colheita de maçã. **Revista Agropecuária Catarinense**, v. 32, p. 71-77, 2010.

ARGENTA, L. C.; VIEIRA, M. J.; SOUZA, F.; PEREIRA, W. S. P.; EDAGI, F. K. Diagnóstico da qualidade de maçãs no mercado varejista brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, p. 48-63, 2015.

BALK, E. M.; ADAM, G. P.; LANGBERG, V. N.; EARLEY, A.; CLARK, P.; EBELING, R. P.; MITHAL, A. RIZZOLI, R. ZERBINI, C. A. F.; PIERROZ, D. D.; DAWSON-HUGHES, B. Global dietary calcium intake among adults: a systematic review. **International Osteoporosis Foundation Calcium Steering Committee**, v. 28, p. 3315-3324, 2017.

BANDEIRA, C. **Os Benefícios da Maçã no Efeito Nutracêutico**. On line, 2009. Disponível em <<http://nutricionistacarolinebandeira.blogspot.com.br/2010/04/os-beneficios-da-maca-no-efeito.html>> Acesso em 24 set. 2018.

BENDICH, A.; LANGSETH, L. The health effects of vitamin C supplementation, a review. **Journal American College Nutrition**, v. 114, p. 124-136, 1995.

BETINELLI, K. S.; DE MARTIN, M. S.; ARGENTA, L. C.; AMARANTE, C. V. T. do; DENARDI, F. Estádio de maturação para colheita de maçãs 'SCS 426 Venice'. **Agropecuária Catarinense**, v. 30, p. 57-62, 2017.

BITTENCOURT, C. C.; MATTEI, L. F.; SANT'ANNA, P. R. de; LONGO, O. C.; BARONE, F. M. A cadeia produtiva da maçã em Santa Catarina: competitividade segundo produção e *packing house*. **Revista de Administração Pública**, v. 45, p. 1199-1222, 2011.

BIZJAK, J.; WEBER, N.; MIKULIC-PETKOVSEK, M.; SLATNAR, A.; STAMPAR, F.; ZOBAYER, A.; STICH, K.; HEIDI, H.; VEBERIC, R. Influence of phosphate Ca on color development and anthocyanin content of 'Braeburn' apple (*Malus domestica* Borkh.). **HortScience**, v. 48, p. 193-199, 2013.

BOQUÉ, N.; DE LA IGLESIA, R.; DE LA GARZA, A. L.; MILAGRO, F. I.; OLIVARES, M.; BAÑUELOS, O.; SORIA, A. C.; RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ, S.; MARTÍNEZ, J. A.; CAMPIÓN, J. Prevention of diet-induced obesity by apple polyphenols in Wistar rats through regulation of adipocyte gene expression and DNA methylation patterns. **Molecular Nutrition and Food Research**, v. 57, p. 1473-1478, 2013.

BOYER, J.; LIU, R. H. Apple phytochemicals and their health benefits. **Nutrition Journal**, v. 3, p. 1-15, 2004.

BRASIL, Ministério da Agricultura. Portaria nº 76 de 26 de novembro de 1986. Dispõe sobre os métodos analíticos de bebidas e vinagre. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 2 p. 28 nov. 1986.

BRASIL, Resolução RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico sobre a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de Proteína, Vitaminas e Minerais. **Diário Oficial da União**, 6 p. 23 de Setembro de 2005.

BRDE, Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul. Superintendência de Planejamento. **Cadeia produtiva da maçã no Brasil: limitações e potencialidades**, 44 p. 2011.

BRIGHENTI, A. F.; KVITSCHAL, M. V.; HAWERROTH, M. C.; PASA, M. S.; CASAGRANDE, K.; CARDOSO, P. Z.; KATSURAYAMA, J. M.; ARAÚJO, L.; PINTO, F. A. M. F. Desempenho agrônômico de seleções avançadas de macieira em São Joaquim-SC. **Anais do 1º Simpósio de Fruticultura da Região Sul - FRUSUL**, v. 1, 2017. Disponível em <<https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/FRUSUL/article/view/5027>> Acesso em 17 jan. 2019.

BRITO, C. A. K., SIQUEIRA, P. B., SOUZA, J. C., BOLINI, H. M. A. In Vitro Antioxidant capacity, Phenolic, Ascorbic Acid and Lycopene Content of Guava (*Psidium Guajava* L.) **Juices and Nectars**. Boletim do Centro e Pesquisa e Processamento de Alimentos, v. 27, p. 175-182, 2009.

BRUNETTO, G.; MELO, G. W. B de; TOSELLI, M.; QUARTIERI, M.; TAGLIAVIN, M. The role of mineral nutrition on yields and fruit quality in grapevine, pear and apple. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, p. 1089-1104, 2015.

CAMILO, A. P.; DENARDI, F. **Cultivares: descrição e comportamento no sul do Brasil**. In: EPAGRI. A cultura da macieira. EPAGRI, 2.ed., p. 113-168, 2006.

CARDOSO, L. M.; LEITE, J. P. V.; PELUZIO, M. do C. G. Efeitos biológicos das antocianinas no processo aterosclerótico. **Revista Colombiana de Ciências Químico Farmacêuticas**, v. 40, p. 116-138, 2011.

CATANEO, C. B.; CALIARI, V.; GONZAGA, L. V.; KUSKOSKI, E. M.; FETT, R. Atividade antioxidante e conteúdo fenólico do resíduo agroindustrial da produção de vinho. **Ciências Agrárias**, v. 29, p. 93-102, 2008.

CHEN, B.; MAO, J.; HUANG, B.; MI, B.; LIU, Y.; HU, Z.; MA, Z. Effect of bagging and time of harvest on fruit quality of 'Red Fuji' apple in high altitude area in China. **Fruits**, v. 72, p. 36-46, 2017.

COTINGUIBA, G. G.; SILVA, J. R. do N.; AZEVEDO, R. R. de S.; ROCHA, T. J. M.; SANTOS, A. F. dos. Método de Avaliação da Defesa Antioxidante: Uma Revisão de Literatura. UNOPAR-Científica. **Ciências Biológicas da Saúde**, v. 3, p. 231-237, 2013.

CUPPARI, L.; BAZANELLI, A. P. Funções Plenamente Reconhecidas de Nutrientes: Potássio. **International Life Sciences Institute do Brasil**, v. 11, 16 p. 2010.

DAVEY, M. W.; AUWERKERKEN, A.; KEULEMANS, J. Relationship of apple vitamin C and antioxidant contents to harvest date and postharvest pathogen infection. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 87, p. 802–813, 2007.

DAVEY, M. W.; MONTAGU, M. V.; INZÉ, D.; SANMARTIN, M.; KANELIS, A.; SMIRNOFF, N.; BENZIE, I. J. J.; STRAIN, J. J.; FAVELL, D.; FLETCHER, J. Plant L-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, p. 825-860, 2000.

DENARDI, F.; CAMILO, A. P.; KVITSCHAL, M. V. SCS417 Monalisa: cultivar de macieira com boa adaptação climática no Sul do Brasil e resistência múltipla a doenças e pragas. **Revista Agropecuária Catarinense**, v. 26, p. 56-62, 2013.

DENNY, A.; BUTTRISS, J. Plant foods and health: focus on plant bioactives. **British Nutrition Foundation**, Synthesis Report nº 4, 64 p., 2005.

DIAS, C. A. R. MOURA, P. M. S. S.; D´ANGELIZ, C. E. M. A complexa interação entre radicais livres, suplementação e doenças. **Revista Multidisciplinar** (on-line), p. 34-43, 2010.

DROGOUDI, P. D.; MICHAILIDIS, Z.; PANTELIDIS, G. Peel and flesh antioxidant content and harvest quality characteristics of seven apple cultivars. **Scientia Horticulturae**, v. 115, p. 149-153, 2008.

EBERHARDT, M. V.; LEE, C. Y.; LIU, R. H. Nutrition: antioxidant activity of fresh apples. **Nature**, v. 405, p. 903–904, 2000.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. FIORAVANÇO, J. C.; SANTOS, R. S. S. dos (Ed), **Maçã: O produtor pergunta, a Embrapa responde**, Embrapa, 293 p., 2013.

EPAGRI, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. SEZERINO, A. A. (Org.). **Sistema de produção para a cultura da macieira em Santa Catarina**. Epagri, Sistemas de produção, 136 p., 2018.

FAO; WHO. Human Vitamin and Mineral Requirements. **Food and Nutrition Division**, 2001.

FELICETTI, E.; MATTHEIS, J. P. Quantification and histochemical localization of ascorbic acid in “Delicious,” “Golden Delicious,” and “Fuji” apple fruit during on-tree development and cold storage. **Postharvest Biology and Technology**, v.56, p. 56–63, 2010.

FIB. Dossiê antioxidantes. **Food Ingredients Brasil**, p. 16-30, 2009.

FERREIRA, D. F. SISVAR: Um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Científica Symposium**, v. 6, p. 36-41, 2008.

FIORINI, L. S. Dossiê: Os minerais na alimentação, **Food Ingredients Brasil**, p. 48-59, 2008.

FLOEGEL, A.; KIM, D. -O.; CHUNG, S. -J.; KOO, S. I.; CHUN, O. K. Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods. **Journal Food Composition and Analysis**, v. 7, p. 1043–1048, 2011.

FREITAS, S. F. **Roteiro para aula prática de Química Analítica Quantitativa**. Departamento de Química - UFG – CAC. Experimento 9, 2013.

FULEKI, T.; FRANCIS, F. J. Quantitative methods for anthocyanins: 1. Extraction and determination of total anthocyanin in cranberries. **Journal of Food Science**, v. 33, p. 72-77, 1968.

FURLAN, C. R. C.; DANTAS, A. C. M.; DENARDI, F.; BECKER, W. F.; MANTOVANI, A. Resistência genética dos acessos do banco de germoplasma de macieira da Epagri à mancha foliar de glomerella (*Colletotrichum gloeosporioides*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, p. 507-514, 2010.

GONDIM, J. A. M.; MOURA, M. de F. V.; DANTAS, A. S.; MEDEIROS, R. L. S.; SANTOS, K. M. Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 25, p. 825-827, 2005.

GONZÁLEZ-TALICE, J.; YURI, J.A.; DEL POZO, A. Relations among pigments, color and phenolic concentrations in the peel of two Gala apple strains according to canopy position and light environment. **Scientia Horticulturae**, v. 151, p. 83-89, 2013.

GUYOT, S.; MARNET, N.; LARABA, D.; SANONER, P.; DRILLEAU, J. F. Reversed-phase HPLC following thiolysis for quantitative estimation and characterization of the four main classes of phenolic compounds in different tissue zones of a French cider apple variety (*Malus domestica* Var. Kermerrien). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**; v. 46, p. 1698–1705, 1998.

HAUAGGE, R.; BRUCKNER, C. H. Macieira. In: BRUCKNER, C. H. **Melhoramento de fruteiras de clima temperado**. Ed. UFV, cap. 2, p. 28-88, 2002.

HE, R. R.; WANG, M.; WANG, C. Z.; CHEN, B. T.; LU, C. N.; YAO, X. S.; CHEN, J. X.; KURIHARA, H. Protective effect of apple polyphenols against stress-provoked influenza viral infection in restraint mice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, p. 3730–3737, 2011.

IAC, INSTITUTO AGRONÔMICO CAMPINAS. **Instruções Agrícolas para as Principais Culturas Econômicas**, SP, 7^a ed., 452 p., 2014.

IGLESIAS, I.; ALEGRE, S. The effects of reflective film on fruit color, quality, canopy light distribution, and profitability of ‘Mondial Gala’ apples. **Hor Technology**, v. 19, p. 488-498, 2009.

IGLESIAS, I.; ECHEVERRÍA, G.; LOPEZ, M. L. Fruit color development, anthocyanin content, standard quality, volatile compound emissions and consumer acceptability of several ‘Fuji’ apple strains. **Scientia Horticulturae**, v. 137, p. 138-147, 2012.

JAKOBEK, L.; GARCÍA-VILLALBAB, R.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A. Polyphenolic characterisation of old local apple varieties from Southeastern European region. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 31, p. 199-211, 2013.

KNEKT, P.; JÄRVINEN, R.; SEPPÄNEN, R.; HELLÖVAARA, H. TEPPÖ, G. PUKKALA, E. AROMAA, A. Dietary flavonoids and the risk of lung cancer and other malignant neoplasms. **American Journal of Epidemiology**, v. 146, p. 223-230, 1997.

KONICA MINOLTA. **Precise color communication: color control from perception to Instrumentation**, Konica Minolta, 2007. Disponível em <https://www.konicaminolta.com/instruments/knowledge/color/pdf/color_communication.pdf> Acesso em 06 maio 2019.

KVITSCHAL, M. V.; HAWERROTH, M. C.; BRIGHENTI, A. F. Novas variedades de maçã no Brasil: situação atual, tendências e perspectivas. **Anais: Resumos das palestras**, v. 1, p.126-132, 2018. Disponível em: <https://www.senafrut.com.br/assets/uploads/ANAIS_AF_WEB.pdf> Acesso em: 25 abr. 2019.

KVITSCHAL, M. V.; COUTO, M.; HAWERROTH, M. H.; BRIGHENTI, A. F.; FAORO, I. D.; ARGENTA, L. C. **MAÇÃ**. In Avaliação de cultivares para o estado de Santa Catarina 2018- 2019. Boletim Técnico nº 186, Epagri, p. 43-51, 2018.

KVITSCHAL, M. V.; HAWERROTH, M. C.; COUTO, M.; BRIGHENTI, A. F. **Cultivares de macieira e a diversificação da pomicultura brasileira: resultados do programa de melhoramento genético de macieira da Epagri**. Disponível em <<http://agapomi.com.br/wp-content/uploads/cultivares-de-macieira-e-a-diversifica%C3%87%C3%83o-da-pomicultura-brasileira-resultados-do-programa-de-melhoramento-gen%C3%89tico-de-macieira-da-epagri.pdf>> Acesso em 11 jan. 2019.

LABCONCQ. **To Kjeldahl Nitrogen determination methods and apparatus**. Expotech USA, 2005. Disponível em <<http://www.expotechusa.com/catalogs/labconco/pdf/KJELDAHLguide.PDF>> Acesso em 06 out. 2018.

LANCASTER, J.; DOUGALL, D. K. Regulation of skin color in apples. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.10, p. 487-502, 1992.

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

LIU, Y.; ZHANG, X.; ZHAO, Z. Effects of fruit bagging on anthocyanins, sugars, organic acids, and color properties of ‘Granny Smith’ and ‘Golden Delicious’ during fruit maturation. **European Food Research and Technology**, v. 236, p. 329-339, 2013.

LOPES, T. J.; XAVIER, M. F.; QUADRI, M. G. N.; QUADRI, M. B. Antocianinas: uma breve revisão das características estruturais e da estabilidade. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 13, p. 291-297, 2007.

MANACH, C.; SCALBERT, A.; MORAND, C.; RÉMÉSY, C.; JIMÉNEZ, L. Polyphenols: food sources and bioavailability. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 74, p. 727-747, 2004.

MAPA, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Secretaria de Defesa Agropecuária. PORTARIA nº - 58, DE 30 DE AGOSTO DE 2016. Regulamento Técnico Para Fixação Dos Padrões De Identidade E Qualidade Para Polpa De Maçã. **Diário Oficial da União**, nº 169, 6 p. 2016.

MELLO, L. M. R. de. **Aspectos socioeconômicos**. Maçã Produção. Frutas do Brasil, p. 10-36. Disponível em:
<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/2AspectosSocioeconomicosProducao_000fi4i0af602wyiv80mr28rzzd0hng5.pdf> Acesso em: 01 dez. 2018.

MONTEIRO, T. H.; VANNUCCHI, H. Funções Plenamente Reconhecidas de Nutrientes: Fósforo. **ILSI Brasil**, v. 15, 20 p., 2010.

MUSACCHI, S.; SERRA, S. Apple fruit quality: Overview on pre-harvest factors. **Scientia Horticulturae**, v. 234, p. 409-430, 2018.

NEVES, P. D. O. **Importância dos compostos fenólicos dos frutos na promoção da saúde**. 2015, 93 p. Dissertação (Mestrado - Ciências Farmacêuticas) - Universidade Fernando Pessoa – Portugal, 2015.

NOGUEIRA, A.; SANTOS, L. D.; WIECHETECK, F. V. B.; GUYOT, S.; WOSIACKI, G. Efeito do Processamento no Teor de Compostos Fenólicos em Suco de Maçã. **UEPG - Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, v. 9, p. 7-14, 2003.

NOVAES, G. M.; SILVA, M. J. D.; ACHKAR, M. T.; VILEGAS, W. Compostos antioxidantes e sua importância nos organismos. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 11, p. 535-539, 2013.

PANDOLFO, C.; BRAGA, H. J.; SILVA JR, V. P. da; MASSIGNAM, A. M.; PEREIRA, E. S.; THOMÉ, V. M. R.; VALCI, F. V. **Atlas climatológico digital do Estado de Santa Catarina**. Epagri, 2002. Disponível em:
<http://www.ciram.epagri.sc.gov.br/ciram_arquivos/arquivos/atlasClimatologico/atlasClimatologico.pdf> Acesso em: 16 jan. 2019.

PANZELLA, L.; PETRICCIONE, M.; REGA, P.; SCORTICHINI, M.; NAPOLITANO, A. A reappraisal of traditional apple cultivars from Southern Italy as a rich source of phenols with superior antioxidant activity. **Food Chemistry**, v. 140, p. 672–679, 2013.

PEREIRA, G. A. P.; GENARO, P. S.; PINHEIRO, M. M.; SZEJNFELD, V. L.; MARTINI, L. A. Cálcio dietético: estratégias para otimizar o consumo. **Revista Brasileira Reumatologia**; v. 49, p. 164-180, 2009.

PETKOVSEK, M. M.; STAMPAR, F.; VEBERIC, R. Parameters of inner quality of the apple scab resistant and susceptible apple cultivars (*Malus domestica* Borkh.). **Scientia Horticulturae**, v. 114, p. 37-44, 2007.

PETRI, J. L.; LEITE, G. B.; COUTO, M.; FRANCESCOTTO, P. Avanços na cultura da macieira no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, ed. especial, p. 48-56, 2011.

PETRI, J. L.; PALLADINI, L. A.; SHUCK, E.; DUCROQUET, J. H. J.; MATOS, C. S.; POLA, A. C. **Dormência e indução da brotação de fruteiras de clima temperado**. Epagri, Boletim técnico n. 75, 110 p., 1996.

PETRI, J. L.; SEZERINO, A. A.; MARTIN, M. S. de. **Estado atual da cultura da macieira**. Artigos exclusivos: maçã; 2018. Disponível em <<http://www.todafruta.com.br/artigo-exclusivo-estado-atual-da-cultura-da-macieira/>> Acesso em 03 ago. 2018.

PETRI, J. L.; SEZERINO, A. A.; DE MARTIN, M. S.; PEREIRA, E. S. **Monitoramento do frio (01/04/2018 a 30/09/2018)**, EPAGRI-CIRAM, Boletim técnico n. 05, 3 p., 2018.

PHILLIPS, K. M.; TARRAGO-TRANI, M. T.; GEBHARDT, S. E.; EXLER, J.; PATTERSON, K. Y.; HAYTOWITZ, D. B.; PEHRSSON, P. R.; HOLDEN, J. M. Stability of Vitamin C in Frozen Raw Fruit and Vegetable Homogenates. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 23, p. 253-259, 2010.

PRADO, E. **Composição fenólica e atividade antioxidante de frutas tropicais**. 2009, 107 p. Dissertação (Mestrado – Ciência e tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Piracicaba, 2009.

RAMOS, S. Effects of dietary flavonoids on apoptotic pathways related to cancer chemoprevention. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 18, p. 427–442, 2007.

RECH, S.; CARIO, S. A. F.; AUGUSTO, C. A. Avaliação conjuntural da produção e comercialização da maçã em Santa Catarina e no Rio Grande do Sul: aspectos comparativos. **Indicadores Econômicos Fundação Econômica e Estatística**, v. 42, p. 89-106, 2014.

RUFINO, M. do S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S. de; MORAIS, S. M. de; SAMPAIO, C. de G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre ABTS⁺**. EMBRAPA, Comunicado Técnico on-line 128, p. 1-4, 2007a.

RUFINO, M. do S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S. de; MORAIS, S. M. de; SAMPAIO, C. de G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH**. EMBRAPA, Comunicado Técnico on-line 127, p. 1-4, 2007b.

SAURE, M. C. External control of anthocyanin formation in apple. **Scientia Horticulturae**, v. 42, p. 181-218, 1990.

SCHANDA, J. Colorimetry: Understand the CIE system. **Hoboken: Wiley**, 2007.

SCHVEITZER, B.; SUZUKI, A. **Métodos de análises químicas de polpa fresca de maçã**. Epagri, Documento n. 241, ISSN 0100-8986, 23 p., 2013.

SETORKI, M.; ASGARY, S.; EIDI, A.; ROHANI, A.; ESMAEIL, N. Effects of apple juice on risk factors of lipid profile, inflammation and coagulation, endothelial markers and atherosclerotic lesions in high cholesterolemic rabbits. **Lipids in health and disease**, v. 8, p. 1-9, 2009.

SEVERINO, V.; FERENCZI A.; GALIGER S.; GONZÁLEZ J.; MARA V.; URRABURU M.; ARIAS M. Medidas de manejo para aumentar el sobrecolor de manzanas en montes instalados. In: Programa de Investigación en Producción Frutícola. **Serie Actividades de Difusión**, p. 85-91, 2014.

SIMIONI, F. J.; PEREIRA, L. B. **Cadeia agroindustrial da maçã: uma análise da estrutura de governança sob a ótica da economia dos custos de transação**. Disponível em <<http://www.sober.org.br/palestra/12/04O231.pdf>> Acesso em 01 dez. 2018.

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTOS, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-ciocalteu reagent. **Methods of Enzymology**, v. 299, p. 152-178, 1999.

SIRIWOHARN, T.; WROLSTAD, R. E.; FINN, C. E.; PEREIRA, C. B. Influence of cultivar, maturity and sampling on blackberry (*Rubus L*, Hybrids) Anthocyanins, polyphenolics, and antioxidant properties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p. 8021-8030, 2004.

SONG, Y.; MANSON, J. E.; BURING, J. E.; SESSO, H. D.; LIU, S. Associations of dietary flavonoids with risk of type 2 diabetes, and markers of insulin resistance and systemic inflammation in women: a prospective study and cross-sectional analysis. **Journal of American College of Nutrition**, v. 24, p. 376-384, 2005.

STANGER, M. C.; ARGENTA, L. C.; STEFFENS, C. A.; AMARANTE, C. V. T. Estádio de maturação para o período ideal de colheita de maçãs ‘Daiane’ destinadas à armazenagem. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, p. 977-989, 2013.

STANGER, M. C.; STEFFENS, C. A.; SOETHE, C.; MOREIRA, M. A.; AMARANTE, C. V. T. do; BOTH, V.; BRACKMANN, A. Phenolic compounds content and antioxidant activity of ‘Galaxy’ apples stored in dynamic controlled atmosphere and ultralow oxygen conditions. **Postharvest Biology and Technology**, v. 144, p. 70-76, 2018.

STANGER, M. C.; STEFFENS, C. A.; SOETHE, C.; MOREIRA, M. A.; AMARANTE, C. V. T. do. Phenolic Content and Antioxidant Activity during the Development of ‘Brookfield’ and ‘Mishima’ Apples. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 65, p. 3453-3459, 2017.

SUN, J.; CHU, Y. F.; WU, X.; LIU, R. H. Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 7449-7454, 2002.

TACO, TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS - Universidade Estadual De Campinas – UNICAMP. 4ª edição revisada e ampliada. 2011. Disponível em <http://www.nepa.unicamp.br/taco/contar/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf?arquivo=taco_4_versao_ampliada_e_revisada.pdf> Acesso em 05 maio 2019.

TARRAGO-TRANI, M. T.; PHILLIPS, K. M.; COTTY, M. Matrix Specific Method Validation for Quantitative Analysis of Vitamin C in Diverse Foods. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 26, p. 12-25, 2012.

TREUTTER, D.; FEUCHT, W. The pattern of flavan-3-ols in relation to scab resistance of apple cultivars. **Journal of Horticultural Science**, v. 65, p. 511-517, 1990.

VELIOGLU, Y. S.; MAZZA, G.; GAO, L.; OOMAH, B. D. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p. 4113-4117, 1998.

VIEIRA, F. G. K.; BORGES, G. da S. C.; COPETTI, C.; AMBONI, R. D. de M. C.; DENARDI, F.; FETT, R. Physico-chemical and antioxidant properties of six apple cultivars (*Malus domestica* Borkh) grown in southern Brazil. **Scientia Horticulturae**, v. 122, p. 421-425, 2009.

VOLP, A. C. P.; RENHE, I. R. T.; BARRA, K.; STRINGUETA, P. C. Flavonoides antocianinas: características e propriedades na nutrição e saúde. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, v.23, p. 141-149, 2008.

WEBER, P.; BENDICH, A.; SCHALCH, W. Vitamin C and human health-a review of recent data relevant to human requirements. **International Journal for Vitamin and Nutrition Research**. v. 66, p. 19-30, 1996.

WHO, WORLD HEALTH ORGANIZATION. **A healthy lifestyle**, 2016. Disponível em <<http://www.euro.who.int/en/health-topics/disease-prevention/nutrition/a-healthy-lifestyle>> Acesso em: 28 jan. 2019.

WOLFE, K.; WU, X.; LIU, R. H. Antioxidant activity of apple peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 609–614, 2003.

WU, X.; BEECHER, G. R.; HOLDEN, J. M.; HAYTOWITZ, D. B.; GEBHARDT, S. E.; PRIOR, R. L. Concentrations of anthocyanins in common foods in the United States and estimation of normal consumption. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, p. 4069-4075, 2006.

ZARDO, D.; M.; DANTAS, A. P.; VANZ, R.; WOSIACKI, G.; NOGUEIRA, A. Intensidade de pigmentação vermelha em maçãs e sua relação com os teores de compostos fenólicos e capacidade antioxidativa. **Ciência e Tecnologia. Alimentar**, v. 29, p. 148-154, 2009.