

**CRISTHIAN LEONARDO FENILI**

**ALTERNATIVAS PARA INCREMENTAR A COLORAÇÃO VERMELHA DA  
EPIDERME EM MAÇÃS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do 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  
Coorientador: MSc. José Luiz Petri

**LAGES  
2018**

Fenili, Cristhian Leonardo  
Alternativas para incrementar a coloração  
vermelha da epiderme em maçãs / Cristhian Leonardo  
Fenili. - Lages , 2018.  
119 p.

Orientador: Cristiano André Steffens  
Co-orientador: José Luiz Petri  
Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado  
de Santa Catarina, Centro de Ciências  
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em  
Produção Vegetal, Lages, 2018.

1. Malus domestica. 2. Cor vermelha. 3.  
Bioestimulantes. 4. Fertilizante foliar. 5.  
Qualidade de fruto. I. Steffens, Cristiano André .  
II. Petri, José Luiz . , .III. Universidade do  
Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências  
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em  
Produção Vegetal. IV. Título.

Ficha catalográfica elaborada pelo aluno, com  
auxílio do programa de geração automática da  
Biblioteca Setorial do CAV/UDESC

**CRISTHIAN LEONARDO FENILI**

**ALTERNATIVAS PARA INCREMENTAR A COLORAÇÃO VERMELHA DA  
EPIDERME EM MAÇÃS**

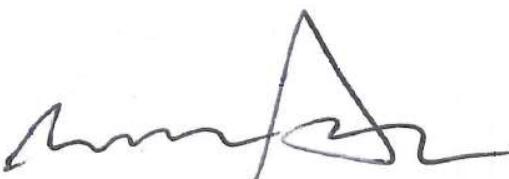
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

**Banca Examinadora**

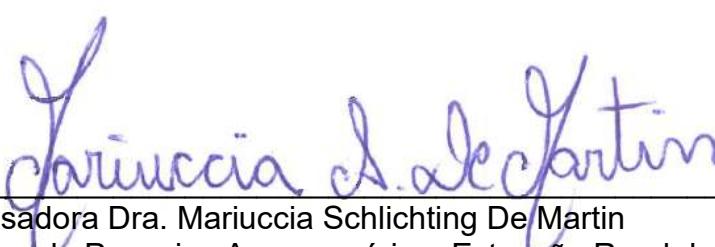
Orientador:

  
Professor Dr. Cristiano André Steffens  
Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências  
Agroveterinárias, Lages/SC

Membro:

  
Professor Dr. Cassandro Vidal Talamini do Amarante  
Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências  
Agroveterinárias, Lages/SC

Membro:

  
Pesquisadora Dra. Mariuccia Schlichting De Martin  
Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina,  
Estação Experimental de Caçador/SC

**Lages, 13 de Julho de 2018**



## **AGRADECIMENTOS**

À Deus.

À minha família, pelo apoio, incentivo e ensinamentos.

Aos meus orientadores Cristiano André Steffens e José Luiz Petri, pela oportunidade, confiança, amizade, dedicação e orientação de excelência.

Aos pesquisadores, técnicos, funcionários de campo e colegas colaboradores da Epagri Caçador, pela amizade, ensinamentos e todo o apoio compartilhado que tornou a rotina de trabalhos agradável.

Aos professores, funcionários e colegas graduandos e pós-graduandos, especialmente da equipe do laboratório de fisiologia e tecnologia pós-colheita, pelos ensinamentos de qualidade, auxílio na realização de experimentos, suporte, dedicação e paciência na realização das atividades.

À Epagri de Caçador e a UDESC de Lages, pela estrutura de materiais e apoio, disponibilidade de pomares experimentais e laboratórios, pela oportunidade de realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e Ao Programa de Bolsas do Fundo de Apoio à Manutenção e ao Desenvolvimento da Educação Superior – FUMDES, pela concessão da bolsa de estudos.



## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a ação de bioestimulantes, fertilizantes foliares e de etefon no incremento da coloração vermelha na epiderme de maçãs bicolores ‘Monalisa’, ‘Daiane’, ‘Venice’, ‘Fuji’, ‘Baronesa’ e ‘Elenise’, e também a ação destes compostos sobre a maturação, a qualidade dos frutos e o potencial de armazenamento. Para a safra 2015/2016, os tratamentos foram controle (sem aplicação), bioestimulante I, fertilizante foliar I + fertilizante foliar II, e KCl utilizando as cultivares Daiane, Venice e Fuji. Para a safra 2016/2017, além das cultivares avaliadas na safra anterior, foram também avaliadas as cultivares Monalisa, Baronesa e Elenise. Além dos tratamentos testados na safra 2015/2016, o efeito da aplicação de etefon também foi analisado em 2016/2017. Todos os tratamentos foram aplicados cerca de 30 dias antes da previsão de colheita das respectivas cultivares e, à exceção do etefon (aplicado uma única vez), os tratamentos tiveram três reaplicações posteriores, de forma sequencial, a cada sete dias. Os frutos foram avaliados com relação à porcentagem de cor vermelha na epiderme, atributos de cor, propriedades funcionais na casca, atributos de maturação e calibre, e para a cultivar Fuji quanto ao potencial de armazenamento. Os produtos melhoraram a coloração vermelha da epiderme e a qualidade das cultivares de maçãs precoce e de meia estação (‘Monalisa’, ‘Daiane’ e ‘Venice’), e, com exceção de etefon, não interferiram na maturação das maçãs. O bioestimulante I, um produto a base de K<sub>2</sub>O e compostos orgânicos, aumentou a cor vermelha da epiderme de maçãs ‘Daiane’ e ‘Venice’, e melhorou as propriedades funcionais da casca de maçãs ‘Daiane’. Os fertilizantes foliares I e II, compostos por macro e micronutrientes, aumentaram a cor vermelha da epiderme de maçãs ‘Daiane’ e ‘Venice’, e as propriedades funcionais da casca de maçãs ‘Daiane’. O bioestimulante II, produto a base de extratos vegetais, aminoácidos e monossacarídeos, aumentou a cor vermelha da epiderme e os pigmentos antocianinas de maçãs ‘Daiane’. O fertilizante KCl não aumentou a cor vermelha de nenhuma cultivar, porém, melhorou as propriedades funcionais da casca da cultivar Daiane. O regulador de crescimento etefon, aumentou a cor vermelha da epiderme de maçãs ‘Monalisa’, ‘Daiane’ e ‘Venice’, e melhorou as propriedades funcionais dos frutos, no entanto, antecipou a maturação. Já em cultivares de maçãs tardias (‘Fuji’, ‘Baronesa’ e ‘Elenise’), os produtos não melhoraram a coloração vermelha da epiderme das maçãs e nem a qualidade dos frutos, indicando que fatores ambientais podem influenciar o efeito dos compostos. Em maçãs ‘Fuji’, os tratamentos não apresentaram diferenças em relação à qualidade pós-colheita após 150 dias de armazenamento refrigerado. A coloração vermelha da epiderme de maçãs ‘Monalisa’ é incrementada com etefon, de maçãs ‘Venice’ com etefon, bioestimulante I e fertilizante foliar I + fertilizante foliar II, e de maçãs ‘Daiane’ com etefon, bioestimulantes I e II e fertilizante foliar I + fertilizante foliar II.

**Palavras-chave:** *Malus domestica*. Cor vermelha. Bioestimulantes. Fertilizante foliar. Qualidade de fruto.



## ABSTRACT

This study aimed to evaluate the action of biostimulants, foliar fertilizers and ethephon on increasing the red color in the peel of bicoloured apples cultivars Monalisa, Daiane Venice, Fuji, Baronesa and Elenise, and also the action of these compounds on maturation, fruit quality and storage potential. For the season 2015/2016, the treatments were control (without application), biostimulant I, foliar fertilizer I + foliar fertilizer II, biostimulant II and KCl using Daiane, Venice and Fuji cultivars. For the season 2016/2017, in addition to the cultivars evaluated in the previous season, the cultivars Monalisa, Baronesa and Elenise were also evaluated. In addition to the treatments tested in the season 2015/2016, the effect of the application of ethephon was also analyzed in 2016/2017. All treatments were applied about 30 days prior to harvesting of the respective cultivars and, with the exception of etefon (applied only once), the treatments had three subsequent reapplications, sequentially, every seven days. The fruits were evaluated in relation to the percentage of red color in the peel, color attributes, functional properties in the peel, maturity attributes and average weight. For the cultivar Fuji, the storage potential was also analyzed. Products have improved red color of the peel and the quality of the cultivars of early and middle station ('Monalisa', 'Daiane' and 'Venice'), and, except for ethephon, they did not affect the maturity of apples. The biostimulant I, a product composed by K<sub>2</sub>O and organic compounds, increased the red color of 'Daiane' and 'Venice' apples, and improved the functional properties in peel of 'Daiane' apples. Foliar fertilizers I and II, composed of macro and micronutrients, increased the red color of 'Daiane' and 'Venice' apples, and the functional properties in peel of 'Daiane' apples. Biostimulant II, a product based on plant extracts, amino acids and monosaccharides, increased the red color of the peel and the anthocyanin pigments of 'Daiane' apples. The KCl fertilizer did not increase the red color of any cultivar, however, it improved the functional properties of the peel of 'Daiane'. The growth regulator ethephon increased the red color of the 'Monalisa', 'Daiane' and 'Venice' apples peel and improved the functional properties of the fruits, however, anticipated the maturity. On the other hand, in cultivars of late harvesting ('Fuji', 'Baronesa' and 'Elenise'), the products did not improve the red color of the peel or fruit quality, indicating that environmental factors may influence the effect of the compounds. In 'Fuji' apples, the treatments showed no difference in postharvest quality after 150 days of refrigerated storage. The red color of the peel of 'Monalisa' apples is enhanced with ethephon, 'Venice' apples with ethephon, biostimulant I and foliar fertilizer I + foliar fertilizer II, and 'Daiane' apples with ethephon, biostimulants I and II, and foliar fertilizer I + foliar fertilizer II.

**Keywords:** *Malus domestica*. Red color. Biostimulants. Foliar fertilizer. Fruit quality.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Teores de compostos fenólicos totais (A), antocianinas totais (B) e atividade antioxidante total determinada pelos métodos DPPH (C) e ABTS (D), na casca de maçãs ‘Daiane’ na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.....	52
Figura 2 -	Taxas respiratória (A) e de produção de etileno (B) de maçãs ‘Daiane’ na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.....	53
Figura 3 -	Teores de compostos fenólicos totais (A), antocianinas totais (B) e atividade antioxidante total determinada pelos métodos DPPH (C) e ABTS (D), na casca de maçãs ‘Venice’ na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.....	59
Figura 4 -	Taxas respiratória (A) e de produção de etileno (B) de maçãs ‘Venice’ na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.....	60
Figura 5 -	Teores de compostos fenólicos totais (A), antocianinas totais (B) e atividade antioxidante total determinada pelos métodos DPPH (C) e ABTS (D), na casca de maçãs ‘Monalisa’ na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.....	63
Figura 6 -	Taxas respiratória (A) e de produção de etileno (B) de maçãs ‘Monalisa’ na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.....	64
Figura 7 -	Taxas respiratória (A) e de produção de etileno (B) de maçãs ‘Fuji’ na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.....	67
Figura 8 -	Teores de compostos fenólicos totais (A), antocianinas totais (B) e atividade antioxidante total determinada pelos métodos DPPH (C) e ABTS (D), na casca de maçãs ‘Fuji’ na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.....	68
Figura 9 -	Firmeza de polpa (A) e acidez titulável (B) de maçãs ‘Fuji’ após 150 dias de armazenamento refrigerado ( $0,5\pm0,2$ °C e UR de $85\pm5\%$ ) e mais sete dias de exposição dos frutos em temperatura ambiente ( $23\pm0,3$ °C e UR de $68\pm0,6\%$ ), em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.....	70
Figura 10 -	Taxas respiratória (A) e de produção de etileno (B) de maçãs ‘Elenise’ na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.....	74

Figura 11 - Teores de compostos fenólicos totais (A), antocianinas totais (B) e atividade antioxidante total determinada pelos métodos DPPH (C) e ABTS (D), na casca de maçãs ‘Elenise’ na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.....	76
Figura 12 - Teores de compostos fenólicos totais (A), antocianinas totais (B) e atividade antioxidante total determinada pelos métodos DPPH (C) e ABTS (D), na casca de maçãs ‘Baronesa’ na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.....	81
Figura 13 - Taxas respiratória (A) e de produção de etileno (B) de maçãs ‘Baronesa’ na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.....	82
Figura 14 - Temperaturas diárias máxima e mínima e médias noturna e diurna durante a maturação dos frutos nas safras 2015/2016 (A) e 2016/2017 (B), em Caçador, SC.....	115
Figura 15 - Amostragens de maçãs ‘Daiane’ dos tratamentos testemunha (A), biostimulante I (B), fertilizante foliar I + fertilizante foliar II (C), bioestimulante II (D), KCl (E) e etefon (F), após a colheita. Caçador, SC.....	117
Figura 16 - Contraste entre maçãs ‘Venice’ tratadas com etefon (A) e testemunha (B), após a colheita. Caçador, SC.....	119

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Porcentagem de maçãs ‘Daiane’ com percentual de recobrimento do fruto com coloração vermelha da epiderme acima de 50% e 80% na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, em duas safras. Caçador, SC.....	48
Tabela 2 -	Atributos de cor na epiderme, nas regiões mais e menos vermelhas, de maçãs ‘Daiane’ na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.....	50
Tabela 3 -	Índice de iodo-amido (IA), firmeza de polpa (FP), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT), de maçãs ‘Daiane’ na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, em duas safras. Caçador, SC.....	54
Tabela 4 -	Porcentagem de maçãs ‘Venice’ com percentual de recobrimento do fruto com coloração vermelha da epiderme acima de 50% e 80% na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, em duas safras. Caçador, SC.....	57
Tabela 5 -	Atributos de cor na epiderme, nas regiões mais e menos vermelhas, de maçãs ‘Daiane’ na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.....	58
Tabela 6 -	Porcentagem de maçãs ‘Monalisa’ com percentual de recobrimento do fruto com coloração vermelha da epiderme acima de 50% e 80%, saturação e tonalidade do vermelho dos frutos na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, em duas safras. Caçador, SC.....	61
Tabela 7 -	Tonalidade da cor na região menos vermelha, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT), índice de iodo-amido (IA) e firmeza de polpa (FP), de maçãs ‘Monalisa’ na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.....	62
Tabela 8 -	Porcentagem de maçãs ‘Fuji’ com percentual de recobrimento do fruto com coloração vermelha da epiderme acima de 50% e 80% e tonalidade da cor na região mais vermelha na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, em duas safras. Caçador, SC.....	66
Tabela 9 -	Teores de sólidos solúveis (SS), relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT), e índice de iodo-amido (IA) de maçãs ‘Fuji’ na colheita e após 150 dias de armazenamento refrigerado seguido por mais sete dias de exposição dos frutos em temperatura ambiente, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon, na safra 2016/2017. Caçador, SC....	69

Tabela 10 -	Tonalidade da cor na região menos vermelha na epiderme de maçãs 'Fuji' na colheita, depois de 150 dias de armazenamento refrigerado ( $0,5\pm0,2$ °C e UR de $85\pm5\%$ ) e mais sete dias de exposição dos frutos em temperatura ambiente ( $23\pm0,3$ °C e UR de $68\pm0,6\%$ ), em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.....	71
Tabela 11 -	Porcentagens de podridões e escaldadura superficial de maçãs 'Fuji' após 150 dias de armazenamento refrigerado ( $0,5\pm0,2$ °C e UR de $85\pm5\%$ ) e mais sete dias de exposição dos frutos em temperatura ambiente ( $23\pm0,3$ °C e UR de $68\pm0,6\%$ ), em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.....	72
Tabela 12 -	Porcentagem de maçãs 'Elenise' com percentual de recobrimento do fruto com coloração vermelha da epiderme acima de 50% e 80% e atributos de cor na região mais vermelha na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.....	73
Tabela 13 -	Produção por planta e massa média de maçãs 'Elenise', em função da aplicação de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.....	74
Tabela 14 -	Tonalidade da cor na região menos vermelha, índice de iodo-amido e firmeza de polpa, de maçãs 'Elenise' na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.....	75
Tabela 15 -	Porcentagem de maçãs 'Baronesa' com percentual de recobrimento do fruto com coloração vermelha da epiderme acima de 50% e 80% e atributos de cor na região mais vermelha na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.....	77
Tabela 16 -	Produção por planta, massa média de maçãs e retorno de floração de plantas de 'Baronesa', em função da aplicação de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.....	78
Tabela 17 -	Atributos de cor na epiderme da região menos vermelha, firmeza de polpa (FP), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT), de maçãs 'Baronesa' na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.....	79

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1-MCP	1-metilciclopropeno
ABTS	2,2'-azino-bis (3-etylbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)
DPPH	2,2-difenil-1-picrilhidrazila
2,4-D	2,4-diclofenoxipropiônico
Trolox	6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico
AT	Acidez titulável
ACC	Ácido-1-carboxílico-1-aminociclopropano
AVG	Aminoetoxivinilglicina
ANOVA	Análise da variância
$h^\circ$	Ângulo hue
ANS	Antocianidina sintase
ANT	Antocianinas totais
AR	Armazenamento refrigerado
AAT	Atividade antioxidante total
cm	centímetro
CHI	Chalcona isomerase
CHS	Chalcona síntase
CY3-ARA	Cianidina-3-arabinosídeo
CY3-GAL	Cianidina-3-galactosídeo
CY3-GLU	Cianidina-3-glucosídeo
CY3-RUT	Cianidina-3-rutinosídeo
CY3-XIL	Cianidina-3-xilosídeo
KCl	Cloreto de potássio
CV	Coeficiente de variação
CFT	Compostos fenólicos totais
DFR	Dihidroflavonóide-4-redutase
LED	Diodo emissor de luz
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
Epagri	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
EAG	Equivalente de ácido gálico
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	Etileno
PAL	Fenilalanina amônia-liase
FP	Firmeza de polpa
F3H	Flavanóide-3-hidroxilase
FHT	Flavanóide-3-oxoglutarato
FAOSTAT	Food and agriculture Organization of the United Nations
FE	Frutificação efetiva
g	Grama
°Brix	Grau Brix
°C	Grau Celsius
ha	Hectare
IA	Iodo-amido
L	Litro
L*	Luminosidade
>	Maior
MF	Massa fresca
<	Menor

m	Metro
$\mu\text{g}$	Micro grama
$\mu\text{L}$	Micro litro
$\mu\text{Mol}$	Micro mol
$\text{mM}$	Milimolar
$\text{mL}$	Mililitro
mm	Milímetro
$\eta\text{mol}$	Nano mol
Nm	Nanômetro
ns	Não significativo
N	Newton
n°	Número
W	Oeste
K <sub>2</sub> O	Óxido de potássio
K <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	Persulfato de potássio
pH	Potencial hidrogeniônico
MYB	Proteína proto-oncogênica
kg	Quilograma
RFA	Radiação fotossinteticamente ativa
SS/AT	Relação sólidos solúveis/acidez titulável
RF	Retorno de floração
C*	Saturação
SS	Sólidos solúveis
S	Sul
UGFT	UDP-Galactose-flavonóide-3-O-Glicosiltransferase
UV	Ultravioleta
UR	Umidade relativa
UDP	Uridina difosfato galactose
v/v	Volume por volume

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>19</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>25</b>
2.1	PANORAMA DA MACIEIRA .....	25
2.2	ANTOCIANINAS NA MAÇÃ .....	28
2.3	FATORES QUE AFETAM A SÍNTESE DE ANTOCIANINAS.....	29
2.3.1	Genético (cultivares).....	30
2.3.2	Luz .....	30
2.3.3	Temperatura .....	32
2.3.4	Nutrientes .....	35
2.3.5	Reguladores de crescimento .....	37
2.3.6	Bioestimulantes.....	39
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>41</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>47</b>
4.1	CULTIVARES DE MATURAÇÃO PRECOCE E DE MEIA ESTAÇÃO .....	47
4.1.1	Daiane .....	48
4.1.2	SCS426 Venice .....	56
4.1.3	SCS417 Monalisa.....	60
4.2	CULTIVARES DE MATURAÇÃO TARDIA.....	65
4.2.1	Fuji.....	65
4.2.2	SCS427 Elenise .....	73
4.2.3	Epagri 406-Baronesa.....	77
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>85</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>87</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>89</b>
	<b>ANEXO A - TEMPERATURAS DIÁRIAS .....</b>	<b>115</b>
	<b>ANEXO B - AMOSTRAGENS DE MAÇÃS ‘DAIANE’ .....</b>	<b>117</b>
	<b>ANEXO C - CONTRASTE ENTRE MAÇÃS ‘VENICE’ .....</b>	<b>119</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a cultura da macieira no Brasil apresentou grande evolução em termos produtivos em consequência de avanços tecnológicos, como controle fitossanitário, indução de brotação, poda, condução e controle de crescimento de plantas, raleio químico e controle da maturação de frutos, bem como tecnologias de armazenagem de maçãs em pós-colheita. Agora o foco do setor produtivo passou a ser qualidade. “Qualidade de fruto” é um conceito dinâmico que muda com base nas necessidades e percepções do consumidor. A maçã possui grande número de cultivares, que reflete também uma ampla gama de variabilidade nas características de qualidade. Em geral, a qualidade da maçã inclui variadas características externas (cor, tamanho, forma e ausência de defeitos) e internas (sabor, textura, aroma, valor nutricional, docura, acidez, propriedades funcionais e ausência de distúrbios fisiológicos e podridões). Este conjunto de atributos de qualidades, torna a maçã um dos frutos preferidos entre os consumidores e com grande comercialização mundial (LIU; ZHANG; ZHAO, 2013; SHARMA et al., 2014).

Primeiramente o consumidor avalia a maçã pela aparência, e a qualidade visual é primordial para sua aquisição (CHEN et al., 2017). Apenas depois da análise visual é que os atributos de qualidade internos da maçã serão considerados, sendo que podem determinar a frequência de compra pelo consumidor, principalmente com a crescente procura por alimentos contendo compostos funcionais que previnam doenças e sejam benéficos para o organismo (MUSACCHI; SERRA, 2018). A qualidade visual também desempenha um papel importante no mercado nacional e internacional, pois estabelece o preço da maçã quando classificada para embalar e exportar (BRASIL, 2006; GOUWS; STEYN, 2014; BLANKE, 2015). O atributo de qualidade visual mais importante para determinar o valor de mercado de maçãs vermelhas ou bicolores é a quantidade e intensidade da epiderme vermelha (IGLESIAS; ALEGRE, 2009). Embora a cor vermelha da epiderme não afete as características organolépticas do fruto (sabor, aroma e textura), é um atributo significativo para a aceitação do consumidor, pois a cor vermelha da maçã é a primeira impressão que se percebe, e induz uma assimilação de melhor maturação e qualidade sensorial aos consumidores (CRASSWELLER; HOLLENDER, 1989). No Brasil, e em grande parte do mundo, a preferência do consumidor é pela maçã com coloração mais vermelha.

A cor da epiderme da maçã é formada basicamente pela concentração de três grupos de pigmentos, e as concentrações destes pigmentos mudam durante o desenvolvimento do fruto. As clorofitas são pigmentos verdes e os carotenoides são amarelos, laranja ou vermelhos, ambos localizados nos cloroplastos. As antocianinas são vermelhas, azuis ou roxas e estão localizadas nos vacúolos. À medida que as maçãs amadurecem, a clorofila é degradada e os carotenoides aumentam. Ao mesmo tempo, as antocianinas são sintetizadas expressivamente, e a cor vermelha da epiderme dependerá da proporção dessas células contendo antocianinas bem como da proporção de antocianinas nessas células. Portanto, maçãs vermelhas e bicolores dependem do teor de antocianinas para atingir uma coloração da epiderme suficiente para conferir qualidade ao fruto.

As antocianinas pertencem a uma classe de moléculas chamadas flavonoides (TREUTTER, 2006), são antioxidantes (BOYER; LIU, 2004), podem proteger os tecidos das plantas da luz ultravioleta (UV) e das altas temperaturas, além de desempenhar funções biológicas e atuarem no mecanismo de defesa. Suas cores têm papel importante na polinização de flores e na dispersão de sementes dos frutos. A via de biossíntese das antocianinas é bem compreendida, existindo sete etapas bioquímicas necessárias para sintetizar a antocianina a partir do precursor primário, o aminoácido fenilalanina. Pesquisas recentes mostraram que a síntese de antocianinas na casca da maçã é regulada por uma família de genes (AN et al., 2017). Cada passo no processo é catalisado por uma enzima diferente e cada uma dessas enzimas é regulada pela expressão de um ou mais genes. Para três das seis primeiras etapas do processo, os genes são regulados pela luz (PENG et al., 2013), e para as três etapas seguintes, os genes são regulados tanto pela luz quanto pela temperatura (BAI et al., 2014). No entanto, o gene envolvido no passo final, que codifica para a enzima UDP-Galactose-flavonóide-3-o-Glicosiltransferase (UGFT), é regulado principalmente pela temperatura.

Há dois picos de acúmulo de antocianinas durante o desenvolvimento da maçã. O primeiro ocorre algumas semanas após a floração, durante a divisão celular, e não possui importância econômica. O segundo ocorre durante a maturação, a partir de algumas semanas antes da colheita, e é quando ocorre a formação de cor vermelha na epiderme das maçãs (SAURE, 1990; SEVERINO et al., 2014).

A formação de cor vermelha na epiderme da maçã está atrelada a uma complexa série de interações entre fatores ambientais, manejos no pomar, características genéticas da cultivar e fase de desenvolvimento do fruto. O acúmulo de antocianinas corresponde ao potencial genético da cultivar, que, por sua vez, é dependente de uma nutrição equilibrada e de fatores ambientais como luz e temperatura. Desta maneira, condições como pomares com cultivares geneticamente inferiores em acumular antocianinas, com excessivo vigor de plantas, com nutrição desequilibrada ou manejos irregulares ou ainda pomares instalados em regiões com condições ambientais que não são consideradas como o ideal, com clima adverso como chuva excessiva, nebulosidade e altas temperaturas, são fatores que comprometem a coloração da epiderme do fruto.

Nas principais regiões produtoras de maçã do sul do Brasil, essas condições adversas estão habitualmente presentes nos pomares. Com isso, diversas técnicas de manejo são estudadas e apresentam bons resultados, principalmente visando intensificar diretamente os fatores ambientais, como sistemas de condução, poda verde, porta-enxertos anões, uso de mantas reflexivas, ensacamento de frutos, desfolha, raleio e irrigação (FUNKE; BLANKE, 2011; MEINHOLD et al., 2011; BLANKE, 2015), todas com o objetivo de aumentar ou melhorar a incidência de luz nos frutos e controlar a temperatura, fazendo com que a cultivar possa expressar o seu máximo potencial genético. As principais barreiras para o uso destas técnicas são a grande demanda por mão-de-obra, os altos custos de implantação e as dificuldades logísticas da execução dos manejos, que acabam não compensando o retorno financeiro da produção de maçãs com melhor coloração vermelha da epiderme. Para Iglesias, Echeverría e Soria (2008), a maneira mais fácil e econômica de melhorar a coloração das maçãs é plantar novas cultivares ou mutações de cultivares com potencial maior de sintetizar antocianinas na região de interesse. Nesse sentido, países com tradição na produção de maçãs têm tentado ao longo das décadas ampliar o número de cultivares adotadas pelo setor produtivo. No Brasil, a diversificação de cultivares de macieira, além de poder elevar a qualidade das maçãs, é uma oportunidade para sanar ou minimizar entraves, como a falta de adaptação climática às regiões produtoras, a dificuldade de controle fitossanitário nos pomares, e os problemas logísticos de utilização de mão-de-obra na colheita (KVITSCHAL; HAWERROTH; BRIGHENTI, 2018). No entanto, em pomares já estabelecidos, em regiões com variações climáticas acentuadas, na

inexistência de cultivares adaptadas, ou onde a exigência do mercado não favoreça as cultivares mais adaptadas, diferentes alternativas precisam ser estudadas.

O manejo com produtos químicos para melhorar a coloração vermelha tem se constituído como alternativa que vem crescendo nos últimos anos devido à facilidade de execução e aos resultados satisfatórios obtidos. Os reguladores de crescimento já foram bastante estudados, e, em diversas situações, são utilizados para aumentar a coloração vermelha das maçãs. Um exemplo é o etefon, um regulador de crescimento que libera etileno, hormônio ligado à maturação, aumentando e intensificando a coloração vermelha da epiderme das maçãs (MC GLASSON, 1985; LOONEY, 2004; STEFFENS; BRACKMANN, 2006). Porém, por estimular a biossíntese de etileno, em algumas cultivares, o etefon pode aumentar o risco de perdas por queda de frutos em pré-colheita e reduzir o potencial de armazenagem (SUN et al., 2009). Alguns estudos mostraram que a aplicação de etefon pode interferir negativamente no índice de hidrólise de amido, reduzindo a firmeza de polpa, a acidez titulável e aumentando a taxa respiratória, a biossíntese de carotenoides e a degradação de clorofila (AWAD; DE JAGER, 2002b; LI; GEMMA; IWAHORI, 2002; ALBA et al., 2005; PESTEANU, 2017). Além disso, se as condições climáticas não forem favoráveis, a maturação fisiológica avançará sem o desenvolvimento dos pigmentos antocianinas (WANG; DILLEY, 2001).

Blanke (2016) relata que sempre há no mercado novos produtos com altas expectativas para aumentar a síntese de antocianinas e a cor vermelha da epiderme das maçãs, principalmente fertilizantes foliares e bioestimulantes. O Sunred® é um bioestimulante à base de extratos vegetais, que contém, em sua formulação, aminoácidos precursores das vias de biossíntese do etileno e das antocianinas, reguladores da clorofilase e monossacarídeos. Alguns trabalhos já demonstraram a eficiência deste produto na melhoria da qualidade de maçãs (BLANKE; KUNZ, 2016; SCHUHKNECHT et al., 2018). O Potassium-S King® é outro bioestimulante à base de compostos orgânicos, que possui em sua formulação óxido de potássio de rápida absorção. O Mover® (composto de N, B, Cu, Mo e Zn) e Hold® (composto de N, P, S, Co e Mo) são dois fertilizantes foliares comerciais. Nutrientes minerais, como o K e o B, estão associados à qualidade de frutos. O K participa de processos fisiológicos ligados ao transporte de açúcares e fotossíntese, e pode aumentar a coloração vermelha da epiderme de maçãs, além de favorecer o acúmulo de ácidos orgânicos, açúcares solúveis e amido nos frutos (NAVA; DECHEN; NACHTIGALL, 2008).

Todavia, o B pode aumentar a coloração vermelha na epiderme de maçãs promovendo a síntese de etileno (FALLAHI et al., 2010). Desta maneira, acredita-se que estes produtos podem incrementar a coloração vermelha em maçãs através da fertilização foliar, que é um processo de fácil aplicação, apresenta distribuição uniforme dos elementos minerais e respostas rápidas aos nutrientes aplicados (KHAYYAT et al., 2007).

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de bioestimulantes, fertilizantes foliares e de etefon sobre a qualidade visual de maçãs, especialmente sobre a cor vermelha na epiderme, bem como, sobre a maturação e propriedades funcionais na casca de frutos em seis cultivares bicolores de macieira.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 PANORAMA DA MACIEIRA

A macieira (*Malus domestica* Borkh.) é uma das frutíferas mais cultivadas no mundo, com uma produção de 88,33 milhões de toneladas em 2016 (FAOSTAT, 2018). Apesar da diversidade de cultivares, cerca de 60% da produção mundial é limitada a cinco cultivares, enquanto no Brasil, mais de 90% da produção é limitada a apenas duas cultivares, incluindo suas mutações espontâneas (PETRI et al., 2011).

Segundo Iglesias, Echeverría e Soria (2008), a maioria da produção mundial de maçã é baseada em mutações de cultivares originais, como Gala, Delicious ou Fuji, com maior coloração na epiderme. No Brasil, predominam as mutações coloridas das cultivares Gala e Fuji. A escolha dessas mutações somáticas é a maneira mais fácil e econômica de reduzir as deficiências de coloração vermelha da epiderme de maçãs e aumentar a lucratividade (RAPILLARD; DESSIMOZ, 2000; CHEN et al., 2017). Porém, o alto requerimento de frio hibernal dos clones de Gala e Fuji incorrem em baixa previsibilidade de comportamento fenológico ao longo dos anos, uma vez que nas áreas de produção brasileira, o acúmulo de frio no inverno é quase sempre insuficiente. A elevada susceptibilidade às principais doenças, como a sarna (*Venturia inaequalis*) e a mancha foliar de glomerella (*Colletotrichum spp.*), também tem dificultado a eficiência do controle fitossanitário, uma vez que as condições de clima nas regiões do país são tipicamente muito favoráveis ao desenvolvimento dessas doenças. Outra questão de grande relevância está relacionada aos grandes volumes de frutos a serem colhidos das cultivares Gala e Fuji num espaço de tempo relativamente curto, o que demanda grande volume de mão-de-obra.

Cultivares de menor requerimento de frio hibernal permitem maior previsibilidade do potencial produtivo e maior eficiência das tecnologias. Da mesma forma, a resistência genética às doenças garante aos fruticultores eficiência de controle fitossanitário nos pomares, o que implica em redução de perdas por altos níveis de incidência de doenças e redução do custo de produção. Ainda, o uso de cultivares com época de maturação e colheita diferenciada em relação às tradicionais Gala e Fuji permite otimizar a logística de uso da mão-de-obra

disponível, possibilitando aos fruticultores escalar a colheita de maçãs (KVITSCHAL; HAWERROTH; BRIGHENTI, 2018).

Petri et al. (2011) afirmaram que o sucesso da cultura da macieira no Brasil está ligado aos avanços tecnológicos que acompanharam a cultura, sendo que, um dos principais fatores para tanto foi a introdução de cultivares promissoras. Os avanços ainda dependem da introdução de novas cultivares, pois o cultivo de apenas duas cultivares e suas mutações somáticas representa um grande risco a progressão da cultura. Cultivares desenvolvidas no Brasil possuem diversos atributos agronômicos que lhes conferem vantagens, uma vez que o processo de seleção foi direcionado especificamente para a mitigação de problemas específicos que ocorrem nas regiões de produção do país, levando ao desenvolvimento de genótipos mais adaptados (KVITSCHAL; HAWERROTH; BRIGHENTI, 2018). Neste sentido, cultivares com diferentes períodos de maturação podem reduzir substancialmente o custo de produção, evitando a dependência de uso de moléculas químicas, que existe para escalar a colheita. Cultivares climaticamente mais adaptadas podem reduzir a demanda de mão-de-obra com poda e arqueamento, diminuir o uso de reguladores de crescimento para reduzir o crescimento vegetativo. Podem manter constante a produção anualmente, com bom retorno de floração, evitando alternâncias de produções e melhorar a eficácia de outras tecnologias, como o raleio químico.

Neste contexto, programas de melhoramento genético espalhados pelo mundo, desenvolvem cultivares para atender as necessidades das regiões de interesse (FURLAN et al., 2010). No Brasil, a Empresa de Pesquisa e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) mantém há décadas um programa de melhoramento genético, o qual já proporcionou o lançamento de dezenas de cultivares de macieira (KVITSCHAL; DENARDI, 2010). Algumas dessas cultivares são promissoras, apresentando alto potencial para utilização no Sul do Brasil, com diversas vantagens agronômicas e resistência a patógenos (FURLAN et al., 2010). Como opções de cultivares destacam-se: ‘Monalisa’, ‘Daiane’, ‘Venice’, ‘Elenise’ e ‘Baronesa’. Todas são resistentes à mancha foliar de glomerella (*Colletotrichum spp*) (DENARDI; BERTON; SPENGLER, 2003). A cultivar Monalisa permite antecipar a colheita em alguns dias em relação aos clones de ‘Gala’ (DENARDI; CAMILO; KVITSCHAL, 2013). As cultivares Venice e Daiane são de ciclo intermediário, cuja maturação dos frutos ocorre entre os períodos de colheita das macieiras ‘Gala’ e

‘Fuji’ (DENARDI; CAMILO, 1998; BETINELLI et al., 2017). As cultivares Baronesa e Elenise são opções para colheita tardia, que possibilita a ampliação do calendário de colheita de maçãs no Brasil (DENARDI; KVITSCHAL; HAWERROTH, 2015).

A ‘Monalisa’ é resultante do cruzamento ‘Gala’♀ x ‘Malus 4’♂ realizado em 1988, e foi lançada como cultivar em 2009 (DENARDI; CAMILO; KVITSCHAL, 2013). Tem epiderme de coloração vermelho-rosa, brilhante, sem estrias, cobrindo geralmente mais de 80% da superfície do fruto sobre fundo esbranquiçado. O padrão de coloração dos frutos é tipicamente bicolor, com ausência de vermelho na face sombreada do fruto. A ‘Daiane’ apresenta alto potencial produtivo, podendo superar o desempenho das cultivares Gala e Fuji (FIORAVANÇO et al., 2011). Essa cultivar foi obtida a partir do cruzamento entre a ‘Gala’♀ e ‘Princesa’♂ em 1985, e lançada como cultivar no mercado em 1998 (DENARDI; CAMILO, 1998). A epiderme é de coloração vermelha brilhante com estrias, de padrão bicolor, sobre fundo amarelo. A ‘Venice’ possui alta qualidade gustativa e longa capacidade de conservação dos frutos (DE MARTIN et al., 2018). É descendente do cruzamento ‘Imperatriz’♀ x ‘Baronesa’♂, realizado no ano 2000, sendo lançada comercialmente como nova cultivar em 2015 (DENARDI; KVITSCHAL; HAWERROTH al., 2015). A epiderme é de coloração vermelha/carmim de tonalidade mais escura, de padrão bicolor, sem estrias, sobre fundo amarelo e sem “russeting”. Embora de padrão bicolor, apresenta tonalidade vermelha mais intensa, com lenticelas mais esparsas que nos frutos da ‘Fuji Suprema’. A cultivar Baronesa foi obtida por hibridação envolvendo a ‘Fuji’♀ x ‘Princesa’♂, realizada em 1985, sendo lançada como nova cultivar em 1997 (DENARDI; CAMILO, 1997). A coloração da epiderme é vermelha opaca, de padrão bicolor sobre fundo amarelo-esverdeado. Embora apresente deficiências na coloração da epiderme dos frutos, a ‘Baronesa’ tem como principais pontos positivos o médio requerimento de frio hibernal, a alta resistência à mancha foliar de glomerella e a longa capacidade de conservação. A ‘Elenise’ é descendente do cruzamento entre ‘Imperatriz’♀ e ‘Cripps Pink’♂, realizado em 2001, sendo lançada comercialmente como cultivar em 2015 (DENARDI; KVITSCHAL; HAWERROTH, 2015). Essa cultivar produz frutos de calibre grande, com epiderme de coloração vermelho-rosa, de padrão bicolor, muito semelhantes aos frutos da ‘Cripps Pink’.

## 2.2 ANTOCIANINAS NA MAÇÃ

O termo antocianina é de origem grega (*anthos*, uma flor, e *kyanos*, azul escuro). As antocianinas são, depois das clorofitas, o mais importante grupo de pigmentos de origem vegetal (HARBORNE; GRAYER, 1988), e compõem o maior grupo de pigmentos solúveis em água do reino vegetal (BRIDLE; TIMBERLAKE, 1997).

A composição de antocianina das maçãs é simples comparada com a de outras culturas frutíferas, como uvas e mirtilos (HONDA; MORIYA, 2018), e é semelhante entre as diferentes cultivares, embora a aparência da casca possa diferir, e uma razão para isso é que a cor da epiderme da maçã também é influenciada pelos teores de clorofila e carotenoides (HONDA; MORIYA, 2018). Na macieira, a síntese de antocianinas é dependente da luz (LANCASTER; DOUGALL, 1992; IGLESIAS; ALEGRE, 2009), da temperatura (FARAGHER, 1983; LIN-WANG et al., 2011), maturação do fruto e cultivar (DICKINSON; WHITE, 1986; CURRY, 1997; IGLESIAS et al., 1999). A síntese de antocianinas relacionada com a formação de cor vermelha no fruto inicia-se entre quatro e seis semanas antes da colheita na macieira (ARAKAWA; HORI; OGATA, 1986; LANCASTER; DOUGALL, 1992).

A base genética da biossíntese das antocianinas é bem conhecida (SPRINGOB et al., 2003; VELASCO et al., 2010). A síntese de antocianinas na casca de maçã começa com a enzima chave fenilalanina amônia-liase (PAL), na via do ácido chiquímico, continuando por uma sequência de etapas enzimáticas, envolvendo numerosos fatores reguladores, e finalizada com a ação da enzima UDP-Galactose-flavonóide-3-o-Glicosiltransferase (UGFT), que promoverá a coloração à antocianidina (TREUTTER, 2010).

Em nível molecular, a biossíntese das antocianinas é regulada por uma gama de fatores de transcrição das enzimas na via de biossíntese, de forma coordenada (GONZALEZ et al., 2008). O MYB 10 é o gene responsável pelo controle da síntese de antocianinas durante o desenvolvimento da maçã, enquanto o gene MYB 1 responde positivamente à combinação de estímulos ambientais, como radiação UV e frio (VOM ENDT; KIJNE; MEMELINK, 2002). Para transmitir a informação genética, é necessário o estímulo ambiental do frio, da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e luz UV (TAKOS et al., 2006). O açúcar é outro pré-requisito para a

ligação alfa-glicosídica na síntese de antocianinas (SAURE, 1990; TREUTTER, 2010).

As antocianinas à base de cianidina são as principais na macieira (LANCASTER; DOUGALL, 1992; MAZZA; VELIOGLU, 1992; KONDO et al., 2002). Cerca de cinco antocianinas foram identificadas na casca de maçã, sendo a cianidina-3-galactosídeo (CY3-GAL) a principal, representando 80% das antocianinas totais (TREUTTER, 2001). As antocianinas restantes incluem cianidina-3-glucosídeo (CY3-GLU), cianidina-3-arabinosídeo (CY3-ARA), cianidina-3-rutinosídeo (CY3-RUT) e cianidina-3-xilosídeo (CY3-XIL) (BEN-YEHUDAH et al., 2005).

### 2.3 FATORES QUE AFETAM A SÍNTESE DE ANTOCIANINAS

A maçã contém muitos pigmentos, como antocianinas, clorofilas, carotenoides e flavonóis, que podem se misturar para produzir sua cor (SAURE, 1990). Os mais importantes destes compostos para a coloração em maçãs são as antocianinas, localizadas na casca, que aumentam consideravelmente durante o amadurecimento de algumas cultivares (SAURE, 1990).

A síntese de antocianinas é regulada por fatores externos ambientais e fatores internos inerentes ao próprio genótipo, mas também pode ser influenciada por fatores externos bióticos e abióticos e pelo manejo fitotécnico. Todos os fatores internos e externos são dependentes entre si, e esta inter-relação é essencial para a síntese e acúmulo de antocianinas na casca das maçãs (FARAGHER, 1983; UBI et al., 2006). No entanto, ainda não está claro como esses componentes de sinalização regulam de forma coordenada o nível de acúmulo de antocianinas na casca da maçã, e como eles geram diferenças na cor da epiderme entre as diferentes cultivares de macieira (HONDA; MORIYA, 2018). Ao longo da rota de biossíntese das antocianinas são muitas as etapas que podem ser individualmente influenciadas por diferentes fatores fisiológicos, ambientais e de manejo, cujo resultado dará origem à cor final visível. Os principais fatores que afetam a síntese de antocianinas são genéticos (cultivares), climáticos (luz e temperatura), nutricionais e tecnológicos (reguladores de crescimento e bioestimulantes).

### **2.3.1 Genético (cultivares)**

Segundo Vieira et al. (2009b), o genótipo é o principal fator que determina a composição dos compostos bioativos nas maçãs. O conteúdo de compostos fenólicos, antocianinas e consequentemente o potencial de coloração em maçãs varia consideravelmente entre cultivares (MCGHIE; HUNT; BARNETT, 2005; DROGOUDI; MICHAELIDIS; PANTELIDIS, 2008; KHANIZADEH et al., 2008).

Iglesias, Echeverría e Soria (2008) estudando mutações de maçãs ‘Gala’, e Iglesias, Echeverría e Lopez (2012) estudando mutações de maçãs ‘Fuji’, observaram que as diferentes mutações, de suas respectivas cultivares, não apresentaram diferenças nos parâmetros de maturação, qualidade pós-colheita e compostos funcionais entre elas, no entanto, apresentaram diferenças significativas na intensidade de cor e na aparência das maçãs. A variabilidade genética neste caso é de grande importância no aumento da qualidade visual da maçã, pois mostra que existem padrões diferentes para acumulação de pigmentos e desenvolvimento de cor entre cultivares. Porém, como os fatores que afetam a coloração vermelha da epiderme de maçãs são intimamente dependentes, uma cultivar colorida numa região pode apresentar coloração deficiente em outra, considerando os fatores ambientais distintos entre regiões (FARAGHER, 1983; UBI et al., 2006). Honda e Moriya (2018) relatam que foi desenvolvido um procedimento de seleção assistida por marcadores, o qual permite aos melhoristas rastrear efetivamente os indivíduos que irão gerar maçãs com epiderme mais vermelha, usando genótipos MdMYB1 (MORIYA et al., 2017). Segundo os mesmos autores, este procedimento facilitará o desenvolvimento de novas cultivares de maçã com epiderme mais vermelha, melhor adaptadas ao clima adverso, apenas com a genética.

### **2.3.2 Luz**

A luz é o fator ambiental mais importante que afeta o desenvolvimento da cor vermelha nas maçãs (SAURE, 1990). Porém, a resposta da maçã à luz varia consideravelmente de acordo com a cultivar e o estádio de maturação dos frutos (ARAKAWA, 1988; SAURE, 1990; LANCASTER; DOUGALL, 1992).

O acúmulo de açúcar nas maçãs é necessário para a síntese de antocianinas (SAURE, 1990; RUPASINGHE et al., 2010). No entanto, os efeitos da luz sobre a

síntese de antocianinas podem não só ser explicados pelo fornecimento de energia para a assimilação de carbono, que proporciona assim metabólitos de carbono para sua biossíntese. A biossíntese de antocianina é um processo dependente da luz, porque as principais enzimas envolvidas na sua via de biossíntese, PAL e UFGT, são induzidas pela luz (JU; DUAN; JU, 1999; JU et al., 1999; UBI, 2004). A luz induz a expressão coordenada dos genes destas enzimas na via de biossíntese da antocianina na casca da maçã (KIM et al., 2003). Assim, aumentando a intensidade da luz dentro do dossel da planta, se estimula a síntese de antocianinas, acelerando a atividade de UFGT e PAL.

A iluminação dentro do dossel da macieira dependerá do porta-enxerto, do sistema de condução, da orientação das fileiras, do uso ou não de telas anti-granizo e também da posição do fruto no dossel da planta (AWAD; WAGENMAKERS; DE JAGER, 2001; JAKOPIC; VEBERIC; STAMPAR, 2007). Para aumentar a iluminação dentro do dossel, técnicas de manejo são muitas vezes necessárias, como, por exemplo, a poda verde, a remoção de folhas que cobrem o fruto (IWANAMI et al., 2016) e o uso de cobertura reflexiva no solo em torno da planta (SCHUHKNECHT et al., 2018). A alta carga de frutos na macieira é outro fator significativo que reduz a cor da epiderme do fruto, além do seu tamanho. A frutificação excessiva reduz a coloração através do sombreamento direto do fruto vizinho ou através da competição por assimilados necessários para a coloração. Por conseguinte, o raleio de frutos garante que a relação entre frutos e folhas esteja dentro do intervalo desejado para atingir uma maçã colorida e de qualidade (SAURE, 1990; UBI, 2004).

A qualidade e a intensidade da luz são importantes para a produção de antocianinas (YAMASAKI; UEFUJI; SAKIHAMA, 1996; DROGOUDI; PANTELIDIS, 2011). Arakawa et al. (2016) relatam que o comprimento de onda mais efetivo na região da luz visível para aumentar a síntese de antocianinas não foi identificado, e o papel da região visível no desenvolvimento da cor vermelha permanece parcialmente desconhecido. Porém, sabe-se que o comprimento de onda é de grande importância na coloração dos frutos, e o comprimento ideal difere dependendo da cultivar. Enquanto as cultivares de cor vermelha, como 'Jonathan' e 'Starking Delicious', desenvolvem cor vermelha, devido à alta produção de antocianina sob luz branca, cultivares bicolores como 'Fuji' não produzem antocianinas na mesma proporção (ARAKAWA, 1988; ARAKAWA et al., 2016). Em

geral, o acúmulo de antocianinas e o desenvolvimento da cor vermelha variam sob diferentes condições de luz para diferentes cultivares de maçã.

O espectro UV aumenta a síntese de antocianinas e melhora a coloração da maçã (ARAKAWA; HORI; OGATA, 1985). A UV-B é mais eficaz no estímulo da síntese de antocianina em comparação com a luz azul ou vermelha individuais, e age de forma sinérgica com a luz vermelha (ARAKAWA et al., 2016). Estudos mostraram também que a irradiação com diodo emissor de luz (LED) azul e vermelho aumentou a síntese de antocianinas e a atividade antioxidante na casca da maçã, mesmo sob temperaturas mais elevadas (LEKKHAM et al., 2016).

Sob condições escuras nenhuma antocianina se acumula na casca da maçã (ARAKAWA, 1991). Na flor, Dong et al. (1995) observaram que bloquear a luz UV e a luz natural antes da floração reduziu a expressão dos genes estruturais da biossíntese de antocianinas, e inibiu a síntese do pigmento (ZHAO et al., 2011). No entanto, o ensacamento de frutos na árvore melhorou a coloração vermelha de algumas cultivares de maçã. O ensacamento afeta os níveis de clorofilas, carotenoides, açúcares, ácidos orgânicos e muitos outros metabolitos secundários, inclusive antocianinas (HOFMAN et al., 1997; AMARANTE; BANKS; MAX, 2002; XU; CHEN; XIE, 2010; CHONHENCHOB et al., 2011; CHEN et al., 2017). Porém, Chen et al. (2012) relataram que mesmo aumentando a cor vermelha da epiderme de maçãs, o ensacamento dos frutos diminuiu as concentrações de compostos fenólicos, tanto na casca quanto na polpa dos frutos, além de reduzir os sólidos solúveis, açúcares, acidez titulável e conteúdos de vitamina C (CHEN et al., 2017).

### **2.3.3 Temperatura**

As condições climáticas ideais para o desenvolvimento de cor vermelha na epiderme de maçãs são relatadas há décadas, sendo preferencial a ocorrência de dias claros, com temperaturas em torno de 25 °C e noites frias (abaixo de 15 °C), durante o período de pré-colheita (duas a três semanas antes da colheita) (CHALMERS; FARAGHER; RAFF, 1973; IGLESIAS et al., 1999). Nessas condições, em oposição a temperaturas mais elevadas, as plantas não são estressadas durante o dia, aumentando assim a fotossíntese, e reduzindo as taxas de respiração à noite (CAROLUS, 1971; LANCASTER; DOUGALL, 1992). Consequentemente, mais

matéria-prima oriunda de carboidratos estará disponível para uma expressiva síntese de antocianinas (WILLIAMS, 1993).

Com o avanço da biotecnologia e da bioinformática, a rede molecular envolvida na coloração vermelha na maçã foi parcialmente identificada (PENG; MORIGUCHI, 2013). A temperatura tem um efeito importante na síntese de antocianinas, não somente influenciando o estresse da planta e alterando sua taxa respiratória, mas afetando diretamente os níveis transcripcionais de MYB 10 e outros membros do complexo de ativação (CHEN et al., 2017). O mapeamento genético permitiu identificar MYB 10 e seu papel associado à coloração vermelha da epiderme na maçã (CHAGNÉ et al., 2007). Os homólogos MYB 1 e MYB 10 demonstraram ser provavelmente alélicos (LIN-WANG et al., 2011). MYB 10 ativa os genes da via de biossíntese da antocianina, atuando como parte de um complexo proteico (BAUDRY et al., 2004). A expressão do MYB 10 não só se correlaciona com o acúmulo de antocianinas na casca das maçãs, mas também é modulada pela temperatura (LIN-WANG et al., 2011), indicando que o MYB 10 é influenciado negativamente no desenvolvimento da cor vermelha em condições quentes de verão (CHEN et al., 2017). Para Kumar e Wigge (2010), o lócus MYB 10 pode estar em uma região termo sensível.

A expressão do MYB 1 é estimulada por noites frias e grande amplitude térmica (LIN-WANG et al., 2011), ativando assim o gene que estimula a biossíntese de antocianina na maçã (CHEN et al., 2017). A sensibilidade e a capacidade de resposta da biossíntese de antocianina à temperatura refletem a uma única noite de temperatura baixa, sendo esta suficiente para provocar um grande aumento na transcrição de MYB 10 e MYB 1, e consequentemente estimular a coloração vermelha nas maçãs (LIN-WANG et al., 2011). Grandes flutuações entre temperaturas mínimas e máximas diárias podem também acionar a ativação (CURRY, 1997). A maioria dos repressores de MYB na maçã também são influenciados pela temperatura, sendo que altas temperaturas reduzem a expressão de MYB 10 (PENG; MORIGUCHI, 2013). Lin-Wang et al. (2011) mostraram que temperaturas mais quentes durante a semana anterior à colheita reprimem a síntese de antocianina, regulando negativamente a expressão de genes MYB na casca de maçãs. Honda et al. (2014) demonstraram que condições mais quentes, onde a temperatura média do ar é maior do que 4°C, proporcionam redução da coloração vermelha de maçãs durante as cinco semanas que antecedem a colheita. As

temperaturas à noite afetam o acúmulo de antocianinas na casca de maçã, regulando as expressões de cinco genes da via de biossíntese da antocianina: *chalcona sintase* (MdCHS), *flavanona-3-hidroxilase* (MdF3H), *dihidroflavonóide-4-redutase* (MdDFR), *antocianidina sintase* (MdANS) e *UDP-Galactose-flavonóide-3-O-Glicosiltransferase* (MdUFGT) (RYU et al., 2017), sendo que a ausência de luz pode anular a expressão de alguns genes (UBI, 2004).

Uma vez que a síntese de antocianina foi desencadeada, não pode ser revertida, por exemplo, por temperaturas quentes nas noites seguintes. Se um dia quente procede uma noite fria, a síntese de antocianinas reduz acentuadamente, mas já foi iniciada (LIN-WANG et al., 2011; BLANKE, 2015). Para Ban et al. (2009), a alta temperatura inibe a biossíntese de antocianinas devido à falta de cianidina na casca da maçã. Esses efeitos podem ser principalmente decorrentes da diminuição das expressões de genes da via de biossíntese de antocianina em resposta a altas temperaturas (RYU et al., 2017), mas, além disso, temperaturas acima de 30 °C podem acelerar a degradação de antocianinas (REAY, 1999; MARAIS; JACOBS; HOLCROFT, 2001; KEVANY et al., 2003). O acúmulo de cianeto e açúcares também foi inibido por altas temperaturas (BAN et al., 2009; KIM et al., 2015).

Na ausência de luz, as temperaturas também afetam a coloração vermelha da epiderme de maçãs (RYU et al., 2017). As maçãs sob temperaturas quentes no escuro reduzem o acúmulo de antocianinas (TAN, 1980), porém maçãs sob baixas temperaturas no escuro aumentam a coloração vermelha na epiderme (REAY, 1999). Foi observado acúmulo constante de uridina difosfato galactose (UDP) em baixas temperaturas, independentemente da exposição à UV-B. A temperatura baixa pode contribuir no processo de acumulação de açúcar para a biossíntese de antocianinas (BAN et al., 2009).

A temperatura ideal para a síntese de antocianinas foi também influenciada pelo estádio de maturação dos frutos e difere entre cultivares (FARAGHER, 1983; ARAKAWA, 1991). Curry (1997) relatou que o acúmulo de antocianinas é induzido durante o amadurecimento sob baixas temperaturas (<10 °C), e a síntese ocorre sob irradiação a temperaturas amenas (20-27 °C). Cultivares como Fuji têm uma escala de temperatura ótima entre 10 °C e 20 °C (SAURE, 1990). Reay e Lancaster (2001) relataram que 'Gala' e 'Royal Gala' acumularam mais antocianinas a 20 °C do que a 10 °C. As condições climáticas as quais a maçã é conduzida durante seu desenvolvimento pode mudar as temperaturas ótimas para a formação da cor

vermelha (GOUWS; STEYN, 2014). Dessa maneira, há uma preocupação que o aquecimento global afetará a produção das maçãs em relação à coloração (SUGIURA; YOKOZAWA, 2004), pois o aumento da temperatura noturna já vem sendo registrado e relacionado ao aquecimento global (THIBEAULT; SETH, 2014; IGLESIAS et al., 2016).

### 2.3.4 Nutrientes

A maioria dos elementos inorgânicos tem pouco efeito sobre a cor de maçãs, especialmente se a temperatura e a luz não forem adequadas para a síntese de pigmentos antocianos. Mas, a qualidade dos frutos é influenciada pela disponibilidade de nutrientes no solo (ERNANI; DIAS; FLORE, 2002). Nitrogênio (N) e potássio (K) são os nutrientes encontrados em concentrações mais altas na maçã, e geralmente são os nutrientes mais associados a alterações de qualidades dos frutos (NAVA; DECHEN; NACHTIGALL, 2008).

O Nitrogênio pode influenciar positivamente o tamanho das maçãs (JOHNSON, 1996; WARGO; MERWIN; WATKINS, 2003), porém seu excesso induz rápido crescimento vegetativo, o que pode resultar em sombreamento dos frutos e redução na coloração da epiderme vermelha (DAUGAARD; GRAUSLUND, 1999) e sólidos solúveis (DRIS; NISKANEN; FALLAHI, 1999). O excesso de N também pode diminuir o potencial de armazenamento, pois, aumenta a respiração e a produção de etileno (FALLAHI et al., 2010), que consequentemente favorece a degradação de amido (NEILSEN et al., 2010), a perda da firmeza da polpa e o desenvolvimento de distúrbios fisiológicos e doenças. Altos teores de N favorecem o acúmulo de clorofila e reduzem a biossíntese de antocianinas e de diversos compostos fenólicos nos frutos (LESER; TREUTTER, 2005). O fornecimento limitado de N pode estimular a biossíntese de antocianinas, a coloração vermelha dos frutos e o acúmulo de carboidratos devido à reciclagem de N na planta, pois nesta situação, os carboidratos não podem ser utilizados na síntese de aminoácidos ou outros compostos de N (TREUTTER, 2010; TAIZ; ZEIGER, 2012). A deficiência de N acelera a atividade de algumas enzimas, aumentando a expressão de genes que codificam para enzimas da via de biossíntese das antocianinas (LEA et al., 2007).

Potássio é considerado o "elemento da qualidade" em nutrição de plantas (ZEHLER; KREIPE; GETHING, 1986), por melhorar as características físico-

químicas e propiciar incremento na produção. Altas doses de K podem favorecer o acúmulo de ácidos orgânicos, açúcares solúveis e amido nos frutos, pelo estímulo do transporte de açúcares a partir das folhas e/ou pelo aumento da fotossíntese (NAVA; DECHEN; NACHTIGALL, 2008; TAIZ; ZEIGER, 2012). O K aumenta o uso eficiente da água, em consequência do controle da abertura e fechamento dos estômatos e maior translocação de carboidratos produzidos nas folhas para os outros órgãos das plantas (KERBAUY, 2004). Também exerce participação no processo de regulação do potencial osmótico das células, na ativação de muitas enzimas envolvidas na respiração e fotossíntese, na resistência à salinidade, geada, seca e doenças e confere qualidade aos frutos (TAIZ; ZEIGER, 2012). A cor vermelha da epiderme das maçãs está correlacionada positivamente com a quantidade de K aplicada ao solo (HUNSCHE; BRACKMANN; ERNANI, 2003), inferindo que o K pode ser importante na via de biossíntese da antocianina e pode ser um cofator na ativação de algumas enzimas específicas (JU; DUAN; JU, 1999). Porém, alguns estudos relatam que K pode melhorar o acúmulo de antocianinas e a cor em maçãs apenas em conjunto com outros fatores (SAURE, 1990). O K tende a antagonizar o efeito negativo do N sobre a cor vermelha, e o fornecimento de elevado K pode complementar o efeito positivo do baixo suprimento de N na formação de antocianinas (UBI, 2004). A deficiência de K, além de limitar a produtividade (ERNANI; DIAS; FLORE, 2002; NAVA; DECHEN, 2009), inibe a biossíntese de açúcares, ácidos orgânicos e vitamina C, resultando em menor teor de sólidos solúveis na maçã (MATEV; STANCHEV, 1979). No entanto, semelhante ao N, o excesso de K pode diminuir a firmeza da polpa dos frutos após a armazenagem (HUNSCHE; BRACKMANN; ERNANI, 2003) e favorecer o aparecimento de distúrbios fisiológicos. Miqueloto et al. (2011) verificaram que frutos com “bitter pit” apresentavam menores teores de Ca e maiores teores de K, e consequentemente valores maiores na relação K/Ca. O K pode competir com o Ca por sítios de ligação na membrana plasmática, no entanto, o K não desempenha a mesma função de integridade de membrana que o Ca, ocasionando a morte celular (FREITAS et al., 2010).

Embora existam produtos no mercado, principalmente compostos por microelementos, que afirmam melhorar o desenvolvimento da cor vermelha, há poucas evidências na literatura científica. Em geral, aplicações de nutrientes, especialmente K, podem melhorar a coloração vermelha de maçãs quando a

disponibilidade à planta está deficiente. Os fertilizantes foliares Mover® e Hold® são compostos por uma gama de macro e micronutrientes (N, P, S, B, Cu, Mo, Zn, Co e Mo). A fertilização foliar é vantajosa por ter baixas taxas de aplicação, apresentar distribuição uniforme dos elementos minerais e ser um método de fácil aplicação e de respostas rápidas aos nutrientes aplicados (KHAYYAT et al., 2007). Porém, para Weinbaum (1988) a resposta da planta à aplicação foliar de nutrientes pode ser inconsistente.

### **2.3.5 Reguladores de crescimento**

Alguns reguladores de crescimento têm sido utilizados comercialmente para promover a formação de cor em maçãs, principalmente o etefon (SAURE, 1990; GÓMEZ-CORDOVÉS et al., 1996). A ação de promoção de cor de reguladores de crescimento pode derivar do seu efeito sobre a maturação dos frutos (UBI, 2004). O regulador de crescimento etefon aumenta o índice de coloração vermelha na epiderme de maçãs, e é utilizado comercialmente, em alguns países, para esta finalidade (MC GLASSON, 1985; LOONEY, 2004). Além de promover a maturação, devido à liberação de etileno na planta, a aplicação de etefon pode aumentar as atividades das enzimas PAL, UFGT e chalcona isomerase (CHI), que aumentam a biossíntese de antocianinas em algumas cultivares de maçã, quando as condições climáticas são favoráveis (JU et al., 1999; LI; GEMMA; IWAHORI, 2002). Em contrapartida, o etefon aumenta a hidrólise de amido, a produção de etileno e a respiração e reduz a firmeza de polpa, a acidez titulável e o teor de sólidos solúveis, bem como aumento o amarelecimento do fruto, adiantando a maturação (LI et al., 2017; PESTEANU, 2017). Como o etileno estimula o amadurecimento dos frutos, a aplicação de etefon pode melhorar atributos funcionais das maçãs na colheita, além de aumentar a cor vermelha da epiderme na colheita (WANG; DILLEY, 2001).

O metil jasmonato e o ácido abscisico também podem aumentar a coloração de maçãs e de frutos de outras espécies (IAMSUB et al., 2009). O metil jasmonato promove a síntese de β-caroteno e a degradação da clorofila na casca da maçã antes da colheita e, em combinação com a luz, pode aumentar compostos de cianidina na casca de maçã (RUDELL et al., 2002). Este fitormônio atua como um mensageiro na planta, e como um dos desencadeantes da maturação do fruto. O efeito pode ser parcialmente baseado no efeito do etileno, com avanços indesejáveis

na maturação e problemas no armazenamento dos frutos (RUDELL; MATTHEIS; FELLMANN, 2005). Já o ácido abscísico realiza o fechamento dos estômatos e pode reduzir temporariamente o consumo de água, aumentando a eficiência do uso da água. Em uvas vermelhas, este hormônio, estimula a atividade enzimática da UFGT na síntese de antocianinas (RUDELL; MATTHEIS, 2008; BLANKE, 2015).

Poucos relatos se concentraram em hormônios vegetais que não sejam etileno e metil jasmonato. Ben-Arie et al. (1971) mostraram que a aplicação de auxinas sintéticas, ácido naftalenoacético e ácido 2,4,5-triclorofenoxipropiônico, um mês antes da colheita, promoveu a síntese de antocianina na casca de maçãs 'Gallia Beauty', 'Jonathan' e 'Starking Delicious'. Stern et al. (2010) relataram que a cor vermelha das maçãs 'Cripp's Pink' poderia ser aumentada com aplicação de auxina sintética do ácido 2,4-diclofenoxipropiônico (2,4-D) em macieiras mais jovens. A melhoria da cor da epiderme após o tratamento com auxina é considerada como resultado do avanço da maturidade causado pela produção de etileno promovida pela auxina (HONDA; MORIYA, 2018).

Proexadiona cálcica, giberelinas e benziladeninas são neutras na formação de cor em maçãs quando utilizadas em conformidade com as recomendações de uso, no entanto, em casos excepcionais, com aplicação tardia e sobredosagem podem reduzir a expressão da cor vermelha na epiderme de maçãs (GREENE, 1993; BLANKE, 2015). Proexadiona cálcica, um inibidor de giberelinas que reduz o crescimento vegetativo e aumenta a incidência de luz no dossel da planta, também pode ter um efeito negativo na cor da maçã. As taxas de aplicação excessivas, bem como a aplicação tardia, podem reduzir a atividade das enzimas clorofilases e peroxidases, que atuam na degradação de clorofilas (WHALE et al., 2007) e influenciar negativamente a hidrólise de flavanóide-3-oxoglutarato (FHT) e a atividade da ANS, ocorrendo diminuição das antocianinas (BIZJAK et al., 2013). Em contrapartida, proexadiona cálcica pode aumentar a coloração vermelha da epiderme das maçãs atuando de forma indireta, na redução do crescimento vegetativo e consequentemente no aumento da incidência de luz no interior do dossel da planta (HAWERROTH; PETRI, 2014). Byers e Yoder (1999) verificaram que proexadiona cálcica melhorou a coloração vermelha de maçãs e Hawerroth et al. (2012) não verificaram efeito negativo na cor da epiderme de maçãs tratadas com este regulador de crescimento.

Já a aminoetoxivinilglicina (AVG), um inibidor da síntese de etileno, que inibe a enzima ácido-1-carboxílico-1-aminociclopropano (ACC) sintase, possui efeitos negativos sobre a cor vermelha da epiderme de maçãs quando aplicada um mês antes da data de previsão de colheita comercial dos frutos (AMARANTE; STEFFENS; BLUM, 2010).

### **2.3.6 Bioestimulantes**

O emprego de bioestimulante como técnica agronômica para otimizar as produções em diversas culturas é cada vez mais frequente (NETO et al., 2004). As plantas apresentam alterações com a aplicação de bioestimulantes, de forma que o crescimento e o desenvolvimento são promovidos, o que influencia ou modifica os processos fisiológicos (WEAVER, 1972). Essas substâncias naturais ou sintéticas podem ser aplicadas diretamente nas plantas, ou em partes como folhas, frutos e sementes, provocando alterações nos processos vitais e estruturais, com a finalidade de incrementar a produção, melhorar a qualidade e facilitar a colheita (DU JARDIN, 2015).

De acordo com Du Jardin (2015), os bioestimulantes de plantas são substâncias que melhoraram a absorção e o uso de nutrientes pela planta, a tolerância ao estresse abiótico e a qualidade do fruto, estimulando processos naturais. Na literatura científica, a palavra biostimulante foi definida pela primeira vez por Kauffman, Kneivel e Watschke (2007): "os bioestimulantes são substâncias, além de fertilizantes, que promovem o crescimento da planta quando aplicados em baixas quantidades". A palavra "biostimulante" foi cada vez mais usada pela literatura científica nos anos seguintes, expandindo a gama de substâncias e de modos de ação (CALVO; NELSON; KLOEPPE, 2014). De fato, o "bioestimulante" aparece como um descriptor versátil de qualquer substância benéfica para as plantas sem serem nutrientes, defensivos ou fertilizantes do solo. Até certo ponto, bioestimulantes são primeiramente definidos por aquilo que eles não são, estabelecendo uma fronteira entre bioestimulantes e outras categorias amplamente utilizadas na agricultura (DU JARDIN, 2015).

Apesar dos recentes esforços para esclarecer o status regulatório dos bioestimulantes, não existe uma definição legal ou regulamentar de bioestimulantes de plantas em qualquer lugar do mundo, inclusive na União Européia e nos Estados

Unidos (MORAES; AZEVEDO, 2016). Esta situação impede uma lista detalhada e categorizada das substâncias e microorganismos abrangidos pelo conceito (CALVO; NELSON; KLOEPPE, 2014). As funções agrícolas constituem o núcleo da definição. Os bioestimulantes são definidos pelos resultados agrícolas pretendidos, por exemplo, eficiência nutricional, estresse abiótico e traços de qualidade. Qualquer um desses efeitos deve ser distinto daqueles resultantes do conteúdo de nutrientes do bioestimulante (DU JARDIN, 2015).

O principal desafio científico é a complexidade dos efeitos fisiológicos dos bioestimulantes. Em termos gerais, os efeitos primários dos bioestimulantes são induzir respostas fisiológicas na planta. Os desafios técnicos incluem a formulação e mistura de bioestimulantes com outras substâncias fertilizantes ou produtos fitossanitários. Muitos bioestimulantes visam melhorar a eficiência do uso de nutrientes e as combinações entre fertilizantes e bioestimulantes precisarão ser otimizadas. Também surgem dificuldades técnicas para o monitoramento das culturas e para decidir se, quando e como os bioestimulantes devem ser aplicados (DU JARDIN, 2015).

Potassium-S King® e Sunred® são dois bioestimulantes que além de possuírem em suas formulações K<sub>2</sub>O, possuem também compostos orgânicos, extratos vegetais e aminoácidos. Estudos recentes, com alguns destes compostos, já demonstraram eficiência sobre a qualidade de maçãs (BLANKE; KUNZ, 2016; SCHUHKNECHT et al., 2018; SHAFIQ; SINGH, 2018). No entanto, a complexidade dos produtos contendo aminoácidos, extrato de algas, monossacarídeos, compostos húmicos, e seus mecanismos de ação, associados à variabilidade do meio ambiente, fazem dos bioestimulantes, produtos cujos efeitos são ainda incertos (SALVI et al., 2016) e de modo de ação duvidoso no metabolismo das plantas (GÖRDES; KOLUKISAOGLU; THUROW, 2011; SIERRAS et al., 2016), objetos de estudos.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em pomar experimental, localizado no município de Caçador, SC (latitude 26° 46' S, longitude 51° W, altitude 960 metros), da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) – Estação Experimental de Caçador, durante as safras 2015/2016 e 2016/2017. Foram utilizadas macieiras das cultivares Daiane, Monalisa, Elenise, Venice, Baronesa e Fuji, com densidade de plantio de 2.500 plantas ha<sup>-1</sup>, à exceção da cv. Fuji, cuja densidade de plantio foi de 600 plantas ha<sup>-1</sup>. O porta-enxerto das macieiras ‘Daiane’, ‘Monalisa’, ‘Elenise’ e ‘Venice’ foi o M-9, da ‘Baronesa’ foi o M-26 e da ‘Fuji’ foi o M-7. Todas as plantas foram conduzidas no sistema “líder central” e manejadas de acordo com as recomendações do sistema de produção integrada da macieira (SANHUEZA et al., 2006). O delineamento experimental dos experimentos foi em blocos ao acaso, com seis repetições para as cultivares Daiane, Monalisa, Elenise, Venice e Baronesa, e quatro repetições para a cultivar Fuji. Cada planta constituiu uma unidade experimental.

Na safra 2015/2016, os tratamentos foram: 1) Controle (plantas sem pulverização); 2) Bioestimulante I (4 L ha<sup>-1</sup>); 3) Fertilizante foliar I (3 L ha<sup>-1</sup>) + Fertilizante foliar II (2 L ha<sup>-1</sup>); 4) Bioestimulante II (4 L ha<sup>-1</sup>) e 5) KCl (20 kg ha<sup>-1</sup>), aplicados nas cultivares Daiane, Venice e Fuji. Já na safra 2016/2017, as cultivares Monalisa, Daiane, Venice, Fuji, Baronesa e Elenise, receberam os tratamentos 1) Controle; 2) Bioestimulante I (4 L ha<sup>-1</sup>); 3) Fertilizante foliar I (3 L ha<sup>-1</sup>) + Fertilizante foliar II (2 L ha<sup>-1</sup>); 4) Bioestimulante II (4 L ha<sup>-1</sup>); 5) KCl (20 kg ha<sup>-1</sup>) e 6) Etefon (480 g ha<sup>-1</sup>). O Bioestimulante I corresponde ao produto comercial Potassium-S King®, cuja composição descrita em rótulo garante 42 g L<sup>-1</sup> de N nas formas orgânica e amídica e 364 g L<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Os Fertilizantes foliares I e II correspondem, respectivamente, aos produtos comerciais Mover® e Hold®. Mover® é composto por N (63 g L<sup>-1</sup>), B (50,4 g L<sup>-1</sup>), Cu (2,14 g L<sup>-1</sup>), Mo (0,18 g L<sup>-1</sup>) e Zn (37,8 g L<sup>-1</sup>), enquanto Hold® é composto por N (33,2 g L<sup>-1</sup>), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (64 g L<sup>-1</sup>), S (12,8 g L<sup>-1</sup>), Co (25,6 g L<sup>-1</sup>) e Mo (38,4 g L<sup>-1</sup>), conforme as garantias impressas em rótulo. O Bioestimulante II corresponde ao produto comercial Sunred®, cuja composição descrita em rótulo garante 26,6 g L<sup>-1</sup> de N nas formas orgânica e amídica, 93,1 g L<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 186,2 g L<sup>-1</sup> de C orgânico, além de aminoácidos (metionina, fenilalanina e oxilipinas) e monossacarídeos.

Como fonte de etefon foi utilizado o produto comercial Ethrel®, que contém 240 g L<sup>-1</sup> de etefon em sua composição.

Todos os tratamentos foram aplicados cerca de 30 dias antes da previsão de colheita das respectivas cultivares e, à exceção do etefon (aplicado uma única vez), os tratamentos tiveram três reaplicações posteriores, de forma sequencial, a cada sete dias. As pulverizações foram feitas durante o período matutino, entre 8 e 9 horas da manhã, utilizando-se um pulverizador costal motorizado, até o molhamento foliar. A colheita das cultivares Daiane, Venice e Fuji ocorreu nos dias 29/02, 16/03 e 29/03, respectivamente, na safra 2015/2016. Em 2016/2017, a colheita das cultivares Monalisa, Daiane, Venice, Fuji, Baronesa e Elenise ocorreu nos dias 06/02, 03/03, 16/03, 27/03, 27/03 e 17/04, respectivamente.

Após a colheita comercial, todos os frutos de cada repetição foram submetidos à análise de cobertura de cor vermelha na epiderme, sendo enquadrados, de forma subjetiva, em duas categorias (>50% e >80% de vermelho). Na safra 2016/2017, os frutos foram ainda contados e pesados para determinação da produção (kg e nº de frutos por planta) e da massa fresca média (g). Nas duas safras foi retirado ao acaso uma amostragem contendo 25 frutos de cada repetição, livres de distúrbios fisiológicos, danos mecânicos, doenças e pragas, para avaliação da firmeza de polpa (FP), índice de iodo-amido (IA) e sólidos solúveis (SS). E, em 2016/2017 também foram avaliados a cor da epiderme (vermelho e cor de fundo), acidez titulável (AT), relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT), textura (forças para a ruptura da casca e penetração da polpa), taxas respiratória e de produção de etileno, atividade antioxidante total (AAT), teor de compostos fenólicos totais (CFT) e antocianinas totais (ANT) na casca de frutos. Maçãs da cultivar Fuji foram submetidas ao armazenamento refrigerado (AR) por 150 dias, com umidade relativa (UR) de 85±5% e temperatura de 0,5±0,2 °C, na safra 2016/2017. Após o AR, na saída da câmara foram avaliadas a cor de fundo e a incidência de podridões e de escaldadura superficial. Posteriormente, os frutos foram mantidos em condição ambiente (23±0,3 °C e UR de 68±0,6%) por sete dias, simulando o tempo de prateleira, e então foram avaliados quanto à cor de fundo, incidência de podridões e de escaldadura superficial, FP, AT e SS.

A determinação da cor da epiderme (vermelho e cor de fundo) foi efetuada com colorímetro, modelo CR 400 (Konica Minolta®, Tóquio, Japão), em termos de ângulo 'hue' ( $h^\circ$ ), luminosidade ( $L^*$ ) e saturação ( $C^*$ ), sendo as leituras realizadas

nas regiões de cor vermelha e de cor de fundo do fruto. Os resultados expressos em  $h^\circ$  definem a coloração básica, sendo que  $0^\circ$  = vermelho,  $90^\circ$  = amarelo e  $180^\circ$  = verde.

A firmeza de polpa (N) foi determinada com o auxílio de penetrômetro automático (GÜSS Manufacturing Ltd, Cidade do Cabo, África do Sul), equipado com ponteira de 11 mm de diâmetro, em duas regiões opostas, na porção equatorial dos frutos, após remoção de uma fina camada da casca. O teste de iodo-amido foi determinado por meio da comparação do escurecimento da metade peduncular dos frutos, tratada com solução de iodo, em uma escala de 1 a 5, onde o índice 1 indica o teor máximo de amido e o índice 5 representa o amido totalmente hidrolisado. Os valores de AT (% de ácido málico) foram obtidos por meio de uma amostra de 5 mL de suco dos frutos, diluídos em 45 mL de água destilada e titulada com solução de NaOH 0,1 N até pH 8,1, utilizando titulador automático TitroLine® easy (SCHOTT Instruments, Mainz, Alemanha). Os teores de SS ( $^{\circ}\text{Brix}$ ) foram determinados em refratômetro digital, modelo PR201α (Atago®, Tóquio, Japão), com uma alíquota do suco extraído dos frutos. A relação SS/AT foi calculada através do  $^{\circ}\text{Brix}$  dividido pela % de ácido málico. Os atributos de textura foram analisados com texturômetro eletrônico TAXT plus® (Stable Micro Systems Ltda, Surrey, Reino Unido), em termos de forças necessárias para a penetração da casca (N) e da polpa (N), utilizando uma ponteira com 2 mm de diâmetro, a qual foi introduzida na polpa a uma profundidade de 10 mm, com velocidades pré-teste, teste e pós-teste de 30, 3 e 40 mm  $\text{s}^{-1}$ , respectivamente.

As taxas respiratórias ( $\text{nmol de CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ) e de produção de etileno ( $\text{nmol C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ) foram quantificadas por cromatografia gasosa. Amostras de frutos de cada repetição ( $\pm 1000$  g) foram acondicionados em recipientes de 4,1 L, com fechamento hermético. As taxas respiratórias e de produção de etileno foram obtidas pela diferença da concentração de  $\text{CO}_2$  e  $\text{C}_2\text{H}_4$ , respectivamente, no interior do recipiente, imediatamente após o seu fechamento e após um determinado período. As amostras foram coletadas de duas amostras da atmosfera do espaço livre dos recipientes, utilizando uma seringa plástica de 1,0 mL, e foram injetadas em um cromatógrafo a gás, marca Varian®, modelo CP-3800 (Palo Alto, EUA), equipado com uma coluna Porapak N® de 3 m de comprimento (80-100 mesh), metanador e detector de ionização de chama. As temperaturas da coluna, do detector, do metanador e do injetor foram de 70; 250; 380 e 130 °C, respectivamente. Os fluxos

de nitrogênio, hidrogênio e ar sintético utilizados foram de 70, 30 e 300 mL min<sup>-1</sup>, respectivamente.

Para obtenção dos extratos para as análises de CFT, e AAT, pelos métodos DPPH e ABTS, foi removida a casca de toda a superfície de uma amostra composta por cinco frutos por repetição, de forma manual, com lâminas cortantes, buscando evitar qualquer resquício da polpa do fruto. As amostras de casca foram maceradas em nitrogênio líquido. Para a extração, foram utilizados 5 g de casca macerada. Estas, foram homogeneizados em ultraturrax modelo D-91126 (Schwabach, Alemanha), com 20 mL de metanol/água (50:50, v/v), e deixados em repouso por 60 minutos. Após, as amostras foram centrifugadas na temperatura de 4 °C a 12.000 rpm durante 20 minutos. O sobrenadante foi salvo e ao resíduo foi adicionado 20 mL de acetona/água (70:30, v/v), deixando em repouso por 60 minutos, seguidos a uma nova centrifugação de 20 minutos nas mesmas condições. O sobrenadante das duas centrifugações foi transferido para balão volumétrico, completando o volume para 50 mL com água destilada, sendo deste retido acrescentado 9 mL de água destilada por mL (diluição de 1:10).

A determinação de CFT (mg EAG 100 g<sup>-1</sup>) foi realizada utilizando o método Folin-Ciocalteau, conforme Roesler et al. (2007). Uma alíquota de 500 µL dos extratos foi adicionada a 2,5 mL do reagente Folin-Ciocalteau/água destilada (25:75, v/v), sendo agitada e mantida por três minutos para reagir. Após, adicionaram-se 2,0 mL de solução de carbonato de sódio (10%), que novamente foi agitada e mantida em repouso durante uma hora. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro modelo BEL2000-UV, no comprimento de onda de 765 nm.

A determinação da AAT por ABTS (µMol trolox g<sup>-1</sup>) foi realizada conforme metodologia descrita por Rufino et al. (2007a). 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 a 20 °C. Antes da análise, o radical ABTS foi diluído com álcool etílico até obter uma absorbância de 0,70 ± 0,05, no comprimento de onda de 734 nm. A partir do extrato hidro alcoólico, foram preparadas, em tubos de ensaio, três diluições diferentes, em triplicata. Foram transferidas alíquotas de 30 µL de cada diluição do extrato para tubos de ensaio com 3,0 mL do radical ABTS, e homogeneizadas em agitador de tubos. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro UV-visível, marca Bel Photonics, modelo BEL2000-UV

(Piracicaba, Brasil), no comprimento de onda de 734 nm, após 6 min de reação. Foi utilizado álcool etílico como branco para calibrar o espectrofotômetro.

A determinação da AAT por DPPH ( $\mu\text{Mol trolox 100 g}^{-1}$ ) foi realizada conforme metodologia descrita por Rufino et al. (2007b). O radical DPPH (0,06 mM) foi preparado no dia da avaliação, diluído em metanol. Foi transferida uma alíquota de 0,1 mL do extrato hidroalcoólico para tubos de ensaio com 3,9 mL do radical DPPH, em triplicata, com posterior homogeneização em agitador de tubos. A medida de absorbância foi realizada no comprimento de onda de 515 nm, após 30 min de reação com adição da amostra. Foi utilizado álcool metílico, como branco, para calibrar o espectrofotômetro.

A determinação de antocianinas totais foi realizada conforme metodologia adaptada por Fuleki e Francis (1968). Foi utilizado 5,0 g de amostra de casca, adicionado a 15 mL de etanol/água destilada (95:5, v/v) acidificado na proporção 85:15 (v/v), etanol/ácido, com ácido clorídrico (HCl, 1,5 N). As amostras foram homogeneizadas em ultraturrax modelo D-91126 (Schwabach, Alemanha), mantidas durante 24 h a 4 °C, e encaminhadas para centrifugação, também na temperatura de 4°C, durante 20 minutos a 12.000 rpm. Do sobrenadante, foi utilizado 2,0 mL, transferido para balão volumétrico e completado para 50 mL com o solvente extrator. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro, no comprimento de onda de 535 nm. A ANT foi expressa em mg cianidina-3-glicosídeo 100 g<sup>-1</sup> de massa fresca de casca.

Foi avaliado a frutificação efetiva (FE) e o retorno de floração (RF) das plantas nos anos posteriores a aplicação dos tratamentos. Em cada planta, foi utilizado um ramo lateral, na altura mediana do dossel, no qual foram quantificados o número de gemas vegetativas e o número de gemas floríferas para determinação do retorno de floração. Nesse mesmo ramo foi também quantificado o número de frutos e determinado a frutificação efetiva. As fórmulas para avaliar o RF e a FE foram, respectivamente, [RF=(n° de gemas floríferas / n° de gemas floríferas + vegetativas) x 100] e [FE=(n° de frutos / n° de inflorescências) x 100].

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), cujas médias significativas ( $p<0,05$ ) foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro, com auxílio do programa estatístico Sisvar, versão 5.6 (FERREIRA, 2010). Dados em porcentagem foram transformados pela fórmula arco seno  $[(x+1)/100]^{1/2}$  antes de serem submetidos à ANOVA.



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cultivares com diferentes épocas de maturação apresentam diferentes comportamentos fisiológicos, como respiração e produção de etileno distintos, e podem apresentar sensibilidade diferenciada a produtos químicos. Mas, além disso, experimentam também condições climáticas diferentes durante seus respectivos estádios de maturação, as quais podem afetar a expressão gênica de algumas enzimas relacionadas com o processo de maturação, por exemplo, aquelas envolvidas na biossíntese de antocianinas. Para Severino et al. (2014), nas cultivares de colheita precoce, onde o nível de luz é adequado, o principal fator de limitação para acúmulo de antocianinas e cor vermelha na epiderme das maçãs é a temperatura, uma vez que durante a fase de maturação destas cultivares, a amplitude térmica e principalmente a temperatura noturna geralmente não são ideais para síntese de antocianinas. Por outro lado, nas cultivares tardias, o fator que passa a ser limitante é a luz, já que a temperatura e sua amplitude são favoráveis para síntese de antocianinas e cor vermelha.

### 4.1 CULTIVARES DE MATURAÇÃO PRECOCE E DE MEIA ESTAÇÃO

Para Schuhknecht et al. (2018) é mais conveniente e lucrativo para o pomicultor buscar alternativas para melhorar a qualidade e a maturação de cultivares precoces, uma vez que as respostas positivas nestas cultivares são mais expressivas. Diversos autores relatam que cultivares ou mutações de macieira, cuja maturação dos frutos é mais precoce, são mais sensíveis ao etileno e tendem a acumular antocianinas e cor vermelha na epiderme dos frutos com maior facilidade (STEFFENS; BRACKMANN, 2006; IGLESIAS; ECHEVERRÍA; SORIA, 2008; IGLESIAS; ECHEVERRÍA; LOPEZ, 2012). Embora na região sul do Brasil, os fatores climáticos estejam geralmente mais favoráveis para a síntese de antocianinas durante a maturação de cultivares de maçãs tardias, neste estudo, apenas as cultivares mais precoces, Monalisa, Daiane e Venice, responderam ao uso de produtos com aumento na coloração vermelha da epiderme dos frutos.

#### 4.1.1 Daiane

A fração de maçãs ‘Daiane’ com mais de 80% da cobertura da epiderme em vermelho foi maior nos tratamentos com os bioestimulante I e II e fertilizante foliar I + fertilizante foliar II na safra 2015/2016 (Tabela 1). Já na safra 2016/2017, as frações de frutos nas categorias acima de 50% e 80% da superfície do fruto com cor vermelha foi maior com os tratamentos fertilizante foliar I + fertilizante foliar II, bioestimulante II e etefon. Nesta safra, os maiores valores de porcentagem de frutos com mais de 80% da superfície recoberta com cor vermelha foram no tratamento etefon.

Tabela 1 – Porcentagem de maçãs ‘Daiane’ com percentual de recobrimento do fruto com coloração vermelha da epiderme acima de 50% e 80% na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, em duas safras. Caçador, SC.

Tratamento	Coloração vermelha na epiderme dos frutos (%)			
	>50%	>80%	>50%	>80%
----2015/2016**----				----2016/2017----
1. Controle	95,1 <sup>ns</sup>	79,6 b	71,8 b	25,5 c
2. Bioestimulante I (4 L ha <sup>-1</sup> )*	99,6	97,3 a	69,4 b	25,8 c
3. Fertilizante foliar I (3 L ha <sup>-1</sup> )* + Fertilizante foliar II (2 L ha <sup>-1</sup> )*	99,3	91,5 a	89,6 a	41,6 b
4. Bioestimulante II (4 L ha <sup>-1</sup> )*	99,5	94,8 a	87,5 a	43,3 b
5. KCl (20 kg ha <sup>-1</sup> )*	96,1	82,0 b	73,2 b	19,8 c
6. Etefon (480 g ha <sup>-1</sup> )	-	-	93,4 a	66,6 a
CV (%)	8,2	16,0	16,0	26,0

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Nota: Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns = não significativo ( $p>0,05$ ). \*Doses aplicadas quatro vezes. \*\*Na safra 2015/2016 o tratamento de etefon 480 g ha<sup>-1</sup> não foi realizado. >50% = Frutos com mais de 50% da superfície recoberta de cor vermelha; >80% = Frutos com mais de 80% da superfície recoberta de cor vermelha.

O complexo de nutrientes minerais que compõem as formulações dos fertilizantes foliares I e II é grande, porém, o efeito positivo sobre a coloração vermelha das maçãs ‘Daiane’ pode estar relacionado à presença de Boro (B) na composição do fertilizante foliar I. Segundo diversos autores, aplicações foliares de B promovem melhorias na cor vermelha da epiderme de maçãs, adiantando a maturação dos frutos (PERYEA; DRAKE, 1991; LI, 1997; FALLAHI et al., 2010). O bioestimulante II por sua vez, é um bioestimulante desenvolvido para melhorar a coloração dos frutos, e em sua composição estão presentes alguns aminoácidos como fenilalanina e metionina, que são substratos iniciais para a enzima PAL e a

biossíntese de etileno, respectivamente (SAKUTA et al., 1994). Além disso, o bioestimulante II possui oxilipinas, que são ácidos graxos que, além de determinarem a estrutura e a resistência da parede celular, estimulam a expressão de genes que regulam a atividade da clorofilase (ROITSCH; GONZÁLEZ, 2004; NAFIE et al., 2011), participando indiretamente do processo de maturação e desenvolvimento de cor vermelha. Várias enzimas envolvidas na via de biossíntese dos metabólitos secundários competem entre si por substratos comuns, como fenilalanina, ácidos hidroxicinâmicos, derivados de ácidos benzoicos e vários estilbenoides, incluindo a via de biossíntese das antocianinas (SCHIJLEN et al., 2004). Shafiq e Singh (2018) aplicaram precursores e intermediários da via de biossíntese de metabólitos secundários e concluíram que a aplicação exógena de fenilalanina, durante o período de maturação, aumentou a síntese de antocianinas e a coloração vermelha de maçãs 'Cripps Pink', sem alterar a qualidade dos frutos. Já a base da formulação do bioestimulante I, que melhorou a coloração de maçãs 'Daiane' na primeira safra, é óxido de potássio. O K é o principal nutriente relacionado à qualidade de maçãs e, segundo Nava, Dechen e Nachtigall (2008), apesar do alto teor de K que naturalmente permuta pelos solos brasileiros, a fertilização potássica geralmente aumenta a qualidade de maçãs. Portanto, o aumento da coloração vermelha nos frutos deve estar relacionado ao K. Efeitos diferentes entre o primeira e a segunda safra pressupõe que fatores ambientais podem influenciar a ação dos bioestimulantes, visto que o bioestimulante I só aumentou a coloração vermelha na primeira safra.

Na segunda safra, na categoria de frutos com mais de 80% da epiderme coberta de vermelho, o tratamento com etefon foi superior aos demais, apresentando 66,6% das maçãs, seguido pelos tratamentos fertilizante foliar I + fertilizante foliar II e bioestimulante II, com 41,6% e 43,3% dos frutos, respectivamente (Tabela 1). Em diferentes países, para melhorar a cor vermelha das maçãs, é utilizado o regulador de crescimento etefon, que libera e induz a síntese autocatalítica de etileno nas plantas (MC GLASSON, 1985; LOONEY, 2004). O etileno coordena o amadurecimento dos frutos envolvendo complexas mudanças metabólicas e fisiológicas que contribuem para formação de diversos flavonoides, porém, a aplicação de etefon também estimula a atividade de algumas enzimas da via de biossíntese das antocianinas e parece aumentar mais a produção de

antocianinas do que de outros flavonoides (JU et al., 1999; AWAD; DE JAGER, 2002a; LI; GEMMA; IWAHORI, 2002; LIU et al., 2012).

Em relação ao controle, todos os tratamentos aumentaram a intensidade da tonalidade vermelha da epiderme das maçãs, diminuindo a luminosidade e aumentando a saturação, verificadas pelos menores valores de  $h^\circ$  e  $L^*$  e maior valor de  $C^*$ , respectivamente (Tabela 2). Segundo Greer (2005), o ângulo *hue* é o melhor indicador de mudanças de cor no fruto. Os tratamentos de etefon e bioestimulante II apresentaram tonalidade vermelha mais intensa (menores  $h^\circ$  e  $L^*$ ) em relação aos demais tratamentos. O etileno altera a composição de cera da cutícula dos frutos, podendo diminuir a luminosidade das maçãs tratadas com etefon (DONG et al., 2013; LI et al., 2017).

**Tabela 2 – Atributos de cor na epiderme, nas regiões mais e menos vermelhas, de maçãs ‘Daiane’ na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.**

Tratamento	Luminosidade ( $L^*$ )	Saturação ( $C^*$ )	Tonalidade ( $h^\circ$ )
<b>Vermelho</b>			
1. Controle	50,3 a	36,1 b	41,7 a
2. Bioestimulante I (4 L ha <sup>-1</sup> )*	47,1 b	40,5 a	32,4 b
3. Fertilizante foliar I (3 L ha <sup>-1</sup> )* + Fertilizante foliar II (2 L ha <sup>-1</sup> )*	46,5 b	41,1 a	31,8 b
4. Bioestimulante II (4 L ha <sup>-1</sup> )*	42,5 c	40,5 a	29,0 c
5. KCl (20 kg ha <sup>-1</sup> )*	46,3 b	40,3 a	33,2 b
6. Etefon (480 g ha <sup>-1</sup> )	39,4 d	40,3 a	26,6 c
CV (%)	4,2	4,3	9,0
<b>Cor de fundo (amarelo)</b>			
1. Controle	75,4 <sup>ns</sup>	37,3 <sup>ns</sup>	105,0 a
2. Bioestimulante I (4 L ha <sup>-1</sup> )*	73,3	33,9	100,5 b
3. Fertilizante foliar I (3 L ha <sup>-1</sup> )* + Fertilizante foliar II (2 L ha <sup>-1</sup> )*	75,5	34,6	99,3 b
4. Bioestimulante II (4 L ha <sup>-1</sup> )*	75,5	35,1	102,5 a
5. KCl (20 kg ha <sup>-1</sup> )*	76,2	36,6	105,1 a
6. Etefon (480 g ha <sup>-1</sup> )	75,3	33,0	94,3 c
CV (%)	4,3	7,5	3,8

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Nota: Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns = não significativo ( $p>0,05$ ). \*Doses aplicadas quatro vezes.

O etefon aumentou o amarelecimento da epiderme das maçãs, verificado pelo menor valor de  $h^\circ$  na cor de fundo dos frutos (Tabela 2). Este evento está relacionado à maturação promovida pelo etileno e é relatado por diversos autores (JOHNSTON; HEWETT; HERTOG, 2002; ALBA et al., 2005; STEFFENS et al., 2006). A cor de fundo da epiderme é relevante na avaliação da maturação dos frutos, pois durante o seu desenvolvimento, a clorofila presente na casca e na polpa

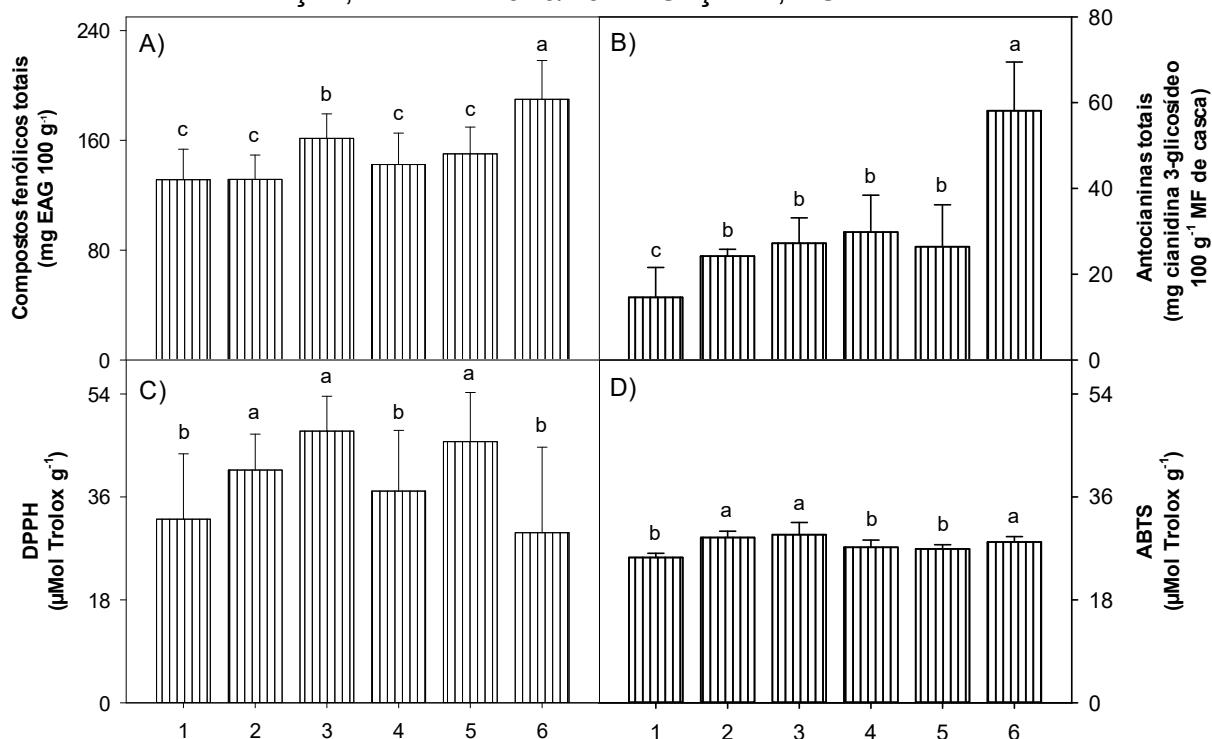
da maçã começa a diminuir, a cor verde começa a empalidecer e os pigmentos de cor amarela tornam-se perceptíveis (KINGSTON, 1992; IWANAMI, 2011). A preservação da cor de fundo similarmente ao controle, com tonalidade mais verde, ocorreu nos frutos tratados com bioestimulante II e KCl.

A síntese de ANT também foi superior em todos os tratamentos em relação ao tratamento controle (Figura 1), apresentando um comportamento similar aos valores de  $h^\circ$  na região mais vermelha do fruto (Tabela 2). Essa semelhança entre síntese de antocianinas e ângulo *hue* também foi encontrada por outros autores (FELICETTI; SCHRADER, 2008; LIU et al., 2013; RYU et al., 2017). Severino et al. (2014) atribuiu a tonalidade vermelha ( $h^\circ$ ) e a concentração de antocianinas a uma relação exponencial decrescente que apresenta pouca variação após 80 µg cm<sup>-2</sup> de antocianinas e é independente da cultivar. No entanto, a concentração superior de antocianinas e o menor valor de  $h^\circ$  na região mais vermelha dos frutos dos tratamentos de bioestimulante I e KCl, em relação ao tratamento controle, não corresponderam com aumento nos percentuais de recobrimento da coloração vermelha na epiderme das maçãs (Tabela 1). Segundo Ryu et al. (2017), as características cromáticas são menos sensíveis do que os teores de antocianinas em algumas cultivares de maçã, dessa forma, as antocianinas não são o único fator que determinam a coloração vermelha da epiderme. O tratamento com etefon apresentou maior quantidade de antocianinas em relação a todos os tratamentos. Estudos mostram que a síntese de antocianinas e o etileno estão intimamente relacionados, no entanto, ainda não está bem esclarecido como a sinalização de etileno estimula a síntese de antocianinas na casca da maçã (HONDA; MORIYA, 2018), apenas que o etefon promove a atividade de várias enzimas que catalisam a biossíntese de antocianina em maçãs (BLANPIED et al., 1975; FARAGHER; BROHIER, 1984; WANG; DILLEY, 2001; AWAD; DE JAGER, 2002a; LIU et al., 2012).

O etefon também aumentou a síntese de CFT na casca dos frutos em relação aos demais tratamentos, seguido por fertilizante foliar I + fertilizante foliar II, que apresentou teor de CFT superior aos demais tratamentos (Figura 1). Tsao et al. (2005) atribuíram grande importância às antocianinas no teor de compostos fenólicos totais. Etefon, fertilizante foliar I + fertilizante foliar II e bioestimulante I foram os tratamentos que proporcionaram maior AAT na casca das maçãs ‘Daiane’, não diferindo entre si pelo método ABTS, que é mais adequado para a casca de

maçãs, em relação ao método DPPH (FLOEGEL et al., 2011). Pelo método DPPH, o resultado da AAT foi diferente, sendo que os tratamentos de KCl, fertilizante foliar I + fertilizante foliar II e bioestimulante I foram superiores aos demais e não diferiram entre si.

Figura 1 – Teores de compostos fenólicos totais (A), antocianinas totais (B) e atividade antioxidante total determinada pelos métodos DPPH (C) e ABTS (D), na casca de maçãs ‘Daiane’ na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

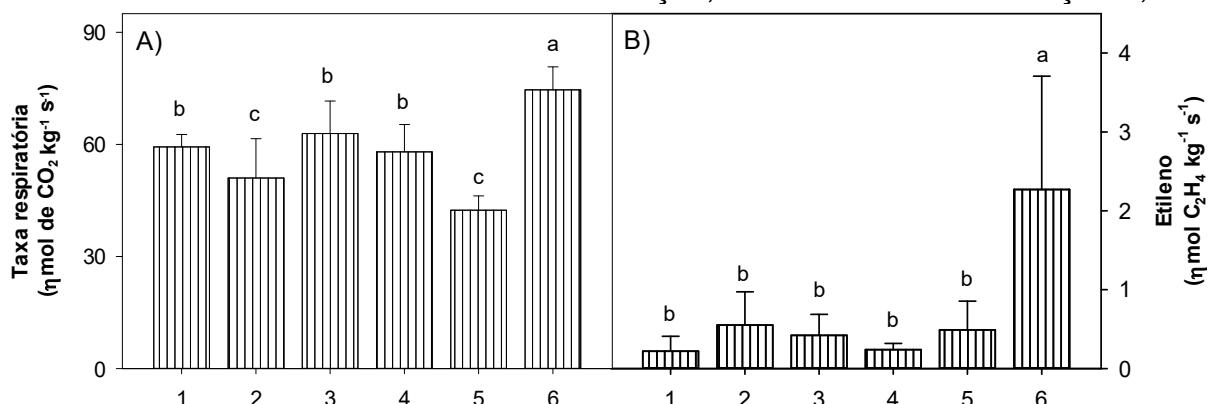
Nota: 1=Controle; 2=Bioestimulante I; 3=Fertilizante foliar I + Fertilizante foliar II; 4=Bioestimulante II; 5=KCl; 6=Etefon. Médias de mesma letra nas barras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A relação entre a atividade antioxidante e a concentração de compostos fenólicos nem sempre é observada, pois alguns trabalhos não verificaram uma correlação (VAN DER SLUIS et al., 2001; WOLFE; WU; LIU, 2003), enquanto outros encontraram (SUN et al., 2002; KHANIZADEH et al., 2007). No Brasil, poucos trabalhos foram realizados caracterizando os compostos fenólicos totais e a atividade antioxidante total das maçãs. Todavia, Stanger et al. (2017), verificaram uma correlação positiva significativa entre os teores de CFT e AAT nos métodos ABTS e DPPH na casca de maçãs ‘Brookfield’ e ‘Mishima’. Para cada cultivar,

existem grupos de compostos fenólicos específicos (JAKOBÉK et al., 2013; STANGER et al., 2017). Estes grupos de compostos fenólicos diferentes levam a variações na atividade antioxidante total (TSAO et al., 2005; ZHENG; KIM; CHUNG, 2012). E ainda, a AAT resulta da presença de várias moléculas, como o ácido ascórbico, não podendo assim, ser relacionada a uma única classe de compostos (BOLLING; CHEN; CHEN, 2013). Para Vieira et al. (2009a) e Vieira et al. (2009b), os diferentes métodos de extração e análise, bem como as diferentes cultivares de maçã, podem contribuir para a variação nos níveis de compostos fenólicos e atividade antioxidante relatados e, portanto, invalidar uma correlação.

Os frutos submetidos à aplicação de etefon apresentaram as maiores taxas respiratória e de produção de etileno (Figura 2). Li et al. (2017) também verificaram que o etefon acelerou a respiração e a produção de etileno de maçãs ‘Starkrimson’, evidenciando que etefon estimula a planta a produzir mais etileno endógeno, e que o aumento na respiração dos frutos está diretamente relacionado com o aumento na produção de etileno (BRACKMANN; STEFFENS; GIEHL, 2004; STEFFENS; BRACKMANN, 2006). O K pode ter influenciado a lenta degradação dos ácidos e a baixa respiração das maçãs dos tratamentos de bioestimulante I e KCl. Hunsche, Brackmann e Ernani (2003) observaram que frutos com menores teores de K apresentaram maior taxa respiratória.

Figura 2 – Taxas respiratória (A) e de produção de etileno (B) de maçãs ‘Daiane’ na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Nota: 1=Controle; 2=Bioestimulante I; 3=Fertilizante foliar I + Fertilizante foliar II; 4=Bioestimulante II; 5=KCl; 6=Etefon. Médias de mesma letra nas barras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Na safra 2015/2016 não houve diferenças entre os tratamentos para o índice de iodo-amido, porém, na safra posterior frutos tratados com etefon apresentaram maiores valores de índice de iodo-amido, e frutos tratados com bioestimulante II apresentaram menores valores, enquanto os demais não diferiram entre si (Tabela 3). A maior degradação do amido nas maçãs tratadas com etefon está relacionada com a liberação de etileno e a promoção da maturação, sendo uma das consequências desfavoráveis do etefon, pois reduz a longevidade das maçãs durante o período pós-colheita (LI et al., 2017; PESTEANU, 2017). Por outro lado, o bioestimulante II não afetou a degradação do amido, e esse resultado é semelhante ao encontrado por Schuhknecht et al. (2018), os quais não verificaram significância na degradação do amido em maçãs 'Braeburn' tratadas com bioestimulante II, e concluem que este produto não acelera o processo de amadurecimento. O tratamento de fertilizante foliar I + fertilizante foliar II, cujo fertilizante foliar I possui B em sua composição, também não antecipou a maturação das maçãs 'Daiane', conforme o índice de iodo-amido nas duas safras avaliadas. Há a possibilidade do Cobalto (Co), presente no fertilizante foliar II, reduzir a biossíntese do etileno, uma vez que o Co bloqueia a conversão do ACC em etileno (TAIZ; ZEIGER, 2012).

Tabela 3 – Índice de iodo-amido (IA), firmeza de polpa (FP), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT), de maçãs 'Daiane' na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, em duas safras. Caçador, SC.

Tratamento	IA (1-10)	FP (N)	SS (^°Brix)	IA (1-5)	FP (N)	SS (^°Brix)	AT (%)	SS/ AT
----2015/2016**----								
1. Controle	5,8 <sup>ns</sup>	68,1 <sup>ns</sup>	13,8 b	4,0 b	80,7 <sup>ns</sup>	12,4 b	0,31 a	40,7 c
2. Bioestimulante I (4 L ha <sup>-1</sup> )*	6,8	65,0	15,0 a	4,0 b	77,3	12,7 b	0,30 a	41,8 c
3. Fertilizante foliar I (3 L ha <sup>-1</sup> )* + Fertilizante foliar II (2 L ha <sup>-1</sup> )*	6,0	66,3	14,3 b	4,0 b	80,2	13,0 a	0,28 b	46,0 b
4. Bioestimulante II (4 L ha <sup>-1</sup> )*	6,7	63,6	14,9 a	3,6 c	77,6	12,6 b	0,28 b	45,7 b
5. KCl (20 kg ha <sup>-1</sup> )*	6,1	69,9	13,8 b	4,0 b	81,7	12,2 b	0,33 a	37,3 c
6. Etefon (480 g ha <sup>-1</sup> )	-	-	-	4,5 a	78,1	13,4 a	0,25 b	53,5 a
CV (%)	15,7	8,3	2,6	7,0	4,1	3,1	10,2	8,9

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Nota: Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns = não significativo ( $p>0,05$ ). \*Doses aplicadas quatro vezes. \*\*Na safra 2015/2016 o tratamento de etefon não foi realizado.

O bioestimulante I e o bioestimulante II aumentaram o teor de SS das maçãs, em relação aos demais tratamentos, na safra 2015/2016 (Tabela 3). O bioestimulante II possui em sua composição monossacarídeos, cuja aplicação na

macieira pode aumentar a atividade no metabolismo primário (ROITSCH; GONZÁLEZ, 2004). O aumento do metabolismo primário pode, por sua vez, aumentar a capacidade do fruto em acumular açúcares produzidos nas folhas durante a fotossíntese, bem como aumentar a síntese de ácidos orgânicos que, durante a maturação, são convertidos em açúcares (ROITSCH, 1999). Esses eventos podem aumentar o tamanho dos frutos, mas também, melhorar a qualidade das maçãs, uma vez que os produtos finais do metabolismo primário (aminoácidos, açúcares, ácidos orgânicos) são substratos para síntese de metabólitos secundários. O aumento do teor de SS nos frutos com aplicação de bioestimulante II já foi verificado em outros trabalhos (BLANKE, 2015; BLANKE; KUNZ, 2016). Já o bioestimulante I pode ter aumentado o teor de SS de maçãs 'Daiane' graças ao K, que possui importante papel no transporte de açúcares das folhas para os frutos, e está relacionado com processos de maturação, que contribuem com o acúmulo de açúcares nos frutos (TAIZ; ZEIGER, 2012; DE SOUZA et al., 2013).

Na safra 2016/2017, etefon e fertilizante foliar I + fertilizante foliar II aumentaram o teor de SS das maçãs em relação aos demais tratamentos (Tabela 3). Esse aumento pode estar associado à maturação dos frutos, mas também ao calibre dos mesmos, uma vez que as maçãs destes dois tratamentos apresentaram massa média de 156,6 g, inferior à massa média dos demais tratamentos, de 175,4 g. Estes dois tratamentos, juntamente com o bioestimulante II, reduziram também a AT nas maçãs (Tabela 3). A menor AT destes tratamentos é, em parte, justificada pela utilização dos ácidos orgânicos como substrato da respiração, uma vez que bioestimulante II, fertilizante foliar I + fertilizante foliar II e etefon apresentaram alta taxa respiratória (Figura 2). Em contrapartida, bioestimulante I e KCl apresentaram uma taxa respiratória reduzida em relação aos demais tratamentos, e os maiores valores de AT. Portanto, a baixa respiração dos frutos destes dois tratamentos, deve estar relacionada com algum processo na degradação dos ácidos, uma vez que o ácido málico representa um substrato em potencial para a respiração de maçãs (HULME; JONES; WOOLTORTON, 1963; ACKERMANN; FISCHER; AMADO, 1992). A AT de frutos depende de uma quantidade direta de substâncias solúveis (PESTEANU, 2017). A relação SS/AT dos tratamentos etefon, fertilizante foliar I + fertilizante foliar II e bioestimulante II foram superiores à do tratamento controle, sendo que a relação no tratamento etefon foi superior a todas (Tabela 3). A relação SS/AT é utilizada como indicador de sabor em frutos de diversas espécies, sendo

que o aumento desta relação pode significar aumento no sabor e indicar o amadurecimento de frutos (THIAULT; DEBEUNNE, 1970; SOARES et al., 2008).

A firmeza de polpa e a força para penetração da polpa não apresentaram diferenças entre tratamentos em ambas as safras (Tabela 3). Porém, a força para ruptura da casca foi menor no tratamento bioestimulante I, na safra 2016/2017. O aumento do índice de IA e do SS e a redução da AT pelo uso de etefon é relatado por diversos autores (LI et al., 2017; PESTEANU, 2017), assim como a não interferência na firmeza de polpa, em alguns estudos (SINGH; SHAFIQ, 2008).

A produção por planta (kg e n° de frutos) não diferiu em 2016/2017, assim como o retorno de floração e a frutificação efetiva nas duas safras posteriores às avaliadas (dados não apresentados).

#### **4.1.2 SCS426 Venice**

Na cultivar Venice, não houve diferenças para a coloração vermelha na epiderme das maçãs entre os tratamentos avaliados na safra 2015/2016 (Tabela 4). Porém na safra 2016/2017, os tratamentos de bioestimulante I e etefon aumentaram, em relação aos demais tratamentos, a porcentagem de frutos com mais de 50% de cor vermelha na epiderme, não diferindo entre si. Segundo Saure (1990), o K possui efeitos positivos na promoção da cor vermelha na epiderme de maçãs, no entanto, o prejuízo na formação de cor devido à deficiência de K é muito mais concludente (HUNSCHE; BRACKMANN; ERNANI, 2003). O bioestimulante I, além de ser composto por óxido de potássio, cuja assimilação é rápida pela planta, possui em sua composição compostos orgânicos que podem caracterizá-lo como um bioestimulante (DU JARDIM, 2015), dessa maneira, sua aplicação pode promover alterações fisiológicas. Todavia, a possível ação destes compostos na fisiologia da planta é incerta (SALVI et al., 2016), e o efeito do produto na melhora da coloração das maçãs 'Venice' pode ser referido majoritariamente à ação do K. Na categoria de frutos com mais de 80% de cobertura da epiderme vermelha, o etefon foi superior aos demais tratamentos, com 67,8% dos frutos, seguido pelos tratamentos bioestimulante I e fertilizante foliar I + fertilizante foliar II com 48,5% e 40,7%, respectivamente, sendo superiores aos demais tratamentos. Assim como na cultivar Daiane, os frutos do tratamento fertilizante foliar I + fertilizante foliar II podem ter

aumentado a coloração vermelha da epiderme devido principalmente à ação do nutriente B, presente no fertilizante foliar I.

Tabela 4 – Porcentagem de maçãs ‘Venice’ com percentual de recobrimento do fruto com coloração vermelha da epiderme acima de 50% e 80% na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, em duas safras. Caçador, SC

Tratamento	Coloração vermelha na epiderme dos frutos (%)			
	>50%	>80%	>50%	>80%
----2015/2016**----				----2016/2017----
1. Controle	99,3 <sup>ns</sup>	87,3 <sup>ns</sup>	82,6 b	31,1 c
2. Bioestimulante I (4 L ha <sup>-1</sup> )*	99,7	91,7	91,1 a	48,5 b
3. Fertilizante foliar I (3 L ha <sup>-1</sup> )* + Fertilizante foliar II (2 L ha <sup>-1</sup> )*	97,4	85,7	86,4 b	40,7 b
4. Bioestimulante II (4 L ha <sup>-1</sup> )*	100,0	90,0	82,3 b	29,2 c
5. KCl (20 kg ha <sup>-1</sup> )*	98,3	90,8	86,5 b	36,6 c
6. Etefon (480 g ha <sup>-1</sup> )	-	-	95,1 a	67,8 a
CV (%)	6,1	12,0	9,4	10,7

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Nota: Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns = não significativo ( $p>0,05$ ). \*Doses aplicadas quatro vezes. \*\*Na safra 2015/2016 o tratamento de etefon não foi realizado. >50% = Categoria de frutos com mais de 50% de cor vermelha; >80% = Categoria de frutos com mais de 80% de cor vermelha.

O etefon aumentou a intensidade da cor vermelha das maçãs (menores  $h^{\circ}$  e  $L^*$  e maior  $C^*$ ), sendo que os demais tratamentos não diferiram entre si para estes atributos (Tabela 5). Conforme a síntese de antocianinas começa a “colorir” a epiderme das maçãs com tonalidade vermelha, a sua luminosidade diminui e a sua saturação aumenta, tornando o vermelho mais intenso (GONZÁLEZ-TALICE; YURI; DEL POZO, 2013; LIU; ZHANG; ZHAO, 2013).

A cor de fundo estava mais amarelada nos frutos tratados com etefon, cujo tratamento aumentou a saturação da cor de fundo ( $C^*$ ) (Tabela 5). O amarelecimento da cor de fundo é outro atributo negativo provocado pelo etefon, pois além de reduzir a vida pós-colheita dos frutos, diminui também o interesse dos consumidores, uma vez que a cor amarela transmite a sensação de um fruto muito maduro (HANSEN, 1996; DAUGAARD; GRAUSLUND, 1999; LIU et al., 2012; LI et al., 2017). A formação de cor vermelha na epiderme da maçã inicia simultaneamente com o amarelecimento da cor de fundo do fruto, quando a degradação da clorofila e a síntese de carotenoides está transcorrendo. Para Tijskens et al. (2011), o processo mais importante na formação de cor vermelha está relacionado à degradação de clorofila, em vez da formação de qualquer flavonoide. No entanto, maçãs ‘Venice’ tratadas com bioestimulante I, apesar de apresentarem uma porção avermelhada

maior na epiderme, não apresentaram aumento da tonalidade amarela para coloração de fundo, em relação ao controle. Nava, Dechen e Nachtigall (2008) indicam que o K aumenta a intensidade da cor vermelha da epiderme da maçã e diminui o amarelecimento da cor de fundo de maçãs.

O KCl pode ter aumentado o teor de antocianinas em relação ao tratamento controle pelo efeito do K, que pode atuar como cofator para a atividade de alguma enzima específica do processo de biossíntese de antocianinas (HUNSCHE; BRACKMANN; ERNANI, 2003). Porém, a maior síntese de antocianinas no tratamento de KCl não resultou em aumento da coloração vermelha dos frutos (Tabela 4).

**Tabela 5 – Atributos de cor na epiderme, nas regiões mais e menos vermelhas , de maçãs ‘Daiane’ na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.**

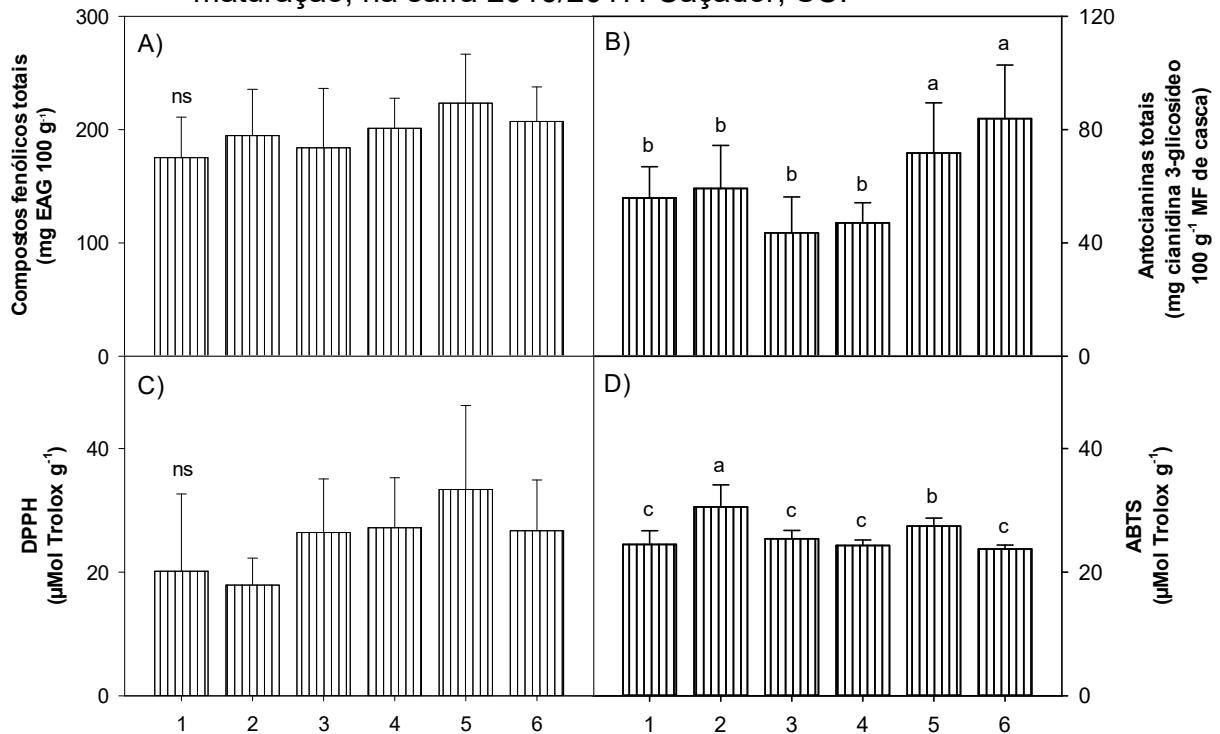
Tratamento	Luminosidade ( $L^*$ )	Saturação (C*)	Tonalidade (h°)
<b>Vermelho</b>			
1. Controle	40,4 a	42,8 a	28,2 a
2. Bioestimulante I (4 L ha <sup>-1</sup> )*	38,8 a	43,0 a	26,9 a
3. Fertilizante foliar I (3 L ha <sup>-1</sup> )* + Fertilizante foliar II (2 L ha <sup>-1</sup> )*	39,9 a	42,9 a	27,4 a
4. Bioestimulante II (4 L ha <sup>-1</sup> )*	39,8 a	41,7 a	27,4 a
5. KCl (20 kg ha <sup>-1</sup> )*	39,4 a	42,5 a	28,0 a
6. Etefon (480 g ha <sup>-1</sup> )	37,5 b	39,7 b	25,0 b
CV (%)	3,2	3,9	4,7
<b>Cor de fundo (amarelo)</b>			
1. Controle	74,2 <sup>ns</sup>	36,7 b	96,6 a
2. Bioestimulante I (4 L ha <sup>-1</sup> )*	75,2	36,1 b	94,0 a
3. Fertilizante foliar I (3 L ha <sup>-1</sup> )* + Fertilizante foliar II (2 L ha <sup>-1</sup> )*	74,0	37,1 b	97,0 a
4. Bioestimulante II (4 L ha <sup>-1</sup> )*	74,0	36,0 b	95,3 a
5. KCl (20 kg ha <sup>-1</sup> )*	73,9	36,1 b	94,7 a
6. Etefon (480 g ha <sup>-1</sup> )	72,4	42,4 a	84,9 b
CV (%)	2,4	4,0	4,4

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Nota: Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns = não significativo ( $p>0,05$ ). \*Doses aplicadas quatro vezes.

A síntese de ANT foi maior nos tratamentos de KCl e etefon, que não diferiram entre si (Figura 3). Os CFT e a AAT, pelo método DPPH, não apresentaram diferenças entre os tratamentos. Porém, a AAT avaliada pelo método ABTS foi mais elevada com o tratamento bioestimulante I, seguido pelo tratamento com KCl.

Figura 3 – Teores de compostos fenólicos totais (A), antocianinas totais (B) e atividade antioxidante total determinada pelos métodos DPPH (C) e ABTS (D), na casca de maçãs ‘Venice’ na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

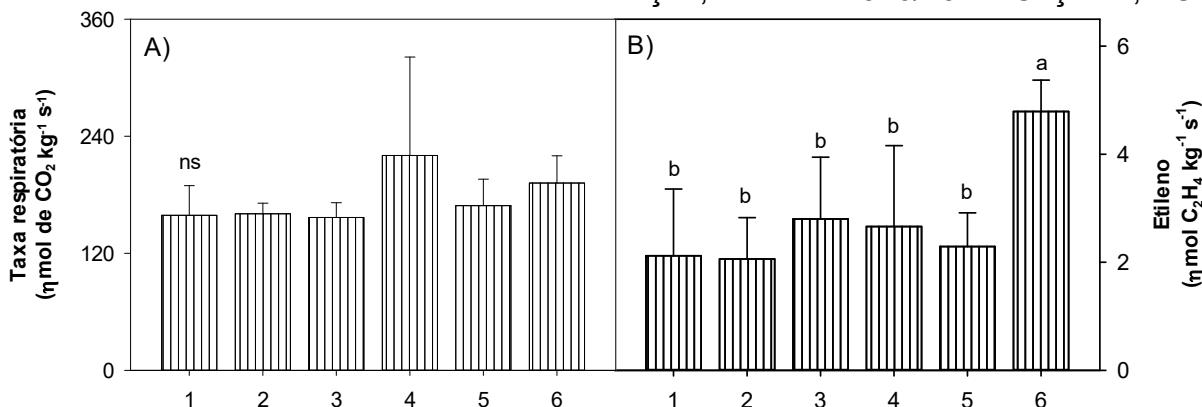
Nota: 1=Controle; 2=Bioestimulante I; 3=Fertilizante foliar I + Fertilizante foliar II; 4=Bioestimulante II; 5=KCl; 6=Etefon. Médias de mesma letra nas barras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns = não significativo ( $p>0,05$ ).

Na safra 2015/2016, onde o tratamento de etefon não foi testado, os tratamentos não apresentaram diferenças em relação ao índice IA. Em 2016/2017, assim como na ‘Daiane’, o IA na ‘Venice’ foi mais elevado para os frutos tratados com etefon, sendo que os demais tratamentos não diferiram entre si. Os teores de SS não diferiram entre tratamentos nas duas safras, assim como a AT e a relação SS/AT na segunda safra. A FP também não apresentou diferenças entre tratamentos em ambas as safras estudadas, bem como a textura em termos de força para penetração da polpa e ruptura da casca das maçãs na safra 2016/2017 (dados não apresentados). Steffens e Brackmann (2006) afirmaram que o processo de degradação dos ácidos pode não ser grandemente influenciado pelo etileno. Segundo De Martin et al. (2018), uma característica dos frutos da cultivar Venice é a alta firmeza de polpa, a qual pode não ser facilmente influenciada pelos tratamentos testados.

A taxa respiratória não apresentou diferenças, porém, a produção de etileno foi maior nos frutos cujas plantas receberam etefon (Figura 4). O etefon pode aumentar a biossíntese de etileno acelerando a respiração dos frutos, ou apenas pela autólise que sofre nas células vegetais, da qual libera etileno (LI et al., 2017).

A produção por planta, a massa média dos frutos, o retorno da floração e a frutificação efetiva não apresentaram diferenças entre tratamentos (dados não apresentados).

Figura 4 – Taxas respiratória (A) e de produção de etileno (B) de maçãs ‘Venice’ na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Nota: 1=Controle; 2=Bioestimulante I; 3=Fertilizante foliar I + Fertilizante foliar II; 4=Bioestimulante II; 5=KCl; 6=Etefon. Médias de mesma letra nas barras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns = não significativo ( $p>0,05$ ).

#### 4.1.3 SCS417 Monalisa

As maçãs da cultivar Monalisa apresentaram maior cobertura de cor vermelha na epiderme com o tratamento de etefon, tanto na categoria acima de 50%, quanto na categoria acima de 80%, sendo que os demais tratamentos não diferiram do controle (Tabela 6). Para Li, Gemma e Iwahori (2002), a síntese de cor vermelha com a aplicação de etefon ocorre pelo estímulo deste regulador de crescimento às enzimas ACC oxidase, PAL e CHI. Devido às condições climáticas favoráveis, como grande amplitude térmica com boa radiação solar, e as temperaturas noturnas baixas durante a maturação dos frutos, 2016/2017 foi uma safra com boa coloração vermelha em geral (ANUÁRIO, 2017). Nesse sentido, pode-se supor que o uso de bioestimulantes melhorará a cor da epiderme de maçãs de maneira mais significativa

em anos com menor amplitude térmica e com baixa luminosidade, onde a coloração tende a ser prejudicada (MEINHOLD et al., 2011; SCHUHKNECHT et al., 2018).

Tabela 6 – Porcentagem de maçãs ‘Monalisa’ com percentual de recobrimento do fruto com coloração vermelha da epiderme acima de 50% e 80%, saturação e tonalidade do vermelho dos frutos na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, em duas safras. Caçador, SC.

Tratamento	Coloração vermelha na epiderme dos frutos			
	>50%	>80%	(C*)	(h°)
	(%)			
1. Controle	80,2 b	47,3 b	46,8 a	24,4 a
2. Bioestimulante I ( $4\text{ L ha}^{-1}$ )*	77,1 b	37,1 b	45,8 b	23,8 b
3. Fertilizante foliar I ( $3\text{ L ha}^{-1}$ )* + Fertilizante foliar II ( $2\text{ L ha}^{-1}$ )*	69,9 b	35,7 b	47,9 a	25,1 a
4. Bioestimulante II ( $4\text{ L ha}^{-1}$ )*	77,9 b	39,7 b	47,2 a	24,4 a
5. KCl ( $20\text{ kg ha}^{-1}$ )*	71,9 b	33,5 b	48,0 a	25,1 a
6. Etefon ( $480\text{ g ha}^{-1}$ )	89,6 a	69,0 a	44,4 b	23,3 b
CV (%)	9,9	16,7	2,8	3,8

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Nota: Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. \*Doses aplicadas quatro vezes. \*\*Na safra 2015/2016 o tratamento de etefon não foi realizado. >50% = Categoria de frutos com mais de 50% de cor vermelha; >80% = Categoria de frutos com mais de 80% de cor vermelha; C\* = Saturação; h° = Tonalidade.

Apesar de não aumentar a cobertura vermelha na epiderme, o bioestimulante I aumentou a intensidade da tonalidade vermelha das maçãs ‘Monalisa’ (menor  $h^\circ$  e maior C\*), não diferindo do tratamento com etefon (Tabela 6). Nava, Dechen e Nachtigall (2008) verificaram que o K aumentou a intensidade da cor vermelha da epiderme de maçãs, indicando que para obter maçãs avermelhadas de alta intensidade, é imperativo evitar sua deficiência. O efeito do etefon sobre a intensidade da tonalidade vermelha pode estar relacionado com a maturação dos frutos, onde o etileno altera a composição da cera superficial da epiderme, conforme a maturação avança (GONZÁLEZ-TALICE; YURI; DEL POZO; LI et al., 2017).

Os tratamentos não influenciaram o índice de IA, a FP, a AT e a relação SS/AT dos frutos na colheita (Tabela 7). No entanto, etefon aumentou o teor de SS e juntamente com bioestimulante I, o amarelecimento na cor de fundo dos frutos. Apesar de aumentar o amarelecimento na cor de fundo dos frutos e o teor de SS, o etefon não reduziu a FP e nem promoveu maior degradação do amido, sendo que esse efeito pode estar ligado à época de colheita e as características da cultivar, já que frutos de ‘Monalisa’ apresentam acelerada degradação do amido durante o período de maturação (DENARDI; CAMILO; KVITSCHAL, 2013).

Tabela 7 – Tonalidade da cor na região menos vermelha, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT), índice de iodo-amido (IA) e firmeza de polpa (FP), de maçãs ‘Monalisa’ na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.

Tratamento	Cor de fundo (h°)	SS (°Brix)	AT (%)	SS/AT	IA (1-5)	FP (N)
1. Controle	87,9 a	12,7 b	0,54 <sup>ns</sup>	23,3 <sup>ns</sup>	3,7 <sup>ns</sup>	87,0 <sup>ns</sup>
2. Bioestimulante I (4 L ha <sup>-1</sup> )*	87,6 a	13,7 a	0,67	24,3	3,9	91,6
3. Fertilizante foliar I (3 L ha <sup>-1</sup> )* + Fertilizante foliar II (2 L ha <sup>-1</sup> )*	89,8 a	12,7 b	0,54	23,4	3,5	85,0
4. Bioestimulante II (4 L ha <sup>-1</sup> )*	89,8 a	13,1 b	0,53	24,9	3,7	87,0
5. KCl (20 kg ha <sup>-1</sup> )*	87,7 a	13,1 b	0,57	23,3	4,0	84,3
6. Etefon (480 g ha <sup>-1</sup> )	81,7 b	13,5 a	0,62	21,8	4,0	87,1
CV (%)	4,1	3,0	8,7	8,2	10,3	4,5

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

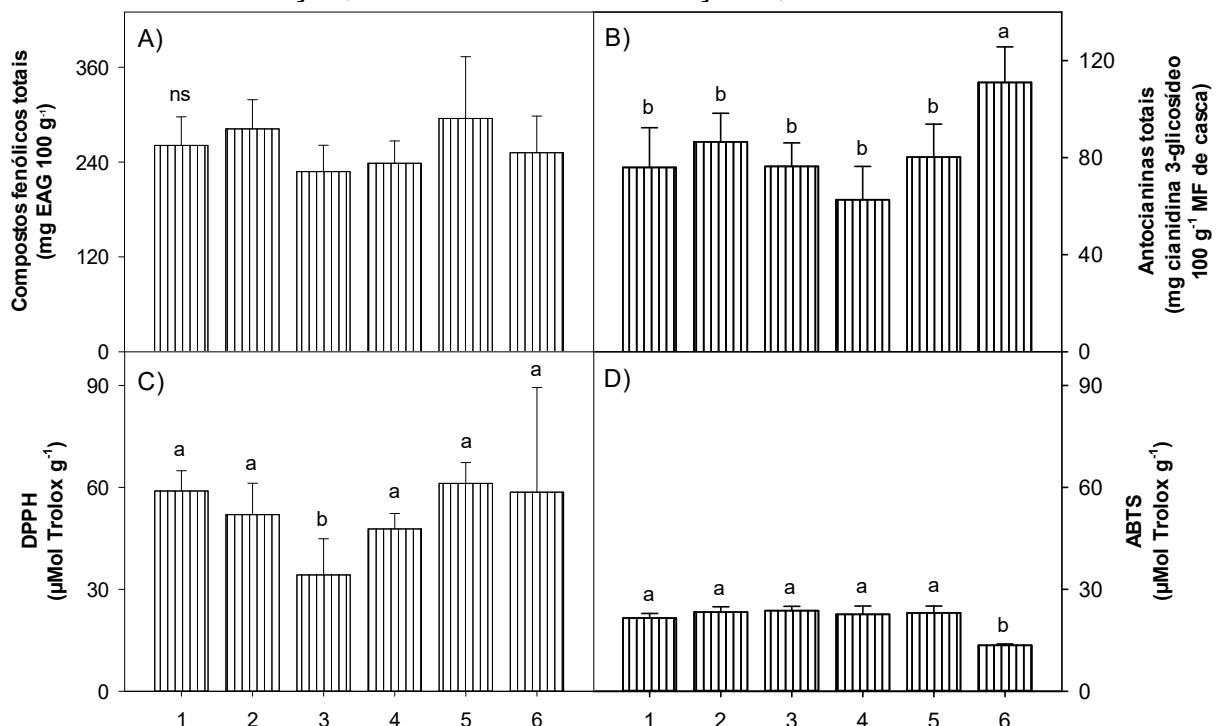
Nota: Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns = não significativo ( $p>0,05$ ). \*Doses aplicadas quatro vezes. h°=Tonalidade.

O conteúdo de antocianinas totais nas maçãs ‘Monalisa’ foi maior nos frutos tratados com etefon (Figura 5). Porém, este mesmo tratamento apresentou menor AAT pelo método ABTS, o que reforça a tese que antocianinas possuem baixo potencial de oxirredução (VAN DER SLUIS et al., 2000). Zardo et al. (2009) verificaram que maçãs com alta pigmentação vermelha apresentam atividade antioxidante semelhante aos frutos da mesma cultivar com pouca pigmentação vermelha. Porém, essa teoria é bastante contestada, pois Tsao et al. (2005) relatam que, entre os compostos fenólicos, as antocianinas possuem alto poder antioxidante. Já pelo método DPPH, o tratamento fertilizante foliar I + fertilizante foliar II apresentou menor AAT, em relação aos demais.

A ‘Monalisa’ é uma cultivar de macieira com múltipla resistência a doenças e pragas (DENARDI; CAMILO; KVITSCHAL, 2013), possuindo resistência à sarna da macieira (*Venturia inaequalis*). Alguns autores observaram que cultivares de macieira resistentes a este patógeno possuem teores de compostos fenólicos até três vezes maior que cultivares susceptíveis (TREUTTER; FEUCHT, 1990; PETKOVSEK; STAMPAR; VEBERIC, 2007). Para Vieira et al. (2009b), a razão pela qual as cultivares de maçãs resistentes exibem maior conteúdo fenólico e maior atividade antioxidante provavelmente está vinculada ao genótipo e também ao fato de que as plantas estão expostas a diferentes fatores de estresse no pomar, como doenças e pragas, sendo que a composição fenólica de um tecido vegetal pode determinar o nível de susceptibilidade e tolerância a infecções fúngicas e pragas

(USENIK et al., 2004). O teor de CFT na casca dos frutos não apresentou diferenças entre os tratamentos.

Figura 5 – Teores de compostos fenólicos totais (A), antocianinas totais (B) e atividade antioxidante total determinada pelos métodos DPPH (C) e ABTS (D), na casca de maçãs ‘Monalisa’ na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.

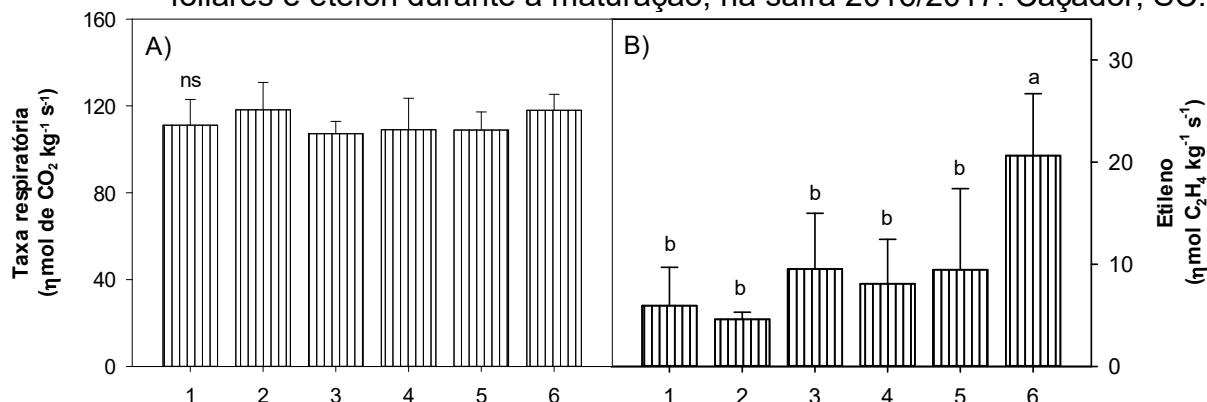


Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Nota: 1=Controle; 2=Bioestimulante I; 3=Fertilizante foliar I + Fertilizante foliar II; 4=Bioestimulante II; 5=KCl; 6=Etefon. Médias de mesma letra nas barras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns = não significativo ( $p>0,05$ ).

Assim como os frutos de ‘Daiane’ e ‘Venice’, a taxa de produção de etileno foi maior em maçãs ‘Monalisa’ tratadas com etefon, contudo, a taxa respiratória não apresentou diferenças entre os tratamentos (Figura 6). A produção por planta, a massa fresca média dos frutos, o retorno de floração e a frutificação efetiva não diferiram entre tratamentos (dados não apresentados).

Figura 6 – Taxas respiratória (A) e de produção de etileno (B) de maçãs ‘Monalisa’ na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Nota: 1=Controle; 2=Bioestimulante I; 3=Fertilizante foliar I + Fertilizante foliar II; 4=Bioestimulante II; 5=KCl; 6=Etefon. Médias de mesma letra nas barras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns = não significativo ( $p>0,05$ ).

Nas cultivares de maturação precoce e meia estação, nenhum tratamento afetou negativamente a qualidade das maçãs. Com exceção de etefon, os tratamentos também não interferiram na maturação dos frutos e, possivelmente, no potencial de armazenamento das três cultivares precoce e de meia estação avaliadas.

O bioestimulante I aumentou a coloração vermelha sobre a superfície da epiderme das maçãs ‘Daiane’ na primeira safra e ‘Venice’ na segunda safra. Também melhorou a qualidade visual dos frutos das cultivares Monalisa e Daiane, aumentando a intensidade da tonalidade vermelha da epiderme (menores  $h^\circ$ ,  $C^*$  e  $L^*$ ), no entanto, nas maçãs ‘Daiane’, aumentou também amarelecimento na cor de fundo. Melhorou também alguns atributos, como SS nas cvs. Daiane e Monalisa, AAT nas cvs. Daiane e Venice e ANT na ‘Daiane’.

Fertilizante foliar I + fertilizante foliar II aumentou a coloração vermelha das maçãs ‘Venice’ em 2016/2017 e ‘Daiane’ em ambas as safras. Melhorou a qualidade dos frutos de ‘Daiane’, aumentando os teores de SS, SS/AT, AAT, CFT e ANT.

O bioestimulante II melhorou a qualidade visual das maçãs ‘Daiane’, aumentando a porcentagem de cor vermelha sobre a superfície da epiderme dos frutos, nas duas safras avaliadas, e a intensidade da tonalidade vermelha, sem alterar a tonalidade da cor de fundo, além de aumentar também o teor de ANT, SS e a relação SS/AT.

O KCl não aumentou a coloração vermelha de nenhuma cultivar precoce e de meia estação avaliada, no entanto, melhorou tonalidade vermelha da epiderme na cultivar ‘Daiane’ e também os atributos funcionais da casca (AAT e ANT), além de reduzir a respiração dos frutos desta cultivar.

O Etefon melhorou a qualidade visual de todas as cultivares de maturação precoce e de meia estação avaliadas, aumentando a porcentagem e a intensidade de cor vermelha sobre a epiderme dos frutos. No entanto, acelerou a maturação dos frutos das três cultivares, incrementando a produção de etileno e a degradação de amido, bem como causou maior amarelecimento da epiderme, o que possivelmente reduz o potencial de armazenamento dos frutos. O etefon também melhorou as propriedades funcionais da casca das maçãs, aumentando o teor de ANT nas três cultivares. Aumentou os SS na ‘Monalisa’ e na ‘Daiane’, a AAT, os CFT e a relação SS/AT nas maçãs ‘Daiane’. No entanto, aumentou também a taxa respiratória dos frutos desta cultivar, reduzindo consequentemente sua AT.

## 4.2 CULTIVARES DE MATURAÇÃO TARDIA

### 4.2.1 Fuji

Frutos da cultivar Fuji apresentaram bom percentual de coloração vermelha na epiderme nas duas safras avaliadas, porém, nenhuma resposta positiva no incremento de cor vermelha com os tratamentos (Tabela 8). Na categoria de frutos com mais de 50% de cor vermelha, os tratamentos bioestimulante I e fertilizante foliar I + fertilizante foliar II apresentaram um percentual menor que o tratamento controle, nas duas safras. Na safra 2016/2017, o tratamento com bioestimulante II também teve menor porcentagem de frutos nesta categoria, em relação ao controle. O tratamento fertilizante foliar I + fertilizante foliar II, com apenas 42,1% dos frutos com mais do que 50% de cor vermelha, foi o tratamento que apresentou o menor percentual. Este mesmo tratamento diminuiu a porcentagem dos frutos com mais de 80% de cor vermelha na superfície da epiderme, apresentando apenas 5,4% e 6,2% dos frutos dentro desta categoria nas safras 2015/2016 e 2016/2017, respectivamente.

Tabela 8 – Porcentagem de maçãs ‘Fuji’ com percentual de recobrimento do fruto com coloração vermelha da epiderme acima de 50% e 80% e tonalidade da cor na região mais vermelha na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, em duas safras. Caçador, SC.

Tratamento	Coloração vermelha na epiderme dos frutos				
	>50%	>80%	>50%	>80%	(h°)
<b>----2015/2016**----</b>					<b>-----2016/2017-----</b>
1. Controle	90,5 a	55,4 a	74,3 a	20,2 a	37,3 b
2. Bioestimulante I (4 L ha <sup>-1</sup> )*	58,2 b	21,9 b	55,1 b	15,1 a	40,9 b
3. Fertilizante foliar I (3 L ha <sup>-1</sup> )* + Fertilizante foliar II (2 L ha <sup>-1</sup> )*	43,9 b	5,4 b	42,1 c	6,2 b	51,6 a
4. Bioestimulante II (4 L ha <sup>-1</sup> )*	83,5 a	59,9 a	57,8 b	11,5 a	40,0 b
5. KCl (20 kg ha <sup>-1</sup> )*	87,7 a	69,6 a	70,5 a	15,2 a	36,3 b
6. Etefon (480 g ha <sup>-1</sup> )	-	-	66,4 a	16,4 a	39,9 b
CV (%)	10,5	24,1	8,5	18,4	7,8

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Nota: Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. \*Doses aplicadas quatro vezes. \*\*Na safra 2015/2016 o tratamento de etefon não foi realizado. >50% = Categoria de frutos com mais de 50% de cor vermelha; >80% = Categoria de frutos com mais de 80% de cor vermelha; h° = Tonalidade.

Na safra 2015/2016, o tratamento com bioestimulante I também apresentou menor porcentagem de maçãs com mais de 80% de cor vermelha na epiderme, em relação aos demais tratamentos, não diferindo apenas do tratamento com fertilizante foliar I + fertilizante foliar II (Tabela 8).

Os frutos da cultivar Fuji apresentam comportamento respiratório e de produção de etileno bastante diferenciado de frutos de cultivares precoces, sendo que seus frutos são, inclusive, bem menos sensíveis ao etileno exógeno (SAQUET; STREIF, 2000; BRACKMANN; STEFFENS; GIEHL, 2004). Dessa maneira, nem mesmo o tratamento com etefon teve efeito no incremento da coloração vermelha na epiderme das maçãs, concordando com os resultados obtidos em outros trabalhos (FORTES, 1984).

O Co e o Mo, presentes no fertilizante foliar II podem ter influenciado o metabolismo e a assimilação de nitrogênio nas plantas e, indiretamente, reduzido a degradação da clorofila, e retardado a maturação das maçãs ‘Fuji’, uma vez que a aplicação de Co pode reduzir a síntese de etileno por meio da redução da atividade da ACC oxidase, reduzindo a conversão do ACC em etileno (TAIZ; ZEIGLER, 2012). Gad, Mohammed e Bekbayeva (2013) acreditam que o Co interage com outros elementos e participam de diversas reações na fisiologia da planta, todavia, essas atuações ainda não estão claras na literatura. Singh e Dhillon (1990) e Singh e

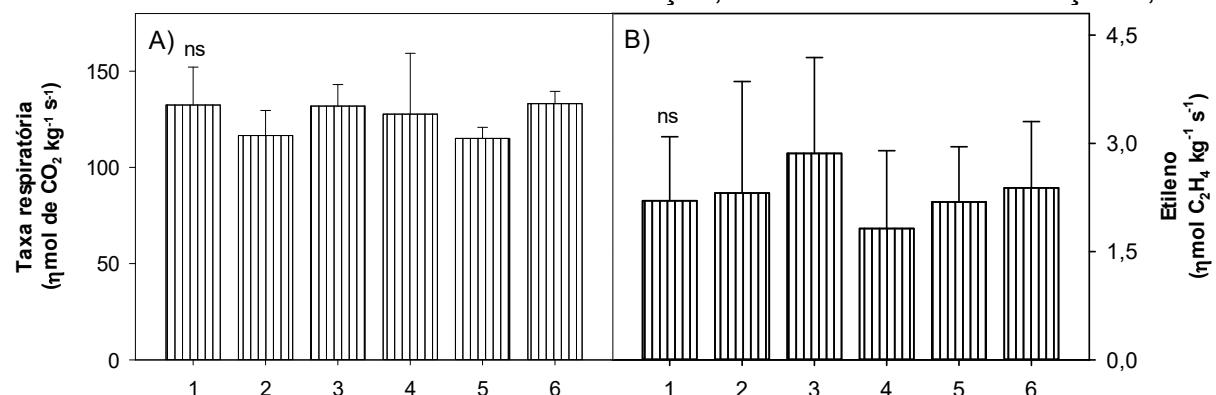
Agrez (2002) consideraram o Co um eficiente inibidor da síntese de etileno, sendo empregado na cultura da mangueira (*Mangifera indica*, L) para este fim.

Além do tratamento fertilizante foliar I + fertilizante foliar II, ficou evidente que, nas duas safras, o tratamento bioestimulante I também prejudicou a coloração dos frutos de 'Fuji', contudo, a ação do produto neste caso sugere um efeito isolado, uma vez que o K<sub>2</sub>O não apresentaria a possibilidade de reduzir a coloração vermelha de maçãs. Iglesias, Echeverría e Lopez (2012) consideram a escolha de clones de coloração melhoradas de 'Fuji' ainda é a melhor opção para os fruticultores que procuram superar o problema de baixa qualidade visual desta cultivar, e o efeito nulo dos tratamentos na coloração vermelha dos frutos reforça essa recomendação.

O tratamento com fertilizante foliar I + fertilizante foliar II também apresentou frutos com epiderme de menor intensidade da tonalidade vermelha, com luminosidade maior em comparação aos demais tratamentos (Tabela 8), e juntamente com o tratamento bioestimulante I, aumentou a saturação da cor de fundo da epiderme dos frutos após a colheita. Porém, a tonalidade da cor de fundo das maçãs 'Fuji' não apresentou diferença entre os tratamentos.

A taxa respiratória e a produção de etileno, após a colheita, não apresentaram diferenças entre os tratamentos, assim como os CFT e a AAT (métodos ABTS e DPPH) (Figuras 7 e 8). Já a ANT foi menor nos frutos submetidos aos tratamentos bioestimulante I e fertilizante foliar I + fertilizante foliar II.

Figura 7 – Taxas respiratória (A) e de produção de etileno (B) de maçãs 'Fuji' na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.

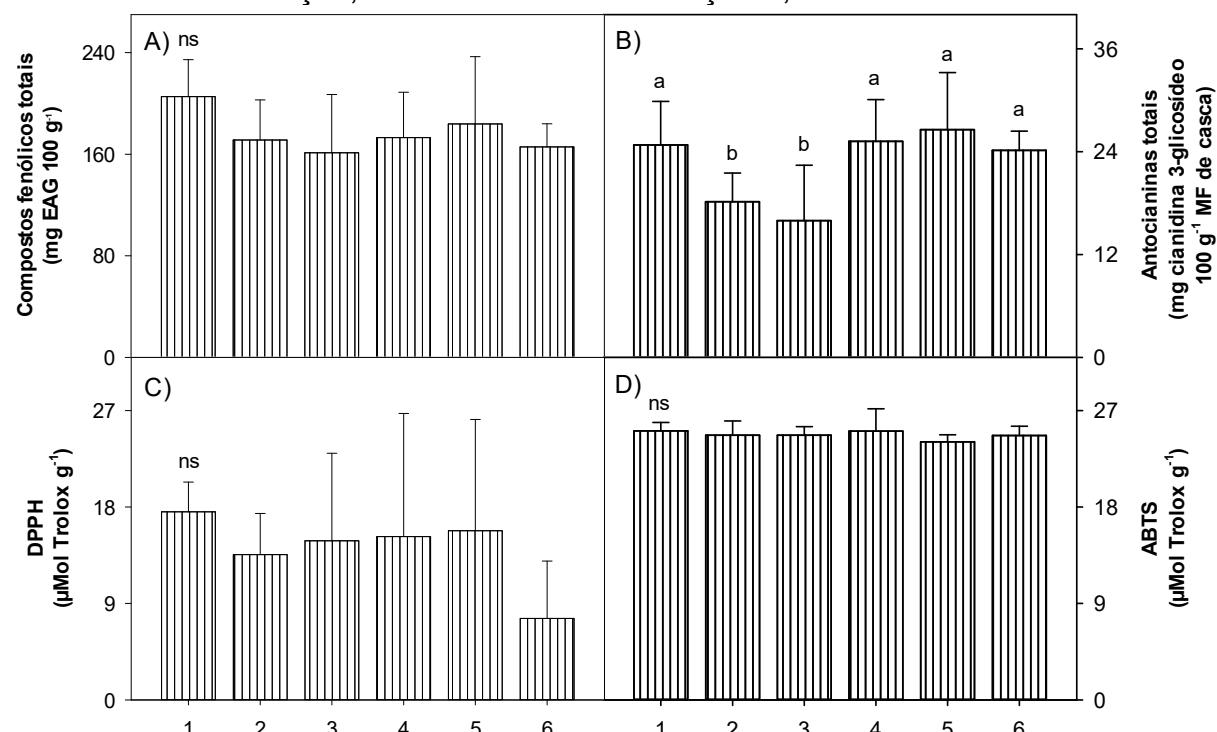


Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Nota: 1=Controle; 2=Bioestimulante I; 3=Fertilizante foliar I + Fertilizante foliar II; 4=Bioestimulante II; 5=KCl; 6=Etefon. ns = não significativo ( $p>0,05$ ).

As maçãs 'Fuji' requerem uma maior e melhor intensidade de luz no interior do dossel em relação à maioria das outras cultivares para produzir a mesma quantidade de antocianinas (ARAKAWA, 1988).

Figura 8 – Teores de compostos fenólicos totais (A), antocianinas totais (B) e atividade antioxidante total determinada pelos métodos DPPH (C) e ABTS (D), na casca de maçãs 'Fuji' na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Nota: 1=Controle; 2=Bioestimulante I; 3=Fertilizante foliar I + Fertilizante foliar II; 4=Bioestimulante II; 5=KCl; 6=Etefon. Médias de mesma letra nas barras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns = não significativo ( $p>0,05$ ).

Na colheita, o índice IA e a FP não apresentaram diferenças entre os tratamentos nas duas safras, assim como a AT e a textura em termos de força para penetração da polpa e ruptura da casca das maçãs, na safra 2016/2017 (dados não apresentados). Já os tratamentos de fertilizante foliar I + fertilizante foliar II e bioestimulante II apresentaram teor de SS inferiores aos demais tratamentos na safra 2016/2017 (Tabela 9), porém, a relação SS/AT não apresentou diferença significativa, bem como os teores de SS na primeira safra.

Tabela 9 – Teores de sólidos solúveis (SS), relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT), e índice de iodo-amido (IA) de maçãs ‘Fuji’ na colheita e após 150 dias de armazenamento refrigerado seguido por mais sete dias de exposição dos frutos em temperatura ambiente, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon, na safra 2016/2017. Caçador, SC..

Tratamento	SS ( <sup>°</sup> Brix)		Relação SS/AT		IA na colheita (1-5)
	Colheita	Câmara fria + prateleira	Colheita	Câmara fria + prateleira	
1. Controle	12,4 a	13,1 ns	38,1 ns	69,5 a	3,9 ns
2. Bioestimulante I (4 L ha <sup>-1</sup> )*	12,5 a	12,7	36,7	57,9 b	4,0
3. Fertilizante foliar I (3 L ha <sup>-1</sup> )* + Fertilizante foliar II (2 L ha <sup>-1</sup> )*	11,6 b	11,9	29,9	58,5 b	4,0
4. Bioestimulante II (4 L ha <sup>-1</sup> )*	11,7 b	12,9	35,5	82,0 a	4,2
5. KCl (20 kg ha <sup>-1</sup> )*	12,4 a	13,0	35,3	61,6 b	4,1
6. Etefon (480 g ha <sup>-1</sup> )	12,8 a	12,9	40,6	73,0 a	4,2
CV (%)	4,4	7,6	11,8	13,0	5,1

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

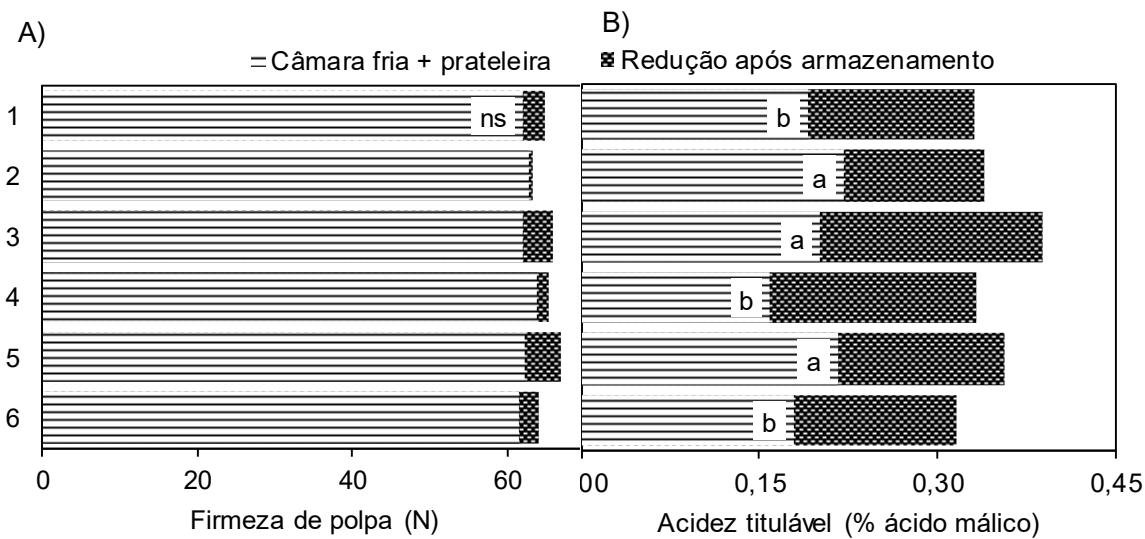
Nota: Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns = não significativo ( $p>0,05$ ). \*Doses aplicadas quatro vezes.

Fortes (1984) não observou efeito do etefon sobre a firmeza de polpa da maçã ‘Fuji’. Steffens e Brackmann (2006) também não observaram efeito de etefon sobre as taxas respiratória e de produção de etileno em maçãs ‘Fuji’.

Após 150 dias mantidos em AR, seguido por mais sete dias de exposição em temperatura ambiente, naturalmente ocorreu aumento no teor de SS dos frutos (Tabela 9), e reduções da AT e FP em todos os tratamentos (Figura 9), devido à ação da respiração e produção de etileno nos mesmos (STEFFENS et al., 2008). Porém, as maçãs dos tratamentos controle, bioestimulante II e etefon reduziram de forma mais acelerada o percentual de ácido málico, apresentando teores de AT inferiores aos demais tratamentos.

Os minerais presentes na composição dos tratamentos de bioestimulante I, fertilizante foliar I + fertilizante foliar II e KCl, que absorvidos pelos frutos, podem ter aumentado a concentração vacuolar de cátions nas células das maçãs, podem ter provocado o transporte dos ácidos para dentro do vacúolo da célula para contrabalançar esses cátions ali presentes (DE JAGER; DE PUTTER, 1999). Assim, quanto maior a concentração vacuolar de cátions acredita-se que maior será a concentração de ácidos orgânicos nos vacúolos, os quais não estarão facilmente acessíveis para a oxidação durante a respiração celular. Dessa maneira, esses mesmos tratamentos reduziram a relação SS/AT de seus frutos em relação aos demais (Tabela 9). Já os teores de SS e a FP não apresentaram diferenças significativas, após o armazenamento.

Figura 9 – Firmeza de polpa (A) e acidez titulável (B) de maçãs ‘Fuji’ após 150 dias de armazenamento refrigerado ( $0,5\pm0,2$  °C e UR de  $85\pm5\%$ ) e mais sete dias de exposição dos frutos em temperatura ambiente ( $23\pm0,3$  °C e UR de  $68\pm0,6\%$ ), em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Nota: 1=Controle; 2=Bioestimulante I; 3=Fertilizante foliar I + Fertilizante foliar II; 4=Bioestimulante II; 5=KCl; 6=Etefon. Médias de mesma letra nas barras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns = não significativo ( $p>0,05$ ).

Em relação à cor de fundo dos frutos, após o período de AR, no momento da saída da câmara, apenas a saturação do amarelo foi superior nos tratamentos bioestimulante I e fertilizante foliar I + fertilizante foliar II, porém sem diferença entre os tratamentos na tonalidade amarela (Tabela 10). Já após sete dias em temperatura ambiente, a saturação do amarelo foi superior também no tratamento com etefon, não diferindo do bioestimulante I e fertilizante foliar I + fertilizante foliar II, todavia, a tonalidade amarela não diferiu entre tratamentos.

Os tratamentos bioestimulante I, fertilizante foliar I + fertilizante foliar II e controle apresentaram maior percentual de podridão em relação aos demais tratamentos, com 15,2%, 13,5% e 13,0% dos seus frutos, respectivamente. Já o tratamento com etefon, apresentou a menor incidência de podridões, apenas 7,6% (Tabela 11).

Tabela 10 – Tonalidade da cor na região menos vermelha na epiderme de maçãs ‘Fuji’ na colheita, depois de 150 dias de armazenamento refrigerado ( $0,5\pm0,2$  °C e UR de  $85\pm5\%$ ) e mais sete dias de exposição dos frutos em temperatura ambiente ( $23\pm0,3$  °C e UR de  $68\pm0,6\%$ ), em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.

Tratamento	Cor de fundo (h°)		
	Colheita	Saída da câmara	Sete dias de prateleira
1. Controle	108,1 <sup>ns</sup>	100,6 <sup>ns</sup>	100,9 <sup>ns</sup>
2. Bioestimulante I (4 L ha <sup>-1</sup> )*	107,9	102,9	101,8
3. Fertilizante foliar I (3 L ha <sup>-1</sup> )* + Fertilizante foliar II (2 L ha <sup>-1</sup> )*	109,3	105,0	102,0
4. Bioestimulante II (4 L ha <sup>-1</sup> )*	108,6	102,5	101,6
5. KCl (20 kg ha <sup>-1</sup> )*	107,8	101,4	100,6
6. Etefon (480 g ha <sup>-1</sup> )	108,4	102,4	99,9
CV (%)	0,8	1,9	1,5

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Nota: ns = não significativo ( $p>0,05$ ). \*Doses aplicadas quatro vezes. h°=Tonalidade.

O etileno é um hormônio associado a mecanismos de proteção da planta que transmite sinais de defesa e pode reduzir a incidência de podridões nos frutos (MARCOS et al., 2005). Por outro lado, devido ao efeito que ocasiona sobre atributos associados à maturação, como redução da integridade da epiderme e firmeza da polpa, o etileno pode ter um efeito indireto que favorece a ocorrência de podridões nos frutos (KITTEMANN et al., 2015). Além disso, diversos trabalhos já reportaram que o inibidor da ação de etileno 1-metilciclopropeno (1-MCP), tem efeito tanto na redução quanto no aumento da ocorrência de podridões (WATKINS, 2008; ARGENTA et al., 2016). Após os sete dias em temperatura ambiente, a incidência de podridões não apresentou diferenças entre os tratamentos. A incidência de podridão carpelar nos frutos, com média geral de 13,5%, também não apresentou diferença entre os tratamentos (dados não apresentados).

Quanto ao percentual de escaldadura superficial, bioestimulante I e fertilizante foliar I + fertilizante foliar II apresentaram maior incidência do que os demais tratamentos (Tabela 11). Ju e Bramlage (2001) verificaram que o tratamento pré-colheita com etefon reduziu as concentrações internas de  $\alpha$ -farneseno, cujo sesquiterpeno é considerado responsável pela ocorrência da escaldadura superficial em maçãs durante o AR (LURIE; WATKINS, 2012). Além disso, os tratamentos de bioestimulante I e fertilizante foliar I + fertilizante foliar II, possivelmente atrasaram a maturação dos frutos, uma vez que apresentaram menor coloração vermelha na epiderme, menor teor de antocianinas, maior saturação da cor de fundo e menor

relação SS/AT, após o armazenamento. A maior incidência de escaldadura superficial nos frutos destes tratamentos, pode estar relacionada ao ponto de colheita, uma vez que quanto mais verdes os frutos forem colhidos, tanto maior será a suscetibilidade à escaldadura (BASSO, 2006). Após sete dias em temperatura ambiente, o percentual de frutos com escaldadura superficial aumentou, porém, não apresentou diferenças entre os tratamentos.

Tabela 11 – Porcentagens de podridões e escaldadura superficial de maçãs ‘Fuji’ após 150 dias de armazenamento refrigerado ( $0,5\pm0,2$  °C e UR de  $85\pm5\%$ ) e mais sete dias de exposição dos frutos em temperatura ambiente ( $23\pm0,3$  °C e UR de  $68\pm0,6\%$ ), em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.

Tratamento	Podridões (%)		Escaldadura superficial (%)	
	Saída da câmara	7 dias de prateleira	Saída da câmara	7 dias de prateleira
1. Controle	13,0 a	14,2 <sup>ns</sup>	11,9 b	21,1 <sup>ns</sup>
2. Bioestimulante I ( $4\text{ L ha}^{-1}$ )*	15,2 a	15,3	16,3 a	15,6
3. Fertilizante foliar I ( $3\text{ L ha}^{-1}$ )* + Fertilizante foliar II ( $2\text{ L ha}^{-1}$ )*	13,5 a	10,3	18,5 a	26,8
4. Bioestimulante II ( $4\text{ L ha}^{-1}$ )*	11,2 b	10,6	9,8 b	24,3
5. KCl ( $20\text{ kg ha}^{-1}$ )*	10,8 b	13,3	8,8 b	21,6
6. Etefon ( $480\text{ g ha}^{-1}$ )	7,6 c	9,3	9,6 b	14,7
CV (%)	10,7	17,3	17,9	21,4

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Nota: Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns = não significativo ( $p>0,05$ ). \*Doses aplicadas quatro vezes.

A produção por planta (kg e n° de frutos) foi menor nos tratamentos de bioestimulante I e fertilizante foliar I + fertilizante foliar II em relação aos demais, e este resultado afetou a massa média dos frutos, sedo que os mesmos tratamentos produziram frutos maiores (dados não apresentados). Estes frutos com calibres maiores também podem ter favorecido a maior incidência de escaldadura superficial (Tabela 11) (FLORES-CANTILLANO; GIRARDI, 2004), bem como a redução do teor de antocianinas e da relação SS/AT (Tabela 9 e

Figura 8), uma vez que o calibre e a carga de frutos podem influenciar o seu processo de maturação, e o acúmulo ou diluição de açúcares (LO BIANCO; MASSENTI; FARINA, 2015; PESTEANU, 2017).

O retorno de floração e a frutificação efetiva na safra subsequente não foram afetados nas duas safras avaliadas (dados não apresentados).

#### 4.2.2 SCS427 Elenise

Os tratamentos fertilizante foliar I + fertilizante foliar II, bioestimulante II e KCl apresentaram menor percentual de frutos com mais de 50% da superfície dos frutos recoberta com vermelha em relação ao controle (Tabela 12). Já a porcentagem de frutos com mais de 80% de cobertura vermelha da epiderme foi reduzida, em relação ao controle, nos tratamentos fertilizante foliar I + fertilizante foliar II e KCl. A região mais vermelha das maçãs ‘Elenise’ apresentou tonalidade mais intensa nos tratamentos bioestimulante I, etefon e controle, e uma saturação da cor maior em maçãs dos tratamentos controle e bioestimulante I. Já a luminosidade foi maior nos frutos dos tratamentos fertilizante foliar I + fertilizante foliar II e KCl.

Tabela 12 – Porcentagem de maçãs ‘Elenise’ com percentual de recobrimento do fruto com coloração vermelha da epiderme acima de 50% e 80% e atributos de cor na região mais vermelha na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.

Tratamento	Coloração vermelha na epiderme dos frutos				
	>50%	>80%	(L*)	(C*)	(h°)
	(%)				
1. Controle	78,8 a	29,7 a	42,0 b	40,8 a	27,5 b
2. Bioestimulante I (4 L ha <sup>-1</sup> )*	76,9 a	31,5 a	42,1 b	41,0 a	27,4 b
3. Fertilizante foliar I (3 L ha <sup>-1</sup> )* + Fertilizante foliar II (2 L ha <sup>-1</sup> )*	60,6 b	17,6 b	44,4 a	39,9 b	29,9 a
4. Bioestimulante II (4 L ha <sup>-1</sup> )*	64,6 b	25,4 a	43,0 b	40,0 b	28,9 a
5. KCl (20 kg ha <sup>-1</sup> )*	55,1 b	14,2 b	44,6 a	39,8 b	30,3 a
6. Etefon (480 g ha <sup>-1</sup> )	78,4 a	34,9 a	41,0 b	40,2 b	27,3 b
CV (%)	10,5	25,5	2,6	2,1	4,8

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Nota: Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. \*Doses aplicadas quatro vezes. >50% =Categoria de frutos com mais de 50% de cor vermelha; >80% =Categoria de frutos com mais de 80% de cor vermelha. L\* =Luminosidade; C\* =Saturação; h° =Tonalidade.

Assim como na maçã ‘Fuji’, o tratamento com fertilizante foliar I + fertilizante foliar II apresentou efeito negativo na cor dos frutos de ‘Elenise’ devido ao fertilizante foliar II, que por ação do Co e Mo, pode ter reduzido a degradação da clorofila, e retardado a maturação das maçãs (SINGH; AGREZ, 2002; TAIZ; ZEIGLER, 2012). Já os tratamentos de bioestimulante II e KCl apresentaram maiores cargas de frutos na planta (kg e n° de frutos) (Tabela 13), e isso pode ter interferido negativamente na coloração dos frutos. Uma alta carga de frutos atrasa a produção de etileno e a síntese de antocianinas, diminuindo a qualidade das maçãs, inclusive a cor vermelha

da epiderme (HANSEN, 1971; STOPAR et al., 2002; UBI, 2004; DELONG et al., 2015; HONDA et al., 2017). Frutos com menor coloração vermelha e de plantas com maior carga de frutos apresentaram maior luminosidade na epiderme (Tabelas 12 e 13). Segundo González-Talice, Yuri e Del Pozo (2013), conforme ocorre a síntese de antocianinas e o aumento da cor vermelha, a luminosidade da epiderme das diminui.

Tabela 13 – Produção por planta e massa média de maçãs ‘Elenise’, em função da aplicação de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.

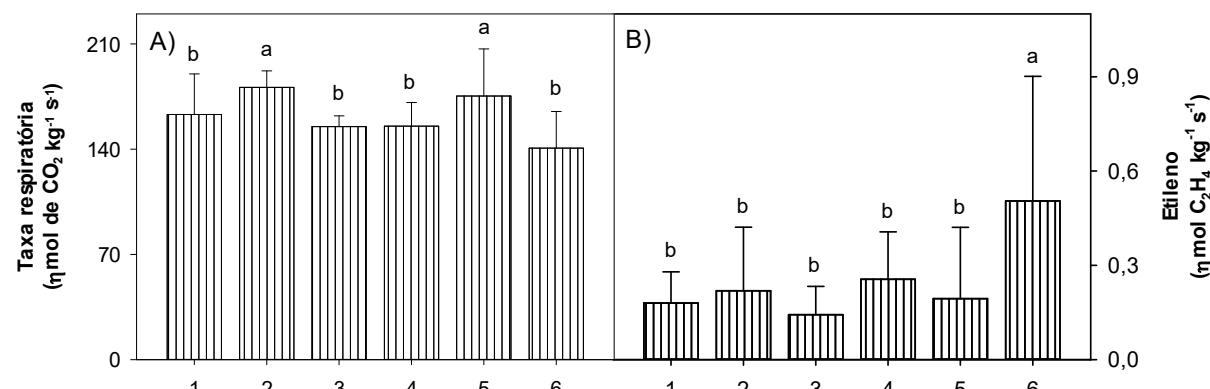
Tratamentos	Produção por planta		Massa média dos frutos (g)
	Massa (kg)	Número de frutos	
1. Controle	19,0 b	110,8 b	174,4 <sup>ns</sup>
2. Bioestimulante I (4 L ha <sup>-1</sup> )*	17,4 b	105,2 b	168,8
3. Fertilizante foliar I (3 L ha <sup>-1</sup> )* + Fertilizante foliar II (2 L ha <sup>-1</sup> )*	17,6 b	100,7 b	178,4
4. Bioestimulante II (4 L ha <sup>-1</sup> )*	24,7 a	146,2 a	171,5
5. KCl (20 kg ha <sup>-1</sup> )*	24,3 a	139,8 a	174,4
6. Etefon (480 g ha <sup>-1</sup> )	18,2 b	99,8 b	180,7
CV (%)	20,8	11,3	8,6

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Nota: Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns = não significativo ( $p>0,05$ ). \*Doses aplicadas quatro vezes.

O tratamento etefon aumentou a taxa de produção de etileno das maçãs em comparação aos demais tratamentos (Figura 10). Já a taxa respiratória foi superior em frutos tratados com bioestimulante I e KCl. O K exerce grande participação no processo de regulação do potencial osmótico das células e na ativação de muitas enzimas envolvidas na respiração (TREVISAN et al., 2006; TAIZ; ZEIGER, 2012).

Figura 10 – Taxas respiratória (A) e de produção de etileno (B) de maçãs ‘Elenise’ na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Nota: 1=Controle; 2=Bioestimulante I; 3=Fertilizante foliar I + Fertilizante foliar II; 4=Bioestimulante II; 5=KCl; 6=Etefon. Médias de mesma letra nas barras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Em relação à cor de fundo, os mesmos tratamentos com vermelho mais intenso apresentaram tonalidade mais amarelada (Tabelas 12 e 14). Já a saturação da cor de fundo foi maior para os tratamentos de bioestimulante I, fertilizante foliar I + fertilizante foliar II e KCl. O tratamento com fertilizante foliar I + fertilizante foliar II apresentou os frutos com maior ângulo *hue* na cor de fundo na cultivar Elenise, como já observado na maçã 'Fuji' (Tabela 10). Esta tonalidade tendendo mais ao verde, em relação aos frutos dos demais tratamentos, pode estar associada ao efeito inibitório do Co e do Mo na síntese de etileno, retardando a degradação da clorofila (TAIZ; ZEIGLER, 2012).

Tabela 14 – Tonalidade da cor na região menos vermelha, índice de iodo-amido e firmeza de polpa, de maçãs 'Elenise' na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.

Tratamento	Cor de fundo ( <i>h</i> <sup>°</sup> )	Iodo-amido (1-5)	Firmeza de polpa (N)
1. Controle	106,0 b	3,5 c	73,2 a
2. Bioestimulante I (4 L ha <sup>-1</sup> )*	105,5 b	3,8 b	70,8 b
3. Fertilizante foliar I (3 L ha <sup>-1</sup> )* + Fertilizante foliar II (2 L ha <sup>-1</sup> )*	107,2 a	3,9 a	75,0 a
4. Bioestimulante II (4 L ha <sup>-1</sup> )*	106,5 a	4,1 a	73,4 a
5. KCl (20 kg ha <sup>-1</sup> )*	107,0 a	4,1 a	74,3 a
6. Etefon (480 g ha <sup>-1</sup> )	105,1 b	4,2 a	73,4 a
CV (%)	1,1	6,7	2,8

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

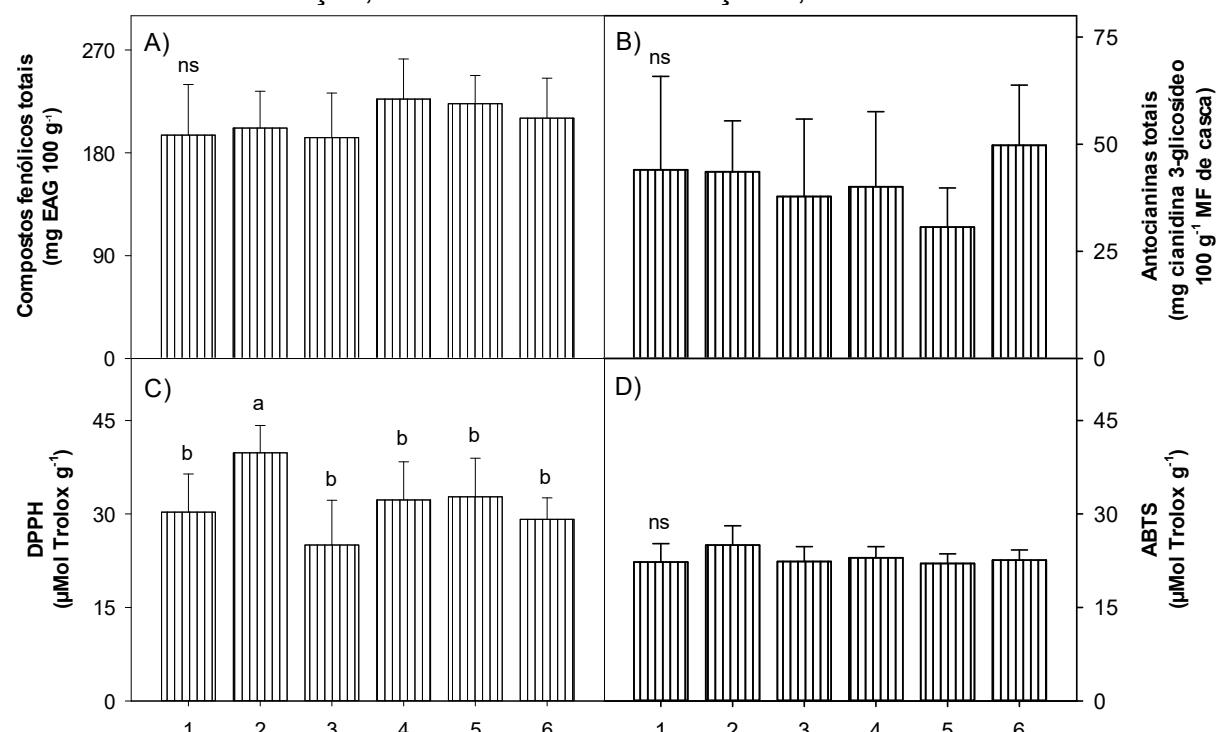
Nota: Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns = não significativo (*p*>0,05). \*Doses aplicadas quatro vezes. *h*<sup>°</sup>=Tonalidade.

Todos os tratamentos aumentaram a hidrólise do amido nos frutos em relação ao controle. Dentre os demais tratamentos, o bioestimulante I apresentou menor índice iodo-amido (Tabela 14). Os teores de SS e AT, a relação SS/AT e a força para penetração da polpa não apresentaram diferença entre tratamentos (dados não apresentados). A textura em termos de força para ruptura da casca foi maior nos tratamentos de KCl e controle. Já a FP foi reduzida nos frutos tratados com bioestimulante I, em relação aos demais tratamentos (Tabela 14). Outros autores já relataram o efeito do K sobre a redução da firmeza de polpa dos frutos na colheita (LYSIAK; PACHOLAK, 1999; HUNSCHE; BRACKMANN; ERNANI, 2003).

A cultivar Elenise parece apresentar grande capacidade de conservação de seus frutos, no entanto, é notória sua sensibilidade aos tratamentos por conta da maior degradação do amido, o qual sugere que sua maturação foi antecipada, principalmente com o tratamento de etefon, que também aumentou a produção de etileno e o amarelecimento da epiderme dos frutos (Figura 10 e Tabela 14). No entanto, a evidente maturação avançada não refletiu em maior acúmulo de antocianinas (Figura 11) e em aumento da coloração vermelha da epiderme das maçãs (Tabela 12). Tais divergências podem ser atribuídas à origem genética, ou seja, as características genéticas da cultivar ‘Elenise’, cujo fator é o mais importante para formação de cor vermelha em maçãs, que podem ser pouco afetadas pelo etileno ou pelo estádio de maturação (AWAD; DE JAGER, 2000; TSAO et al., 2003; KEVERS et al., 2011).

Os CFT e ANT não apresentaram diferenças entre os tratamentos, bem como a AAT avaliada pelo método ABTS. A ATT pelo método DPPH apresentou maiores valores em frutos do tratamento bioestimulante I (Figura 11).

Figura 11 – Teores de compostos fenólicos totais (A), antocianinas totais (B) e atividade antioxidante total determinada pelos métodos DPPH (C) e ABTS (D), na casca de maçãs ‘Elenise’ na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Nota: 1=Controle; 2=Bioestimulante I; 3=Fertilizante foliar I + Fertilizante foliar II; 4=Bioestimulante II; 5=KCl; 6=Etefon. Médias de mesma letra nas barras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns = não significativo ( $p>0,05$ ).

A massa média (Tabela 13) e o retorno de floração e a frutificação efetiva na safra subsequente não apresentaram diferença entre os tratamentos (dados não apresentados).

#### 4.2.3 Epagri 406-Baronesa

As maçãs 'Baronesa' também apresentaram um bom percentual de coloração vermelha, no entanto, nenhuma resposta positiva no incremento de cor com os tratamentos, nem mesmo o tratamento etefon foi capaz de aumentar os percentuais de cor (Tabela 15). Por ser uma cultivar de maturação tardia, descendente da 'Fuji', a 'Baronesa' pode possuir algumas peculiaridades em comum com a 'Fuji', sendo pouco influenciada pelo etileno, principalmente exógeno. Nas duas categorias de cobertura de cor vermelha ( $>50\%$  e  $>80\%$ ), os tratamentos de bioestimulante I e KCl reduziram a porcentagem de frutos em relação aos demais tratamentos, os quais não diferiram entre si. Esses dois tratamentos também reduziram a intensidade da tonalidade vermelha da epiderme dos frutos (menor  $C^*$  e maior  $h^\circ$ ), em relação aos demais tratamentos. Os tratamentos bioestimulante II e etefon reduziram a luminosidade do vermelho nas maçãs 'Baronesa', proporcionando frutos com coloração vermelha mais escura em comparação aos demais.

Tabela 15 – Porcentagem de maçãs 'Baronesa' com percentual de recobrimento do fruto com coloração vermelha da epiderme acima de 50% e 80% e atributos de cor na região mais vermelha na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.

Tratamento	Coloração vermelha na epiderme dos frutos				
	>50%	>80%	(L*)	(C*)	(h°)
	(%)				
1. Controle	69,4 a	20,1 a	45,8 a	35,6 a	34,3 b
2. Bioestimulante I (4 L ha <sup>-1</sup> )*	54,7 b	13,3 b	45,5 a	34,4 b	37,8 a
3. Fertilizante foliar I (3 L ha <sup>-1</sup> )* + Fertilizante foliar II (2 L ha <sup>-1</sup> )*	63,8 a	24,9 a	46,2 a	36,2 a	34,3 b
4. Bioestimulante II (4 L ha <sup>-1</sup> )*	70,0 a	30,5 a	44,2 b	36,1 a	32,2 b
5. KCl (20 kg ha <sup>-1</sup> )*	52,8 b	7,8 b	46,6 a	33,7 b	39,3 a
6. Etefon (480 g ha <sup>-1</sup> )	67,5 a	25,7 a	43,9 b	35,9 a	33,4 b
CV (%)	11,5	17,5	2,8	3,2	8,9

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Nota: Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. \*Doses aplicadas quatro vezes. >50% = Categoria de frutos com mais de 50% de cor vermelha; >80% = Categoria de frutos com mais de 80% de cor vermelha. L\* = Luminosidade; C\* = Saturação; h° = Tonalidade.

Semelhante ao que aconteceu com as maçãs ‘Elenise’, a redução da cor vermelha dos frutos tratados com bioestimulante I e KCl pode estar relacionada com a carga de frutos nas plantas, onde a produção por planta (kg e n° de frutos) foi maior nestes tratamentos (Tabela 16).

A frutificação efetiva não apresentou diferença entre os tratamentos na safra seguinte, mas o retorno de floração foi menor nas plantas tratadas com bioestimulante I, KCl e etefon (Tabela 16). A redução do retorno de floração nestes tratamentos também pode ser explicada pela maior produção de suas plantas na safra anterior, onde o excesso de frutificação tem um efeito inibitório na indução de flores no mesmo ano (WÜNSCHE; FERGUSON, 2005). Este processo pode ocorrer devido à grande produção de giberelinas e auxinas nas sementes dos frutos, uma vez que estes hormônios podem influenciar, tanto isoladamente como combinados, na inibição floral (BANGERTH, 2006). O tratamento com etefon também apresentou numericamente uma alta produção em suas plantas, e, apesar de estatisticamente inferior aos tratamentos de bioestimulante I e KCl, obteve frutos com maior massa média, que pode ter reduzido seu retorno de floração na safra posterior.

Tabela 16 – Produção por planta, massa média de maçãs e retorno de floração de plantas de ‘Baronesa’, em função da aplicação de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.

Tratamento	Produção por planta		Massa média dos frutos (g)	Retorno de floração (%)
	Massa (kg)	Número de frutos		
1. Controle	15,5 b	150,8 b	103,3 b	82,7 a
2. Bioestimulante I (4 L ha <sup>-1</sup> )*	32,7 a	283,8 a	114,5 b	65,0 b
3. Fertilizante foliar I (3 L ha <sup>-1</sup> )* + Fertilizante foliar II (2 L ha <sup>-1</sup> )*	7,4 b	68,5 c	108,0 b	92,0 a
4. Bioestimulante II (4 L ha <sup>-1</sup> )*	13,2 b	120,3 b	111,6 b	77,5 a
5. KCl (20 kg ha <sup>-1</sup> )*	22,7 a	198,8 a	117,1 b	59,0 b
6. Etefon (480 g ha <sup>-1</sup> )	18,7 b	147,3 b	128,2 a	65,3 b
CV (%)	45,5	21,5	9,3	22,5

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Nota: Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. \*Doses aplicadas quatro vezes.

Os frutos dos tratamentos bioestimulante I, KCl e etefon reduziram a FP, a força para ruptura da casca e penetração da polpa e o teor de SS, em relação aos

demais tratamentos (Tabela 17). Já o teor de SS dos frutos do tratamento fertilizante foliar I + fertilizante foliar II foi superior a todos os demais tratamentos.

Stopar et al. (2002) verificaram que baixas cargas de maçãs nas plantas aumentam a firmeza de polpa nos frutos, enquanto altas cargas realizam o oposto, além do que, o excesso de K nos frutos também pode ser prejudicial para a firmeza de polpa (HUNSCHE; BRACKMANN; ERNANI, 2003). Novamente a carga de frutos pode ter interferido nestes atributos de qualidade dos tratamentos bioestimulante I, fertilizante foliar I + fertilizante foliar II e KCl, uma vez que a carga da planta afeta diversos processos fisiológicos da macieira, alterando a qualidade das maçãs (WIBBE; BLANKE, 1995). Em diversas espécies frutíferas foi demonstrada uma relação inversa entre a carga de frutos nas plantas e o teor de SS (WELLS; BUKOVAC, 1978; STOPAR et al., 2002; WHITING; LANG, 2004). Os tratamentos bioestimulante I e KCl, com maiores cargas de frutos, apresentaram menores valores de SS, o tratamento com fertilizante foliar I + fertilizante foliar II, cujo número médio de frutos por planta foi o menor, apresentou o maior teor de SS (Tabelas 16 e 17).

Tabela 17 – Atributos de cor na epiderme da região menos vermelha, firmeza de polpa (FP), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT), de maçãs ‘Baronesa’ na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.

Tratamento	Cor de fundo		FP (N)	SS (°Brix)	AT (%)	SS/AT
	(C*)	(h°)				
1. Controle	39,3 b	107,8 b	91,1 a	12,8 b	0,26 a	51,5 b
2. Bioestimulante I (4 L ha <sup>-1</sup> )*	40,6 a	107,9 b	82,6 b	12,1 c	0,26 a	46,8 b
3. Fertilizante foliar I (3 L ha <sup>-1</sup> )* + Fertilizante foliar II (2 L ha <sup>-1</sup> )*	39,4 b	106,9 b	96,5 a	13,8 a	0,22 a	66,0 a
4. Bioestimulante II (4 L ha <sup>-1</sup> )*	39,5 b	107,7 b	93,0 a	12,7 b	0,17 b	80,8 a
5. KCl (20 kg ha <sup>-1</sup> )*	41,3 a	110,0 a	81,6 b	11,7 c	0,28 a	41,8 b
6. Etefon (480 g ha <sup>-1</sup> )	39,1 b	107,5 b	84,3 b	12,2 c	0,17 b	78,3 a
CV (%)	3,3	1,5	5,5	4,0	23,1	26,9

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Nota: Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. \*Doses aplicadas quatro vezes. C\*=Saturação; h°=Tonalidade.

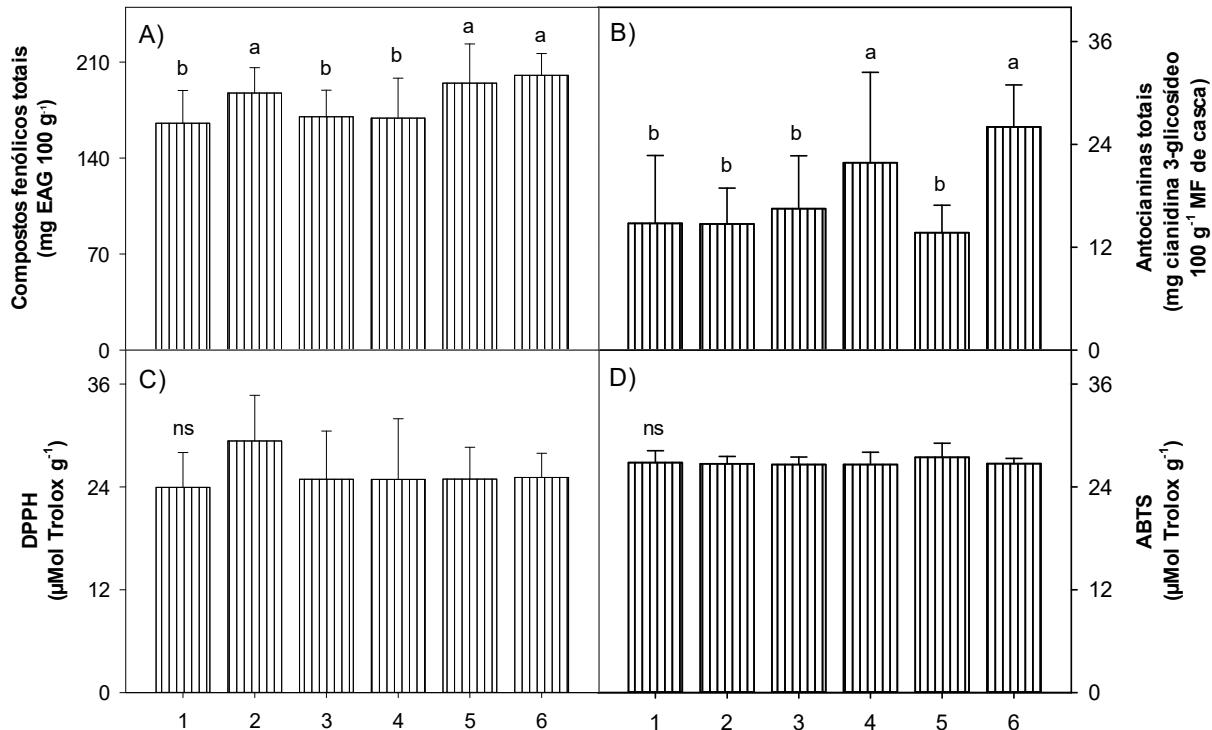
Quanto à AT, os tratamentos bioestimulante II e etefon apresentaram menores valores em relação aos demais, com isso, a relação SS/AT apresentou valores superiores nas maçãs destes dois tratamentos, bem como no tratamento fertilizante foliar I + fertilizante foliar II (Tabela 17). O índice de iodo-amido não apresentou diferença entre os tratamentos avaliados.

Os monossacarídeos presentes no bioestimulante II podem favorecer o aumento do metabolismo primário, o qual, por sua vez, pode levar a um aumento da capacidade do fruto em acumular açúcares e ácidos orgânicos que, durante a maturação, podem resultar numa melhoria das qualidades nutricionais, uma vez que os produtos finais do metabolismo primário (aminoácidos, açúcares, ácidos orgânicos) são substratos para síntese de metabolitos secundários, como flavonoides e vitaminas (ROITSCH, 1999; ROITSCH; GONZÁLEZ, 2004).

Em relação à cor de fundo dos frutos, o tratamento com KCl reduziu o amarelecimento, e junto com o tratamento de bioestimulante I, aumentou a saturação na cor de fundo da epiderme das maçãs, apresentando uma tonalidade mais verde e opaca (Tabela 17). Segundo Ubi (2004), a sobrecarga de maçãs na planta pode atrasar a maturação dos frutos, deixando a cor de fundo com uma tonalidade mais esverdeada, da mesma maneira, a porcentagem de frutos com a cor de fundo amarela é aumentada quando se diminui a carga de maçãs na planta.

Apesar de não terem aumentado a porcentagem de frutos mais vermelhos, os tratamentos bioestimulante II e etefon aumentaram a síntese de ANT, não diferindo entre si (Tabela 15 e Figura 12). O bioestimulante II contém em sua composição alguns aminoácidos e monossacarídeos que são considerados substratos essenciais para enzimas que catalisam a biossíntese das antocianinas (SAKUTA et al., 1994; LO BIANCO; MASSENTI; FARINA, 2015).

Figura 12 – Teores de compostos fenólicos totais (A), antocianinas totais (B) e atividade antioxidante total determinada pelos métodos DPPH (C) e ABTS (D), na casca de maçãs ‘Baronesa’ na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

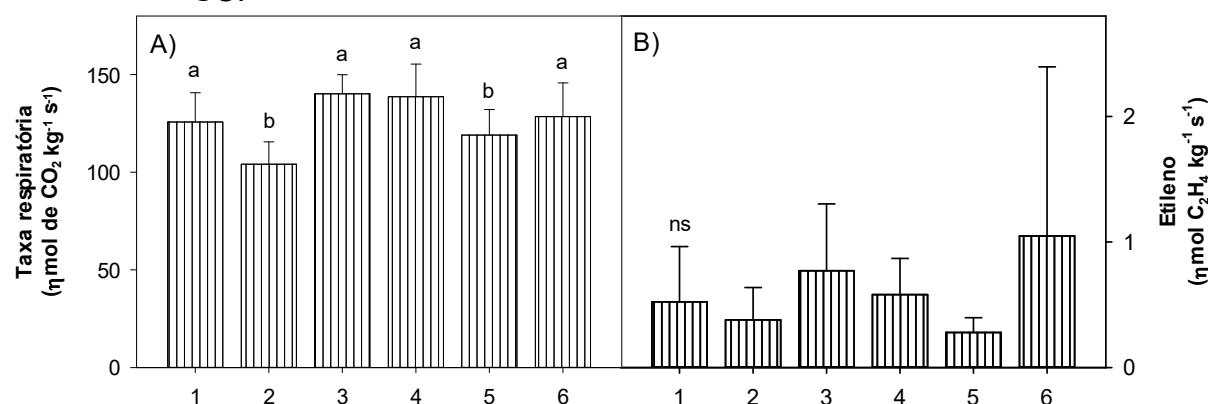
Nota: 1=Controle; 2=Bioestimulante I; 3=Fertilizante foliar I + Fertilizante foliar II; 4=Bioestimulante II; 5=KCl; 6=Etefon. Médias de mesma letra nas barras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns = não significativo ( $p>0,05$ ).

O etefon aumentou o teor de CFT, não diferindo dos tratamentos bioestimulante I e KCl, que apesar da redução na coloração vermelha da epiderme das maçãs, apresentaram teores de CFT superiores em relação ao tratamento controle (Figura 12). Os resultados de CFT obtidos são contrários aos encontrados por Stopar et al. (2002), os quais observaram que a medida em que a carga de maçãs diminuiu na planta, a concentração de todos os compostos fenólicos na casca e na polpa dos frutos aumentaram. Porém, este aumento nos CFT dos frutos nos tratamentos de bioestimulante I e KCl pode ter uma relação com o seu estádio de maturação menos avançado. Existe uma diversidade muito grande de compostos fenólicos, o teor e a amplitude destes compostos podem reduzir com o avanço do crescimento e da maturação, sendo que, o estádio de maturação do fruto na colheita é o importante, e não a data da colheita (JIANG et al., 2006; WOJDYŁO;

OSZMIAŃSKI; LASKOWSKI, 2008; KEVERS et al., 2011; STANGER et al., 2017). A AAT não apresentou diferença entre os tratamentos, nos dois métodos avaliados.

A taxa de produção de etileno não diferiu entre os tratamentos, já a taxa respiratória foi menor nos tratamentos de bioestimulante I e KCl (Figura 13). As baixas taxas respiratórias dos frutos destes tratamentos podem ter relação com a firmeza de polpa e SS baixos (Tabela 17) (HUNSCHE; BRACKMANN; ERNANI, 2003).

Figura 13 – Taxas respiratória (A) e de produção de etileno (B) de maçãs ‘Baronesa’ na colheita, em função de aplicações de bioestimulantes, fertilizantes foliares e etefon durante a maturação, na safra 2016/2017. Caçador, SC.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Nota: 1=Controle; 2=Bioestimulante I; 3=Fertilizante foliar I + Fertilizante foliar II; 4=Bioestimulante II; 5=KCl; 6=Etefon. Médias de mesma letra nas barras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns = não significativo ( $p>0,05$ ).

Nas cultivares de maturação tardia, nenhum tratamento melhorou a qualidade visual das maçãs. O tratamento de bioestimulante I, reduziu a superfície de recobrimento dos frutos com cor vermelha na epiderme das maçãs ‘Fuji’, nas duas safras avaliados, e nas maçãs ‘Baronesa’ reduziu também a intensidade da tonalidade vermelha, além de reduzir os SS e a FP desta cultivar. Na cultivar Elenise, o bioestimulante I acelerou a maturação, aumentando a respiração dos frutos que, em consequência, reduziu a firmeza de polpa e aumentou a degradação de amido dos frutos.

O tratamento fertilizante foliar I + fertilizante foliar II reduziu a superfície de cor vermelha da epiderme de maçãs ‘Fuji’, nas duas safras avaliadas, e de maçãs ‘Elenise’ em 2016/2017. Também causou redução da intensidade da tonalidade

vermelha das maçãs destas duas cultivares. No entanto, não comprometeu a qualidade dos frutos, nem mesmo interferiu na maturação das maçãs.

O bioestimulante II reduziu a porcentagem de cor vermelha na epiderme de maçãs ‘Fuji’ e ‘Elenise’, além da intensidade da tonalidade vermelha das maçãs ‘Elenise’, no entanto, não interferiu na maturação.

O KCl reduziu a porcentagem e a intensidade da tonalidade vermelha na epiderme de maçãs ‘Elenise’ e ‘Baronesa’, além de aumentar a respiração e a hidrólise de amido de maçãs ‘Elenise’, e reduzir a FP da cultivar Baronesa.

O etefon não reduziu a coloração vermelha da epiderme das maçãs de nenhuma cultivar, no entanto, também não melhorou a qualidade visual. Na cultivar Baronesa o etefon melhorou alguns atributos de qualidade (CFT, ANT e SS/AT), porém, prejudicou outros (AT e SS), além de reduzir a FP dos frutos.

Na cultivar Fuji, a qualidade pós-colheita das maçãs não foi comprometida após 150 dias de armazenamento refrigerado, e ainda, os tratamentos de bioestimulante I, fertilizante foliar I + fertilizante foliar II e KCl degradaram menos ácidos dos frutos, porém, bioestimulante I e fertilizante foliar I + fertilizante foliar II aumentaram a incidência de frutos com escaldadura superficial no momento da remoção do armazenamento refrigerado. Já nas maçãs dos tratamentos bioestimulante II, KCl e etefon, a incidência de podridões foi menor após o período de armazenamento.



## 5 CONCLUSÕES

Em maçãs de maturação precoce e meia estação (Monalisa, Daiane e Venice), o etefon aumenta a superfície do fruto com cor vermelha da epiderme, aumenta as propriedades funcionais da casca (teores de antocianinas totais, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante total), melhora atributos físico-químicos dos frutos (sólidos solúveis, acidez titulável e relação sólidos solúveis/acidez titulável) e acelera a maturação (aumenta o índice iodo-amido e o amarelecimento da cor de fundo dos frutos).

O bioestimulante I aumenta a superfície do fruto com cor vermelha da epiderme em maçãs ‘Daiane’ e ‘Venice’, aumenta as propriedades funcionais da casca (teores de antocianinas totais e atividade antioxidante total) de maçãs ‘Daiane’, mas não afeta a qualidade e a maturação (sólidos solúveis, acidez titulável, relação sólidos solúveis/acidez titulável, índice iodo-amido e firmeza de polpa) das cultivares avaliadas.

Fertilizante foliar I + fertilizante foliar II aumenta a superfície do fruto com cor vermelha da epiderme em maçãs ‘Daiane’ e ‘Venice’, aumenta as propriedades funcionais da casca (teores de antocianinas totais e atividade antioxidante total) de maçãs ‘Daiane’, mas não afeta a qualidade e nem a maturação (sólidos solúveis, acidez titulável, relação sólidos solúveis/acidez titulável, índice iodo-amido e firmeza de polpa) das cultivares avaliadas.

O bioestimulante II aumenta a superfície do fruto com cor vermelha da epiderme e o teor de antocianinas totais em maçãs ‘Daiane’, mas não afeta a qualidade e nem a maturação (sólidos solúveis, acidez titulável, relação sólidos solúveis/acidez titulável, índice iodo-amido e firmeza de polpa) dos frutos das demais cultivares.

O KCl não aumenta a coloração vermelha em nenhuma cultivar precoce e de meia estação (Monalisa, Daiane e Venice) e não afeta a qualidade e nem a maturação (sólidos solúveis, acidez titulável, relação sólidos solúveis/acidez titulável, índice iodo-amido e firmeza de polpa) das maçãs destas cultivares.

Em cultivares de maturação tardia (Fuji, Baronesa e Elenise), nenhum tratamento melhora a coloração vermelha na epiderme das maçãs, nem a qualidade dos frutos (sólidos solúveis, acidez titulável, relação sólidos solúveis/acidez titulável, índice iodo-amido e firmeza de polpa), enquanto a firmeza de polpa é reduzida com

bioestimulante I, KCl e etefon em maçãs ‘Baronesa’, e com bioestimulante I em maçãs ‘Elenise’.

O potencial de armazenamento de maçãs ‘Fuji’ não é comprometido pelos tratamentos, após 150 dias de armazenamento refrigerado, seguido por mais sete dias em condições ambiente.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, o gargalo da cadeia produtiva da maçã no Brasil é a qualidade de frutos. Para o produtor é mais lucrativo colher alto percentual de maçãs de categoria superior, ao invés de grandes produtividades com alto percentual de categoria inferior. Neste sentido, a tendência é explorar cada vez mais cultivares mais vermelhas. Desta maneira, cultivares bicolores, novas e antigas, necessitarão do uso de tecnologias para permitir o máximo potencial de cor vermelha dos frutos, para que não apresentem restrições de comercialização.

No entanto, encontrar alternativas simples e eficazes para aumentar a qualidade dos frutos através da coloração vermelha, sem grandes investimentos e de fácil logística, é complexo. A utilização de produtos químicos, como bioestimulantes e fertilizantes foliares, apresenta potencial, como visto no presente trabalho. Contudo, antes de aplicar estas tecnologias, é necessária uma análise de custo-benefício, pois é necessário que o aumento na qualidade dos frutos represente um maior retorno financeiro, acima do investimento realizado.

Além disso, os resultados são preliminares. A elevada variação dos fatores ambientais de ano para ano, as diferentes cultivares e a relação com outros manejos no pomar, alteram a resposta à ação destes produtos. Alguns tratamentos melhoraram a cor em algumas circunstâncias e não em outras. Neste sentido, são necessários mais estudos para encontrar qual o modo de ação específico destes compostos na via de biossíntese das antocianinas, bem como a melhor dosagem e o momento preciso em aplicá-los, onde as condições ambientais se sincronizem com as condições fisiológicas propícias da planta. A ausência de efeitos em cultivares tardias pode ter como hipótese as temperaturas mais baixas e a maior amplitude térmica durante a maturação das maçãs, o que favorece o desenvolvimento da coloração vermelha na epiderme dos frutos. Outra hipótese é a baixa sensibilidade destas cultivares ao efeito dos produtos em relação à maturação dos frutos.

O efeito destes produtos sobre o potencial de armazenamento dos frutos é de grande importância. Neste trabalho, à exceção do etefon, o potencial de armazenamento parece não ser comprometido com os tratamentos. No entanto, um estudo mais aprofundado na qualidade pós-colheita é necessário para que estes produtos possam se confirmar como alternativas no incremento de cor vermelha em maçãs.



## REFERÊNCIAS

ACKERMANN, J.; FISCHER, M.; AMADO, R. Changes in sugars, acids, and amino acids during ripening and storage of apples (cv. Glockenapfel). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 40, n. 7, p. 1131-1134, 1992.

ALBA, R.; PAYTON, P.; FEI, Z.; MCQUINN, R.; DEBBIE, P.; MARTIN, G.B.; TANKSLEY, S.D.; GIOVANNONI, J.J. Transcriptome and selected metabolite analyses reveal multiple points of ethylene control during tomato fruit development. **The Plant Cell**, v. 17, n. 11, p. 2954-2965, 2005.

AMARANTE, C.; BANKS, N.H.; MAX, S. Effect of preharvest bagging on fruit quality and postharvest physiology of pears (*Pyrus communis*). **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v. 30, n. 2, p. 99-107, 2002.

AMARANTE, C.V.T.; STEFFENS, C.A.; BLUM, L.E.B. Coloração do fruto, distúrbios fisiológicos e doenças em maçãs 'Gala' e 'Fuji' pulverizadas com aminoetoxivinilglicina. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 1, p. 9-18, 2010.

AN, J.-P.; QU, F.-J.; YAO, J.-F.; WANG, X.-N.; YOU, C.-X.; WANG, X.-F.; HAO, Y.-J. The bZIP transcription factor MdHY5 regulates anthocyanin accumulation and nitrate assimilation in apple. **Horticulture research**, v. 4, e-17023, 2017.

ANUÁRIO brasileiro da maçã 2017. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2017. 56 p. ISSN: 2446-8657.

ARAKAWA, O. Characteristics of color development in some apple cultivars: changes in anthocyanin synthesis during maturation as affected by bagging and light quality. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, v. 57, n. 3, p. 373-380, 1988.

ARAKAWA, O. Effect of temperature on anthocyanin accumulation in apple fruit as affected by cultivar, stage of fruit ripening and bagging. **Journal of Horticultural Science**, v. 66, n. 6, p. 763-768, 1991.

ARAKAWA, O.; HORI, Y.; OGATA, R. Relative effectiveness and interaction of ultraviolet-B, red and blue light in anthocyanin synthesis of apple fruit. **Physiologia Plantarum**, v. 64, n. 3, p. 323-327, 1985.

ARAKAWA, O.; HORI, Y.; OGATA, R. Characteristics of color development and relationship between anthocyanin synthesis and phenylalanine ammonia-lyase activity in 'Starking Delicious', 'Fuji' and 'Mutsu' apple fruits. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, v. 54, n. 4, p. 424-430, 1986.

ARAKAWA, O.; KIKUYA, S.; PUNGPOMIN, P.; ZHANG, S.; TANAKA, N. Accumulation of anthocyanin in apples in response to blue light at 450 nm: recommendations for producing quality fruit color under global warming. **European Journal of Horticultural Science**, v. 81, n. 6, p. 297-302, 2016.

ARGENTA, L.C.; MATTHEIS, J.P.; FAN, X.; AMARANTE, C.V.T. Managing 'Bartlett' pear fruit ripening with 1-methylcyclopropene reapplication during cold storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 113, p. 125-130, 2016.

AWAD, M.A.; DE JAGER, A. Flavonoid and chlorogenic acid concentrations in skin of 'Jonagold' and 'Elstar' apples during and after regular and ultra low oxygen storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 20, n. 1, p. 15-24, 2000.

AWAD, M.A.; DE JAGER, A. Formation of flavonoids, especially anthocyanin and chlorogenic acid in 'Jonagold' apple skin: influences of growth regulators and fruit maturity. **Scientia Horticulturae**, v. 93, n. 3-4, p. 257-266, 2002a.

AWAD, M.A.; DE JAGER, A. Relationships between fruit nutrients and concentrations of flavonoids and chlorogenic acid in 'Elstar' apple skin. **Scientia Horticulturae**, v. 92, n. 3, p. 265-276, 2002b.

AWAD, M.A.; WAGENMAKERS, P.S.; DE JAGER, A. Effects of light on flavonoid and chlorogenic acid levels in the skin of 'Jonagold' apples. **Scientia Horticulturae**, v. 88, n. 4, p. 289-298, 2001.

BAI, S.; SAITO, T.; HONDA, C.; HATSUYAMA, Y.; ITO, A.; MORIGUCHI, T. An apple B-box protein, MdCOL11, is involved in UV-B-and temperature-induced anthocyanin biosynthesis. **Planta**, v. 240, n. 5, p. 1051-1062, 2014.

BAN, Y.; KONDO, S.; UBI, B.E.; HONDA, C.; BESSHIO, H.; MORIGUCHI, T. UDP-sugar biosynthetic pathway: contribution to cyanidin 3-galactoside biosynthesis in apple skin. **Planta**, v. 230, n. 5, p. 871-881, 2009.

BANGERTH, F. Flower induction in perennial fruit trees: still na enigma? **Acta Horticulturae**, n. 727, p. 177-196, 2006.

BASSO, C. Distúrbios Fisiológicos. In: Epagri. **A cultura da macieira**. GMC/Epagri: Florianópolis, 2006. p. 609-636.

BAUDRY, A.; HEIM, M.A.; DUBREUCQ, B.; CABOCHE, M.; WEISSHAAR, B.; LEPINIEC, L. TT2, TT8, and TTG1 synergistically specify the expression of BANYULS and proanthocyanidin biosynthesis in *Arabidopsis thaliana*. **The Plant Journal**, v. 39, n. 3, p. 366-380, 2004.

BEN-ARIE, R.; GA'ASH, S.; GUELFAT-REICH, D.; LAVEE, S. The effects of growth regulators for the prevention of preharvest drop on the keeping quality of stored apples in the subtropical zone. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 46, p. 131-145, 1971.

BEN-YEHUDE, G.; KORCHINSKY, R.; REDEL, G.; OVADYA, R.; OREN-SHAMIR, M.; COHEN, Y. Colour accumulation patterns and the anthocyanin biosynthetic pathway in 'Red Delicious' apple variants. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 80, n. 2, p. 187-192, 2005.

BETINELLI, K.S.; MARTIN, M.S. De; ARGENTA, L.C.; AMARANTE, C.V.T.; DENARDI, F. Estádio de maturação para colheita de maçãs 'SCS426 Venice'. **Agropecuária Catarinense**, v.30, n.2, p.57-62, 2017.

BIZJAK, J.; WEBER, N.; MIKULIC-PETKOVSEK, M.; SLATNAR, A.; STAMPAR, F.; ALAM, Z.; STICH, K.; HALBWIRTH, H.; VEBERIC, R. Influence of Phostrade Ca on color development and anthocyanin content of 'Braeburn'apple (*Malus domestica* Borkh.). **HortScience**, v. 48, n. 2, p. 193-199, 2013.

BLANKE, M. Möglichkeiten zur Verbesserung der Rotfärbung bei Äpfeln. **Erwerbs-Obstbau**, v. 57, n. 2, p. 47-62, 2015.

BLANKE, M. Biostimulantien–von Algenextrakten bis Shrimpsschalen–eine Branche (er-) findet sich Biostimulants–a wide range from algae extracts to shrimp shells. **Erwerbs-Obstbau**, v. 58, n. 2, p. 81-87, 2016.

BLANKE, M.M.; KUNZ, A. Alternatives to phosphonates for fruit colouration. **Scientia Horticulturae**, v. 198, p. 434-437, 2016.

BLANPIED, G.; FORSHEY, C.; STYLES, W.; GREEN, D.; LORD, W.; BRAMLAGE, W. Use of ethephon to stimulate red color without hastening ripening of McIntosh apples. **Journal-American Society for Horticultural Science**, v. 100, p. 379-381, 1975.

BOLLING, B.W.; CHEN, Y.Y.; CHEN, C.Y.O. Contributions of phenolics and added vitamin C to the antioxidant capacity of pomegranate and grape juices: synergism and antagonism among constituents. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 48, p. 2650–2658, 2013.

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

BRACKMANN, A.; STEFFENS, C.A.; GIEHL, R.F.H. Maturação da maçã Fuji em função do atraso na colheita e da aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina. **Ciência Rural**, v. 34, n. 3, p. 737-742, 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento técnico de identidade e qualidade da maçã. **Instrução Normativa 5**. Brasília, 2006. 9p.

BRIDLE, P.; TIMBERLAKE, C. Anthocyanins as natural food colours—selected aspects. **Food Chemistry**, v. 58, n. 1-2, p. 103-109, 1997.

BYERS, R. E.; YODER, K. S. Prohexadione-calcium inhibits apple, but not peach, tree growth, but has little influence on apple fruit thinning or quality. **Hortscience**, v. 34, n. 7, p. 1205-1209, 1999.

CALVO, P.; NELSON, L.; KLOEPFER, J.W. Agricultural uses of plant biostimulants. **Plant and Soil**, v. 383, n. 1-2, p. 3-41, 2014.

CAROLUS, R. Evaporative cooling techniques for regulating plant water stress. **HortScience**, v. 6, p. 23-25, 1971.

CHAGNÉ, D.; CARLISLE, C.M.; BLOND, C.; VOLZ, R.K.; WHITWORTH, C.J.; ORAGUZIE, N.C.; CROWHURST, R.N.; ALLAN, A.C.; ESPLEY, R.V.; HELLENS, R.P. Mapping a candidate gene (*MdMYB10*) for red flesh and foliage colour in apple. **BMC genomics**, v. 8, n. 1, p. 212, 2007.

CHALMERS, D.; FARAGHER, J.; RAFF, J. Changes in anthocyanin synthesis as an index of maturity in red apple varieties. **Journal of Horticultural Science**, v. 48, n. 4, p. 387-392, 1973.

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, n. 1, p. 36-46, 2017.

CHEN, C.-S.; ZHANG, D.; WANG, Y.-Q.; LI, P.-M.; MA, F.-W. Effects of fruit bagging on the contents of phenolic compounds in the peel and flesh of 'Golden Delicious', 'Red Delicious', and 'Royal Gala' apples. **Scientia Horticulturae**, v. 142, p. 68-73, 2012.

CHONHENCHOB, V.; KAMHANGWONG, D.; KRUENATE, J.; KHONGRAT, K.; TANGCHANTRA, N.; WICHLAI, U.; SINGH, S.P. Preharvest bagging with wavelength-selective materials enhances development and quality of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Nam Dok Mai# 4. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 91, n. 4, p. 664-671, 2011.

CRASSWELLER, R.; HOLLENDER, R. Consumer evaluations of 'Delicious' apple strains. **Fruit Varieties Journal**, v. 43, p. 139-142, 1989.

CURRY, E.A. Temperatures for optimum anthocyanin accumulation in apple tissue. **Journal of Horticultural Science**, v. 72, n. 5, p. 723-729, 1997.

DAUGAARD, H.; GRAUSLUND, J. Fruit colour and correlations with orchard factors and post-harvest characteristics in apple cv. Mutsu. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 74, n. 3, p. 283-287, 1999.

DE JAGER, A.; DE PUTTER, H. Preharvest factors and postharvest quality decline of apples. **Acta Horticulturae**, n. 485, p. 103-110, 1999.

DE MARTIN, M.S.; BETINELLI, K.S.; ARGENTA, L.C.; STEFFENS, C.A.; AMARANTE, C.V.T.; KVITSCHAL, M.V. Storage potential of 'SCS426 Venice' apples under different storage technologies. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 2, p. 1-10, 2018.

DE SOUZA, F.; ARGENTA, L.C.; NAVA, G.; ERNANI, P.R.; DO AMARANTE, C.V.T. Qualidade de maçãs 'fuji'influenciada pela adubação nitrogenada e potássica em dois tipos de solo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 1, p. 305-315, 2013.

DELONG, M.J.; PRANGE, K.R.; HARRISON, A.P.; EMBREE, G.C.; NICHOLS, S.D.; HARRISON WRIGHT, A. The influence of crop-load, delayed cooling and storage atmosphere on post-storage quality of 'Honeycrisp'™ apples. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 81, n. 3, p. 391-396, 2015.

DENARDI, F.; BERTON, O.; SPENGLER, M.M. Resistência genética à podridão amarga em maçãs determinada pela taxa de desenvolvimento da doença em frutos com e sem ferimentos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25, n.3, p.494-497, 2003.

DENARDI, F.; CAMILO, A.P. Epagri 406-Baronesa: Nova cultivar de macieira de maturação tardia para o Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.19, n.2, p.185-189, 1997.

DENARDI, F.; CAMILO, A.P. Daiane: Nova cultivar de macieira para colheita em março. **Revista Agropecuária Catarinense**, v.11, n.3, p.6-8, 1998.

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, n.1, p.56-62, 2013.

DENARDI, F.; KVITSCHAL, M.V.; HAWERROTH, M.C. SCS425 Luiza, SCS426 Venice e SCS427 Elenise: Novas cultivares de macieira da Epagri para o Sul do Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 14, 2015, Fraiburgo, SC. **Anais...** Caçador, SC: Marcelo Couto, 2015a, v. 1, Palestras, p.96-101, ISSN 2175-1889.

DICKINSON, J.P.; WHITE, A.G. Red colour distribution in the skin of Gala apple and some of its sports. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 29, n. 4, p. 695-698, 1986.

DONG, H.Y.; MITRA, D.; KOOTSTRA, A.; LISTER, C.; LANCASTER, J. Postharvest stimulation of skin color in Royal Gala apple. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 120, n. 1, p. 95-100, 1995.

DONG, X.; RAO, J.; ZHU, S.; YANG, Q. Combination of modified atmosphere packaging and 1-methylcyclopropene treatment suppress decreasing of wax composition of apples during cold storage. **Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering**, v. 29, n. 16, p. 269-277, 2013.

DRIS, R.; NISKANEN, R.; FALLAHI, E. Relationships between leaf and fruit minerals and fruit quality attributes of apples grown under northern conditions. **Journal of Plant Nutrition**, v. 22, n. 12, p. 1839-1851, 1999.

DROGOUDI, P.D.; MICHAILIDIS, Z.; PANTELIDIS, G. Peel and flesh antioxidant content and harvest quality characteristics of seven apple cultivars. **Scientia Horticulturae**, v. 115, n. 2, p. 149-153, 2008.

DROGOUDI, P.D.; PANTELIDIS, G. Effects of position on canopy and harvest time on fruit physico-chemical and antioxidant properties in different apple cultivars. **Scientia Horticulturae**, v. 129, n. 4, p. 752-760, 2011.

DU JARDIN, P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 3-14, 2015.

ERNANI, P.R.; DIAS, J.; FLORE, J.A. Annual additions of potassium to the soil increased apple yield in Brazil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 33, n. 7-8, p. 1291-1304, 2002.

FALLAHI, E.; FALLAHI, B.; NEILSEN, G.H.; NEILSEN, D.; PERYEA, F.J. Effects of mineral nutrition on fruit quality and nutritional disorders in apples. **Acta Horticulturae**, n. 868, p. 49-60, 2010.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Apple**. 2018. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org>>. Acesso em: 15 jan. 2018.

FARAGHER, J.; BROHIER, R. Anthocyanin accumulation in apple skin during ripening: regulation by ethylene and phenylalanine ammonia-lyase. **Scientia Horticulturae**, v. 22, n. 1-2, p. 89-96, 1984.

FARAGHER, J.D. Temperature regulation of anthocyanin accumulation in apple skin. **Journal of Experimental Botany**, v. 34, n. 10, p. 1291-1298, 1983.

FELICETTI, D.A.; SCHRADER, L.E. Changes in pigment concentrations associated with the degree of sunburn browning of 'Fuji'apple. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 133, n. 1, p. 27-34, 2008.

FERREIRA, D. F. **Sisvar – programa estatístico**. Versão 5.6 (Build 86). Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2010.

FIORAVANÇO, J.C.; DENARDI, F.; CZERMAINSKI, A.B.C.; KVITSCHAL, M.V.; OLIVEIRA, P.R.D. Avaliação da Cultivar de Macieira Daiane em Vacaria, RS. **Comunicado Técnico**, 109. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2011. 8p.

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 of Food Composition and Analysis**, v. 24, n. 7, p. 1043-1048, 2011.

FLORES-CANTILLANO, F. GIRARDI, C. L. Distúrbios Fisiológico. In: GIRARDI, C. L. **Frutas do Brasil - Maçã pós-colheita**. Ed. 39. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 45-53.

FORTES, G.R. de L. Avaliação da coloração vermelha e antecipação da colheita dos frutos de macieira (*Malus domestica*, Bork.) cv. Fuji com o emprego de ethephon. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 7, Florianópolis, **Anais**..., Florianópolis:SBF/EMPASC, v.3, 1984. p.741-748.

FREITAS, S.T.; AMARANTE, C.V.T.; LABAVITCH, J.M.; MITCHAM, E.J. Cellular approach to understand bitter pit development in apple fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v.57, p.6-13, 2010.

FULEKI, T.; FRANCIS, F. Quantitative methods for anthocyanins. **Journal of Food Science**, v. 33, n. 3, p. 266-274, 1968.

FUNKE, K.; BLANKE, M. Mikroklima-, Farb-und Geschmacksverbesserung durch Licht reflektierende Folie zu verschiedenen Auslegeterminen bei 'Elstar'-und 'Jonagold'Äpfeln unter schwarzem und weißem Hagelnetz. **Erwerbs-Obstbau**, v. 53, n. 1, p. 1-10, 2011.

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, n.2, p. 507-514, 2010.

GAD, N.; MOHAMMED, A.M.; BEKBAYEVA, L.K. Role of Cobalt on Cowpea Growth and Yield under Different levels of Nitrogen. **World Applied Sciences Journal**, v. 22, n. 4, p. 470-478, 2013.

GÓMEZ-CORDOVÉS, C.; VARELA, F.; LARRIGAUDIERE, C.; VENDRELL, M. Effect of ethephon and seniphos treatments on the anthocyanin composition of starching apples. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 44, n. 11, p. 3449-3452, 1996.

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.

GONZALEZ, A.; ZHAO, M.; LEAVITT, J.M.; LLOYD, A.M. Regulation of the anthocyanin biosynthetic pathway by the TTG1/bHLH/Myb transcriptional complex in *Arabidopsis* seedlings. **The Plant Journal**, v. 53, n. 5, p. 814-827, 2008.

GÖRDES, D.; KOLUKISAOGLU, Ü.; THUROW, K. Uptake and conversion of D-amino acids in *Arabidopsis thaliana*. **Amino Acids**, v. 40, n. 2, p. 553-563, 2011.

GOUWS, A.; STEYN, W.J. The effect of temperature, region and season on red colour development in apple peel under constant irradiance. **Scientia Horticulturae**, v. 173, p. 79-85, 2014.

GREENE, D.W. A review of the use of benzyladenine (BA) as a chemical thinner for apples. **Acta Horticulturae**, n. 329, p. 231-236, 1993.

GREER, D.H. Non-destructive chlorophyll fluorescence and colour measurements of 'Braeburn' and 'Royal Gala' apple (*Malus domestica*) fruit development throughout the growing season. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v. 33, n. 4, p. 413-421, 2005.

HANSEN, P. The effect of cropping on the distribution of growth in apple tree. **Tidsskr Planteavl**, v. 95, p. 119-127, 1971.

HANSEN, P. Frugtkvalitet i Mutsu. **Frugt Og Bær**, v. 6, n. 25, p. 160-161, 1996.

HARBORNE, J.B., The flavonoids: recent advances, In: **Plant Pigments**, Academic Press, London, 1988, p.298–343.

HAWERROTH, J.F.; PETRI, J.L. Crescimento vegetativo de macieiras 'Fuji Suprema' sob influência da época de aplicação de prohexadione cálcio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.36, n.2, p.373-380, 2014.

HAWERROTH, F.J.; PETRI, J.L.; LEITE, G.B.; YOSHIKAWA, E.R. Épocas de aplicação de proexadione cálcio no controle do desenvolvimento vegetativo de macieiras 'imperial gala'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p. 957-963, 2012.

HOFMAN, P.J.; SMITH, L.G.; JOYCE, D.C.; JOHNSON, G.I.; MEIBURG, G.F. Bagging of mango (*Mangifera indica* cv.Keitt') fruit influences fruit quality and mineral composition. **Postharvest Biology and Technology**, v. 12, n. 1, p. 83-91, 1997.

HONDA, C.; BESSHO, H.; MURAI, M.; IWANAMI, H.; MORIYA, S.; ABE, K.; WADA, M.; MORIYA-TANAKA, Y.; HAYAMA, H.; TATSUKI, M. Effect of temperature on anthocyanin synthesis and ethylene production in the fruit of early-and medium-maturing apple cultivars during ripening stages. **HortScience**, v. 49, n. 12, p. 1510-1517, 2014.

HONDA, C.; IWANAMI, H.; NARAMOTO, K.; MAEJIMA, T.; KANAMARU, K.; MORIYA-TANAKA, Y.; HANADA, T.; WADA, M. Thinning and Bagging Treatments and the Growing Region Influence Anthocyanin Accumulation in Red-fleshed Apple Fruit. **The Horticulture Journal**, v. 86, n. 3, p. 291-299, 2017.

HONDA, C.; MORIYA, S. Anthocyanin Biosynthesis in Apple Fruit. **The Horticulture Journal**, e-OKD-R01, p. 1-10, 2018.

HULME, A.; JONES, J.; WOOLTORTON, L. The respiration climacteric in apple fruits. **Proceedings of the Royal Society of London Biological**, v. 158, n. 973, p. 514-535, 1963.

HUNSCHE, M.; BRACKMANN, A.; ERNANI, P.R. Efeito da adubação potássica na qualidade pós-colheita de maçãs' Fuji'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 4, p. 489-496, 2003.

IAMSUB, K.; SEKOZAWA, Y.; SUGAYA, S.; GEMMA, H.; KAMURO, Y. Alleviating sunburn injury in apple fruit using natural and fertilizer forms of S-abscisic acid and its underlying mechanism. **Journal of Food Agriculture and Environment**, v. 7, n. 2, p. 446-452, 2009.

IGLESIAS, I.; ALEGRE, S. The effects of reflective film on fruit color, quality, canopy light distribution, and profitability of 'Mondial Gala' apples. **HortTechnology**, v. 19, n. 3, p. 488-498, 2009.

IGLESIAS, I.; BONANY, J.; BATLLE, I.; CANTÍN, C.; TROGGIO, M.; ALLAN, A.; FRIEND, A.; ESPLEY, R.; LIN-WANG, K.; CHAGNÉ, D. The development of red-skinned apples adapted to the warm climates of South European countries. **Chronica Horticulturae**, v. 1, p. 9-14, 2016.

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.

IGLESIAS, I.; ECHEVERRÍA, G.; SORIA, Y. Differences in fruit colour development, anthocyanin content, fruit quality and consumer acceptability of eight 'Gala' apple strains. **Scientia Horticulturae**, v. 119, n. 1, p. 32-40, 2008.

IGLESIAS, I.; GRAELL, J.; FARO, D.; LARRIGAUDIERE, C.; RECASENS, I.; ECHEVERRÍA, G.; VENDRELL, M. Efecto del sistema de riego en la coloracion de los frutos, contenido de antocianos y actividad de la fenilalanina amonioliasa (PAL), en la variedad de manzana 'Starking Delicious'. **Investigacion Agraria Produccion y Proteccion Vegetal**, v. 14, p. 157-172, 1999.

IWANAMI, H. Breeding for fruit quality in apple. In: **Breeding for Fruit Quality**. John Wiley & Sons, Inc: Chichester, 2011. p. 173-200.

IWANAMI, H.; MORIYA-TANAKA, Y.; HANADA, T.; HONDA, C.; WADA, M. Labor-saving Production of Apple with Red Coloration and Marked Eating Quality by Effective Use of a Chemical defoliant. **Horticultural Research (Japan)**, v. 15, n. 1, p. 29-37, 2016.

JAKOBEK, L.; GARCÍA-VILLALBA, R.; TOMAS-BARBERA, N; FRANCISCO, A. Polyphenolic characterisation of old local apple varieties from southeastern European region. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 311, p. 199-211, 2013.

JAKOPIC, J.; VEBERIC, R.; STAMPAR, F. The effect of reflective foil and hail nets on the lighting, color and anthocyanins of 'Fuji'apple. **Scientia Horticulturae**, v. 115, n. 1, p. 40-46, 2007.

JIANG, H.; JI, B.; LIANG, J.; ZHOU, F.; YANG, Z.; ZHANG, G. Changes of contents and antioxidant activities of polyphenols during fruit development of four apple cultivars. **European Food Research and Technology**, v. 223, n. 6, p. 743, 2006.

JOHNSON, R. Manipulating vegetative and reproductive growth with water and nitrogen. In: MAIB, K. **Tree fruit physiology: growth & development**. Good Fruit Grower: Washington, 1996. p. 81-87.

JOHNSTON, J.W.; HEWETT, E.W.; HERTOG, M.L. Postharvest softening of apple (*Malus domestica*) fruit: a review. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v. 30, n. 3, p. 145-160, 2002.

JU, Z.; BRAMLAGE, W.J. Developmental changes of cuticular constituents and their association with ethylene during fruit ripening in 'Delicious' apples. **Postharvest Biology and Technology**, v. 21, n. 3, p. 257-263, 2001.

JU, Z.; DUAN, Y.; JU, Z. Effects of covering the orchard floor with reflecting films on pigment accumulation and fruit coloration in Fuji apples. **Scientia Horticulturae**, v. 82, n. 1-2, p. 47-56, 1999.

JU, Z.; LIU, C.; YUAN, Y.; WANG, Y.; LIU, G. Coloration potential, anthocyanin accumulation, and enzyme activity in fruit of commercial apple cultivars and their F1 progeny. **Scientia Horticulturae**, v. 79, n. 1-2, p. 39-50, 1999.

KAUFFMAN, G.L.; KNEIVEL, D.P.; WATSCHKE, T.L. Effects of a biostimulant on the heat tolerance associated with photosynthetic capacity, membrane thermostability, and polyphenol production of perennial ryegrass. **Crop Science**, v. 47, n. 1, p. 261-267, 2007.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2004. 452 p.

KEVANY, B.; VAN AGTMAEL, R.; DILLEY, D.; GOLDING, J. Postharvest temperature affects colour development in 'Rome' apples. **Acta Horticulturae**, n. 628, p. 623-625, 2003.

KEVERS, C.; PINCEMAIL, J.; TABART, J.; DEFRAIGNE, J.O.; DOMMES, J. Influence of cultivar, harvest time, storage conditions, and peeling on the antioxidant capacity and phenolic and ascorbic acid contents of apples and pears. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, n. 11, p. 6165-6171, 2011.

KHANIZADEH, S.; TSAO, R.; REKIKA, D.; YANG, R.; CHARLES, M.T.; RUPASINGHE, H.V. Polyphenol composition and total antioxidant capacity of selected apple genotypes for processing. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 21, n. 5, p. 396-401, 2008.

KHANIZADEH, S.; TSAO, R.; REKIKA, D.; YANG, R.; DEELL, J. Phenolic composition and antioxidant activity of selected apple genotypes. **Journal of Food Agriculture and Environment**, v. 5, n. 1, p. 61-65, 2007.

KHAYYAT, M.; TAFAZOLI, E.; ESHGHI, S.; RAJAEI, S. Effect of nitrogen, boron, potassium and zinc sprays on yield and fruit quality of date palm. **American-**

**Eurasian Journal Of Agricultural & Environmental Sciences**, v. 2, n. 3, p. 289-296, 2007.

KIM, S.-H.; LEE, J.-R.; HONG, S.-T.; YOO, Y.-K.; AN, G.; KIM, S.-R. Molecular cloning and analysis of anthocyanin biosynthesis genes preferentially expressed in apple skin. **Plant Science**, v. 165, n. 2, p. 403-413, 2003.

KIM, S.A.; AHN, S.Y.; HAN, H.H.; SON, I.C.; YUN, H.K. Expression of genes affecting skin coloration and sugar accumulation in apple fruits at ripening stages in high temperatures. **World Journal of Engineering and Technology**, v. 3, n. 3, p. 7-12, 2015.

KINGSTON, C. Maturity indices for apple and pear. In: **Horticultural Reviews**. John Wiley & Sons, Inc: v. 13, n. 10, 1992. p. 407-432.

KITTEMANN, D.; McCORMICK, R.; NEUWALD, D.A. Effect of high temperature and 1-MCP application or dynamic controlled atmosphere on energy savings during apple storage. **European journal of horticultural Science**, v.80, n.1, p.33-38, 2015.

KONDO, S.; HIRAKAWA, K.; KOBAYASHI, S.; HONDA, C.; TERAHARA, N. Changes in the expression of anthocyanin biosynthetic genes during apple development. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 127, n. 6, p. 971-976, 2002.

KUMAR, S.V.; WIGGE, P.A. H2A. Z-containing nucleosomes mediate the thermosensory response in *Arabidopsis*. **Cell**, v. 140, n. 1, p. 136-147, 2010.

KVITSCHAL, M.V.; DENARDI, F. Necessidade de diversificação de cultivares de macieira no Brasil. **Revista Agropecuária Catarinense**, v.25, n.2, p.78-84, 2010.

KVITSCHAL, M.V.; HAWERROTH, M.C.; BRIGHENTI, A.F. Novas variedades de maçã no Brasil: situação atual, tendências e perspectivas, 13, 2018, São Joaquim, SC. **Anais... Florianópolis, SC: DEMC, 2018, v. 1, Palestras, p.126-132, ISSN 0103-0779.**

LANCASTER, J.; DOUGALL, D.K. Regulation of skin color in apples. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 10, n. 6, p. 487-502, 1992.

LEA, U.S.; SLIMESTAD, R.; SMEDVIG, P.; LILLO, C. Nitrogen deficiency enhances expression of specific MYB and bHLH transcription factors and accumulation of end products in the flavonoid pathway. **Planta**, v. 225, n. 5, p. 1245-1253, 2007.

LEKKHAM, P.; SRILAONG, V.; PONGPRASERT, N.; KONDO, S. Anthocyanin concentration and antioxidant activity in light-emitting diode (LED)-treated apples in a greenhouse environmental control system. **Fruits**, v. 71, n. 5, p. 269-274, 2016.

LESER, C.; TREUTTER, D. Effects of nitrogen supply on growth, contents of phenolic compounds and pathogen (scab) resistance of apple trees. **Physiologia Plantarum**, v. 123, n. 1, p. 49-56, 2005.

LI, F.; MIN, D.; SONG, B.; SHAO, S.; ZHANG, X. Ethylene effects on apple fruit cuticular wax composition and content during cold storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 134, p. 98-105, 2017.

LI, X.J. Effect of spraying sugar solution on the coloration of apple fruits. **South China Fruits**, v. 16, n. 2, p. 41, 1997.

LI, Z.; GEMMA, H.; IWAHORI, S. Stimulation of 'Fuji'apple skin color by ethephon and phosphorus–calcium mixed compounds in relation to flavonoid synthesis. **Scientia Horticulturae**, v. 94, n. 1-2, p. 193-199, 2002.

LIN-WANG, K.; MICHELETTI, D.; PALMER, J.; VOLZ, R.; LOZANO, L.; ESPLEY, R.; HELLENS, R.P.; CHAGNE, D.; ROWAN, D.D.; TROGGIO, M.; IGLESIAS, I.; ALLAN, A.C. High temperature reduces apple fruit colour via modulation of the anthocyanin regulatory complex. **Plant Cell Environment**, v. 34, n. 7, p. 1176-1190, 2011.

LIU, J.; WEI, J.; LIU, M.; SONG, Y.; FENG, S.; WANG, C.; CHEN, X.-S. The relationships between the enzyme activity of anthocyanin biosynthesis, ethylene release and anthocyanin accumulation in fruits of precocious apple cultivars. **Acta Horticulturae Sinica**, v. 39, n. 7, p. 1235-1242, 2012.

LIU, Y.; CHE, F.; WANG, L.; MENG, R.; ZHANG, X.; ZHAO, Z. Fruit coloration and anthocyanin biosynthesis after bag removal in non-red and red apples (*Malus x domestica* Borkh.). **Molecules**, v. 18, n. 2, p. 1549-1563, 2013.

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, n. 2, p. 329-339, 2013.

LO BIANCO, R.; MASSENTI, R.; FARINA, V. Metabolic promoters affect yield and fruit quality of 'Sanfilippara' and 'Trabia' loquat. **Acta Horticulturae**, n. 1092, p. 267-272, 2015.

LOONEY, N. Plant growth regulators will still be needed. **Good Fruit Grower**, v. 55, p. 14-15, 2004.

LURIE, S.; WATKINS, C.B. Superficial scald, its etiology and control. **Postharvest Biology and Technology**, v. 65, p. 44-60, 2012.

LYSIAK, P.; PACHOLAK, E. Effects of 13 years soil fertilization on storage quality of 'Cortland' apples. **Acta Horticulturae**, n. 485, p. 265-272, 1999.

MARAIS, E.; JACOBS, G.; HOLCROFT, D.M. Colour response of 'Cripps' Pink' apples to postharvest irradiation is influenced by maturity and temperature. **Scientia Horticulturae**, v. 90, n. 1-2, p. 31-41, 2001.

MARCOS, J.F.; GONZÁLEZ-CANDELAS, L.; ZACARÍAS, L. Involvement of ethylene biosynthesis and perception in the susceptibility of citrus fruits to *Penicillium digitatum* infection and the accumulation of defence-related mRNAs. **Journal of Experimental Botany**, v.56, n.418, p.2183-2193, 2005.

MATEV, Y.; STANCHEV, L. Effect of Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> and Mg<sup>2+</sup> disproportion on glasshouse tomato development and fruit biological value. **Horticultural and Viticultural Science**, v. 16, p. 76-82, 1979.

MAZZA, G.; VELIOGLU, Y. Anthocyanins and other phenolic compounds in fruits of red-flesh apples. **Food Chemistry**, v. 43, n. 2, p. 113-117, 1992.

MC GLASSON, W. Ethylene and fruit ripening. **HortScience**, v. 20, n. 1, p. 51-54, 1985.

MCGHIE, T.K.; HUNT, M.; BARNETT, L.E. Cultivar and growing region determine the antioxidant polyphenolic concentration and composition of apples grown in New Zealand. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 8, p. 3065-3070, 2005.

MEINHOLD, T.; DAMEROW, L.; KUNZ, A.; BLANKE, M. Verschiedene Materialien zur Lichtreflexion in Apfelanlagen unter Hagelnetzen zur Verbesserung der Fruchtqualität und besonders der Fruchtfarbe bei ‚Gala‘. **Erwerbs-Obstbau**, v. 52, n. 3-4, p. 117-128, 2011.

MIQUELOTO, A.; AMARANTE, C.V.T.; STEFFENS, C.A.; SANTOS, A.; MIQUELOTO, T.; SILVEIRA, J.P.G. Atributos fisiológicos, físico-químicos e minerais associados à ocorrência de "bitter pit" em maçãs. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.7, p.689-696, 2011.

MORAES, J.; AZEVEDO, P. Biostimulants: identification of regulatory challenges and proposals to make this agri-input viable in Brazil. **Acta Horticulturae**, n. 1148, p. 101-104, 2016.

MORIYA, S.; KUNIHISA, M.; OKADA, K.; SHIMIZU, T.; HONDA, C.; YAMAMOTO, T.; MURANTY, H.; DENANCÉ, C.; KATAYOSE, Y.; IWATA, H. Allelic composition of MdMYB1 drives red skin color intensity in apple (*Malus× domestica* Borkh.) and its application to breeding. **Euphytica**, v. 213, n. 4, p. 78, 2017.

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

NAFIE, E.; HATHOUT, T.; MOKADEM, A.; SHYMA, A. Jasmonic acid elicits oxidative defense and detoxification systems in *Cucumis melo* L. cells. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 23, n. 2, p. 161-174, 2011.

NAVA, G.; DECHEN, A.R. Long-term annual fertilization with nitrogen and potassium affect yield and mineral composition of Fuji'apple. **Scientia agrícola**, v. 66, n. 3, p. 377-385, 2009.

NAVA, G.; DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G.R. Nitrogen and Potassium Fertilization Affect Apple Fruit Quality in Southern Brazil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 39, n. 1-2, p. 96-107, 2008.

NEILSEN, G.; NEILSEN, D.; PERYEA, F.; FALLAHI, E.; FALLAHI, B. Effects of mineral nutrition on fruit quality and nutritional disorders in apples. **Acta Horticulturae**, n. 868, p. 49-60, 2010.

NETO, D.D.; DARIO, G.J.A.; JÚNIOR, P.A.V.; MANFRON, P.A.; MARTIN, T.N.; BONNECARRÉRE, R.A.G.; CRESPO, P.E.N. Aplicação e influência do fitorregulador no crescimento das plantas de milho. **Revista da FZVA**, v. 11, n. 1, p. 1-9, 2004.

PENG, T.; MORIGUCHI, T. The molecular network regulating the coloration in apple. **Scientia Horticulturae**, v. 163, p. 1-9, 2013.

PENG, T.; SAITO, T.; HONDA, C.; BAN, Y.; KONDO, S.; LIU, J.H.; HATSUYAMA, Y.; MORIGUCHI, T. Screening of UV-B-induced genes from apple peels by SSH: possible involvement of MdCOP1-mediated signaling cascade genes in anthocyanin accumulation. **Physiologia Plantarum**, v. 148, n. 3, p. 432-444, 2013.

PERYEA, F.J.; DRAKE, S.R. Influence of mid-summer boron sprays on boron content and quality indices of 'Delicious' apple. **Journal of Plant Nutrition**, v. 14, n. 8, p. 825-840, 1991.

PESTEANU, A. Effects of ethephon application on color development of 'Gala Must' apples. **Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Horticulture**, v. 74, n. 1, p. 26, 2017.

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, n. 1, p. 37-44, 2007.

PETRI, J.L.; LEITE, G.B.; COUTO, M.; FRANCESCATTO, P. Avanços na cultura da macieira no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 1, p. 48-56, 2011.

RAPILLARD, C.; DESSIMOZ, A. Different mutants of Gala. **Revue Suisse de Viticulture, d'Arboriculture et d'Horticulture**, v. 32, n. 4, p. 233-237, 2000.

REAY, P.; LANCASTER, J. Accumulation of anthocyanins and quercetin glycosides in 'Gala' and 'Royal Gala' apple fruit skin with UV-B-visible irradiation: modifying effects of fruit maturity, fruit side, and temperature. **Scientia Horticulturae**, v. 90, n. 1-2, p. 57-68, 2001.

REAY, P.F. The role of low temperatures in the development of the red blush on apple fruit ('Granny Smith'). **Scientia Horticulturae**, v. 79, n. 1-2, p. 113-119, 1999.

ROESLER, R.; GOMES MALTA, L.; CARRASCO, L.C.; BARATA HOLANDA, R.; SOCORRO SOUSA, C.A.; PASTORE, G.M. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 53-60, 2007.

ROITSCH, T. Source-sink regulation by sugar and stress. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 2, n. 3, p. 198-206, 1999.

ROITSCH, T.; GONZÁLEZ, M.-C. Function and regulation of plant invertases: sweet sensations. **Trends in plant science**, v. 9, n. 12, p. 606-613, 2004.

RUDELL, D.; MATTHEIS, J. Synergism exists between ethylene and methyl jasmonate in artificial light-induced pigment enhancement of 'Fuji'apple fruit peel. **Postharvest Biology and Technology**, v. 47, n. 1, p. 136-140, 2008.

RUDELL, D.; MATTHEIS, J.; FAN, X.; FELLMAN, J. Methyl jasmonate enhances anthocyanin accumulation and modifies production of phenolics and pigments in 'Fuji' apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 127, n. 3, p. 435-441, 2002.

RUDELL, D.; MATTHEIS, J.; FELLMANN, J. Preharvest application of methyl jasmonate to cv.'Fuji' apples enhance red coloration and affects fruit size, splitting and bitter pit incidence. **HortScience**, v. 40, n. 6, p. 1760-1762, 2005.

RUFINO, M.; ALVES, R.E.; DE BRITO, E.S.; DE MORAIS, S.M.; SAMPAIO, C.D.G.; PÉREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.D. **Comunicado Técnico 128:** Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS<sup>•+</sup>. 1.ed. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007a. 4 p.

RUFINO, M.; ALVES, R.E.; DE BRITO, E.S.; DE MORAIS, S.M.; SAMPAIO, C.D.G.; PÉREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.D. **Comunicado Técnico 127:** Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. 1.ed. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007b. 4 p.

RUPASINGHE, H.P.; HUBER, G.M.; EMBREE, C.; FORSLINE, P.L. Red-fleshed apple as a source for functional beverages. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 90, n. 1, p. 95-100, 2010.

RYU, S.; HAN, H.-H.; JEONG, J.H.; KWON, Y.H.; HAN, J.H.; DO, G.R.; CHOI, I.-M.; LEE, H.J. Night temperatures affect fruit coloration and expressions of anthocyanin biosynthetic genes in 'Hongro' apple fruit skins. **European Journal of Horticultural Science**, v. 82, n. 5, p. 232-238, 2017.

SAKUTA, M.; HIRANO, H.; KAKEGAWA, K.; SUDA, J.; HIROSE, M.; JOY, R.W.; SUGIYAMA, M.; KOMAMINE, A. Regulatory mechanisms of biosynthesis of betacyanin and anthocyanin in relation to cell division activity in suspension cultures. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v. 38, n. 2-3, p. 167-169, 1994.

SALVI, L.; CATALDO, E.; SECCO, S.; MATTII, G. Use of natural biostimulants to improve the quality of grapevine production: first results. **Acta Horticulturae**, n. 1148, p. 77-84, 2016.

SANHUEZA, R.M.V.; PROTAS, J.F.S.; FREIRE, J.M. **Manejo da Macieira no Sistema de Produção Integrada de Frutas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2006. 164p.

SAQUET, A.; STREIF, J. Investigations on the respiration and the ethylene production of some new apple cultivars. **Erwerbsobstbau**, v. 42, n. 4, p. 109-112, 2000.

SAURE, M.C. External control of anthocyanin formation in apple. **Scientia Horticulturae**, v. 42, n. 3, p. 181-218, 1990.

SCHIJLEN, E.G.; DE VOS, C.R.; VAN TUNEN, A.J.; BOVY, A.G. Modification of flavonoid biosynthesis in crop plants. **Phytochemistry**, v. 65, n. 19, p. 2631-2648, 2004.

SCHUHKNECHT, H.; DAMEROW, L.; KUNZ, A.; BLANKE, M. Einfluss von biostimulanzien und lichtreflexionsfolie auf die fruchtqualität und farbentwicklung bei apfel. **Erwerbs-Obstbau**, v. 60, n. 2, p. 89-103, 2018.

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**, n.739. p.85-91, 2014.

SHAFIQ, M.; SINGH, Z. Pre-harvest spray application of phenylpropanoids influences accumulation of anthocyanin and flavonoids in 'Cripps Pink' apple skin. **Scientia Horticulturae**, v. 233, p. 141-148, 2018.

SHARMA, R.; PAL, R.; SAGAR, V.; PARMANICK, K.; PAUL, V.; GUPTA, V.; KUMAR, K.; RANA, M. Impact of pre-harvest fruit-bagging with different coloured bags on peel colour and the incidence of insect pests, disease and storage disorders in 'Royal Delicious' apple. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 89, n. 6, p. 613-618, 2014.

SIERRAS, N.; BOTTA, A.; STAASING, L.; MARTINEZ, M.J.; BRU, R. Understanding the effect of amino acids based biostimulant by an enantiomeric analysis of their active principles and a proteomic profiling approach. **Acta Horticulturae**, n. 1148, p. 93-100, 2016.

SINGH, Z.; AGREZ, V. Fruit set, retention and yield of mango in relation to ethylene. **Acta Horticulturae**, n. 239, p. 367-370, 2002.

SINGH, Z.; DHILLON, B. Floral malformation, yield and fruit quality of *Mangifera indica* L. in relation to ethylene. **Journal of Horticultural Science**, v. 65, n. 2, p. 215-220, 1990.

SINGH, Z.; SHAFIQ, M. Training systems and pre-harvest ethrel application affect fruit colour development and quality of 'Pink Lady™'apple at harvest and in controlled atmosphere storage. **Acta Horticulturae**, n. 774, p. 165-172, 2008.

SOARES, M. J.; CALIARI, M.; VERA, R.; GUAZZELLI, E.; SOUZA, A. Conservação pós-colheita de mangaba sob refrigeração e modificação da atmosfera de armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 38, n. 2, p. 78-86, 2008.

SPRINGOB, K.; NAKAJIMA, J.-I.; YAMAZAKI, M.; SAITO, K. Recent advances in the biosynthesis and accumulation of anthocyanins. **Natural Product Reports**, v. 20, n. 3, p. 288-303, 2003.

STANGER, M.C.; STEFFENS, C.A.; SOETHE, C.; MOREIRA, M.A.; DO AMARANTE, C.V.T. Phenolic content and antioxidant activity during the development of 'Brookfield' and 'Mishima' apples. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 65, n. 17, p. 3453-3459, 2017.

STEFFENS, C.A.; BRACKMANN, A. Maturação da maçã 'Fuji' com aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina e ethephon. **Revista da FZVA**, v. 13, n. 2, p. 76-84, 2006.

STEFFENS, C.A.; ESPÍNDOLA, B.P.; AMARANTE, C.V.T.D.; SILVEIRA, J.P.G.; CHECHI, R.; BRACKMANN, A. Respiração, produção de etileno e qualidade de maçãs "Gala". **Ciência Rural**, v. 38, n. 7, p. 1864-1870, 2008.

STEFFENS, C.A.; GUARENTI, A.J.W.; STORCK, L.; BRACKMANN, A. Maturação da maçã 'Gala' com a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina e ethephon. **Ciência Rural**, v. 36, n. 2, p. 434-440, 2006.

STERN, R.; KORCHINSKY, R.; BEN-ARIE, R.; COHEN, Y. Early application of the synthetic auxin 2,4-DP enhances the red colouration of 'Cripp's Pink' apple. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 85, n. 1, p. 35-41, 2010.

STOPAR, M.; BOLCINA, U.; VANZO, A.; VRHOVSEK, U. Lower crop load for cv. Jonagold apples (*Malus× domestica* Borkh.) increases polyphenol content and fruit quality. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 6, p. 1643-1646, 2002.

SUGIURA, T.; YOKOZAWA, M. Impact of global warming on environments for apple and satsuma mandarin production estimated from changes on the annual mean temperature. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, v. 73, n. 1, p. 72-78, 2004.

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, n. 25, p. 7449-7454, 2002.

SUN, L.; BUKOVAC, M.J.; FORSLINE, P.L.; VAN NOCKER, S. Natural variation in fruit abscission-related traits in apple (*Malus*). **Euphytica**, v. 165, n. 1, p. 55, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012. 954 p.

TAKOS, A.M.; JAFFÉ, F.W.; JACOB, S.R.; BOGS, J.; ROBINSON, S.P.; WALKER, A.R. Light-induced expression of a MYB gene regulates anthocyanin biosynthesis in red apples. **Plant physiology**, v. 142, n. 3, p. 1216-1232, 2006.

TAN, S. Phenylalanine ammonia-lyase and the phenylalanine ammonia-lyase inactivating system: effects of light, temperature and mineral deficiencies. **Functional Plant Biology**, v. 7, n. 2, p. 159-167, 1980.

THIAULT, J.; DEBEUNNE, J. Etude de criteres objectifs de la qualite gustative de pommes Golden Delicious. **Bulletin technique d'information - Ministère de l'agriculture et du développement rural**, v. 248, p. 191-201, 1970.

THIBEAULT, J.M.; SETH, A. Changing climate extremes in the Northeast United States: observations and projections from CMIP5. **Climatic Change**, v. 127, n. 2, p. 273-287, 2014.

TIJSKENS, L.; UNUK, T.; TOJNKO, S.; HRIBAR, J.; SIMCIC, M. Colour development in the apple orchard. **Journal of Fruit and Ornamental Plant Research**, v. 19, n. 1, p. 113-121, 2011.

TREUTTER, D. Biosynthesis of phenolic compounds and its regulation in apple. **Plant Growth Regulation**, v. 34, n. 1, p. 71-89, 2001.

TREUTTER, D. Significance of flavonoids in plant resistance: a review. **Environmental Chemistry Letters**, v. 4, n. 3, p. 147-157, 2006.

TREUTTER, D. Managing phenol contents in crop plants by phytochemical farming and breeding-visions and constraints. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 11, n. 3, p. 807-857, 2010.

TREUTTER, D.; FEUCHT, W. The pattern of flavan-3-ols in relation to scab resistance of apple cultivars. **Journal of Horticultural Science**, v. 65, n. 5, p. 511-517, 1990.

TREVISAN, R.; HERTER, F.G.; COUTINHO, E.F.; GONÇALVES, E.D.; SILVEIRA, C.A.P.; DA SILVA FREIRE, C.J. Uso de poda verde, plásticos refletivos, antitranspirante e potássio na produção de pêssegos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 10, p. 1485-1490, 2006.

TSAO, R.; YANG, R.; XIE, S.; SOCKOVIE, E.; KHANIZADEH, S. Which polyphenolic compounds contribute to the total antioxidant activities of apple? **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 12, p. 4989-4995, 2005.

TSAO, R.; YANG, R.; YOUNG, J.C.; ZHU, H. Polyphenolic profiles in eight apple cultivars using high-performance liquid chromatography (HPLC). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 21, p. 6347-6353, 2003.

UBI, B.E. External stimulation of anthocyanin biosynthesis in apple fruit. **Journal of Food Agriculture and Environment**, v. 2, n. 2, p. 65-70, 2004.

UBI, B.E.; HONDA, C.; BESSHO, H.; KONDO, S.; WADA, M.; KOBAYASHI, S.; MORIGUCHI, T. Expression analysis of anthocyanin biosynthetic genes in apple skin: effect of UV-B and temperature. **Plant Science**, v. 170, n. 3, p. 571-578, 2006.

USENIK, V.; MIKULI-PETKOVŠEK, M.; SOLAR, A.; ŠTAMPAR, F. Flavonols of leaves in relation to apple scab resistance. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 111, n. 2, p. 137-144, 2004.

VAN DER SLUIS, A.A.; DEKKER, M.; DE JAGER, A.; JONGEN, W.M. Activity and concentration of polyphenolic antioxidants in apple: effect of cultivar, harvest year, and storage conditions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 8, p. 3606-3613, 2001.

VAN DER SLUIS, A.A.; DEKKER, M.; VERKERK, R.; JONGEN, W.M. An improved, rapid in vitro method to measure antioxidant activity. Application on selected flavonoids and apple juice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 9, p. 4116-4122, 2000.

VELASCO, R.; ZHARKIKH, A.; AFFOURITIT, J.; DHINGRA, A.; CESTARO, A.; KALYANARAMAN, A.; FONTANA, P.; BHATNAGAR, S.K.; TROGGIO, M.; PRUSS, D. The genome of the domesticated apple (*Malus × domestica* Borkh.). **Nature Genetics**, v. 42, n. 10, p. 833, 2010.

VIEIRA, F.G.K.; BORGES, G.D.S.C.; COPETTI, C.; AMBONI, R.D.D.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, n. 3, p. 421-425, 2009a.

VIEIRA, F.G.K.; BORGES, G.D.S.C.; COPETTI, C.; GONZAGA, L.V.; DA COSTA NUNES, E.; FETT, R. Activity and contents of polyphenolic antioxidants in the whole fruit, flesh and peel of three apple cultivars. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v. 59, n. 1, p. 101-106, 2009b.

VOM ENDT, D.; KIJNE, J.W.; MEMELINK, J. Transcription factors controlling plant secondary metabolism: what regulates the regulators? **Phytochemistry**, v. 61, n. 2, p. 107-114, 2002.

WANG, Z.; DILLEY, D.R. Aminoethoxyvinylglycine, combined with ethephon, can enhance red color development without over-ripening apples. **HortScience**, v. 36, n. 2, p. 328-331, 2001.

WARGO, J.M.; MERWIN, I.A.; WATKINS, C.B. Fruit size, yield, and market value of goldrush'apple are affected by amount, timing and method of nitrogen fertilization. **HortTechnology**, v. 13, n. 1, p. 153-161, 2003.

WATKINS, C.B. Overview of 1-methylcyclopropene trials and uses for edible horticultural crops. **HortScience**, v.43, n.1, p.86-94, 2008.

WEAVER, R.J. **Plant growth substances in agriculture**. San Francisco: W.H. Freeman, 1972. 594p.

WEINBAUM, S.A. Foliar nutrition of fruit trees. In: **Plant growth and leaf applied chemicals**. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, 1988, pp. 81-100.

WELLS, J.; BUKOVAC, M. Effect of fruit thinning on size and quality of Stanley'plum (*Prunus domestica* L.). **Journal-American Society for Horticultural Science**, v. 103, p. 612-616, 1978.

WHALE, S. K.; SINGH, Z. Endogenous ethylene and color development in the skin of 'Pink Lady' apple. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.132, n.1, p.20-28, 2007.

WHITING, M.D.; LANG, G.A. Bing'sweet cherry on the dwarfing rootstockGisela 5': thinning affects fruit quality and vegetative growth but not net CO<sub>2</sub> exchange. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 129, n. 3, p. 407-415, 2004.

WIBBE, M.L.; BLANKE, M.M. Effects of defruiting on source-sink relationship, carbon budget, leaf carbohydrate content and water use efficiency of apple trees. **Physiologia Plantarum**, v. 94, n. 3, p. 529-533, 1995.

WILLIAMS, K.M. Use of evaporative cooling for enhancing apple fruit quality. **Good Fruit Grower**, v. 8, p. 23-27, 1993.

WOJDYŁO, A.; OSZMIAŃSKI, J.; LASKOWSKI, P. Polyphenolic compounds and antioxidant activity of new and old apple varieties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 15, p. 6520-6530, 2008.

WOLFE, K.; WU, X.; LIU, R.H. Antioxidant activity of apple peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 3, p. 609-614, 2003.

WÜNSCHE, J.N.; FERGUSON, I.B. Crop load interactions in apple. **Horticultural Reviews**, v. 31, p. 231-290, 2005.

XU, H.X.; CHEN, J.W.; XIE, M. Effect of different light transmittance paper bags on fruit quality and antioxidant capacity in loquat. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 90, n. 11, p. 1783-1788, 2010.

YAMASAKI, H.; UEFUJI, H.; SAKIHAMA, Y. Bleaching of the red anthocyanin induced by superoxide radical. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 332, n. 1, p. 183-186, 1996.

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 de Alimentos**, v. 29, n. 1, p. 148-154, 2009.

ZEHLER, E.; KREIPE, H.; GETHING, P. A. **Sulfato de potássio e Cloreto de potássio: sua influência na produção e na qualidade das plantas cultivadas**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. 11 p.

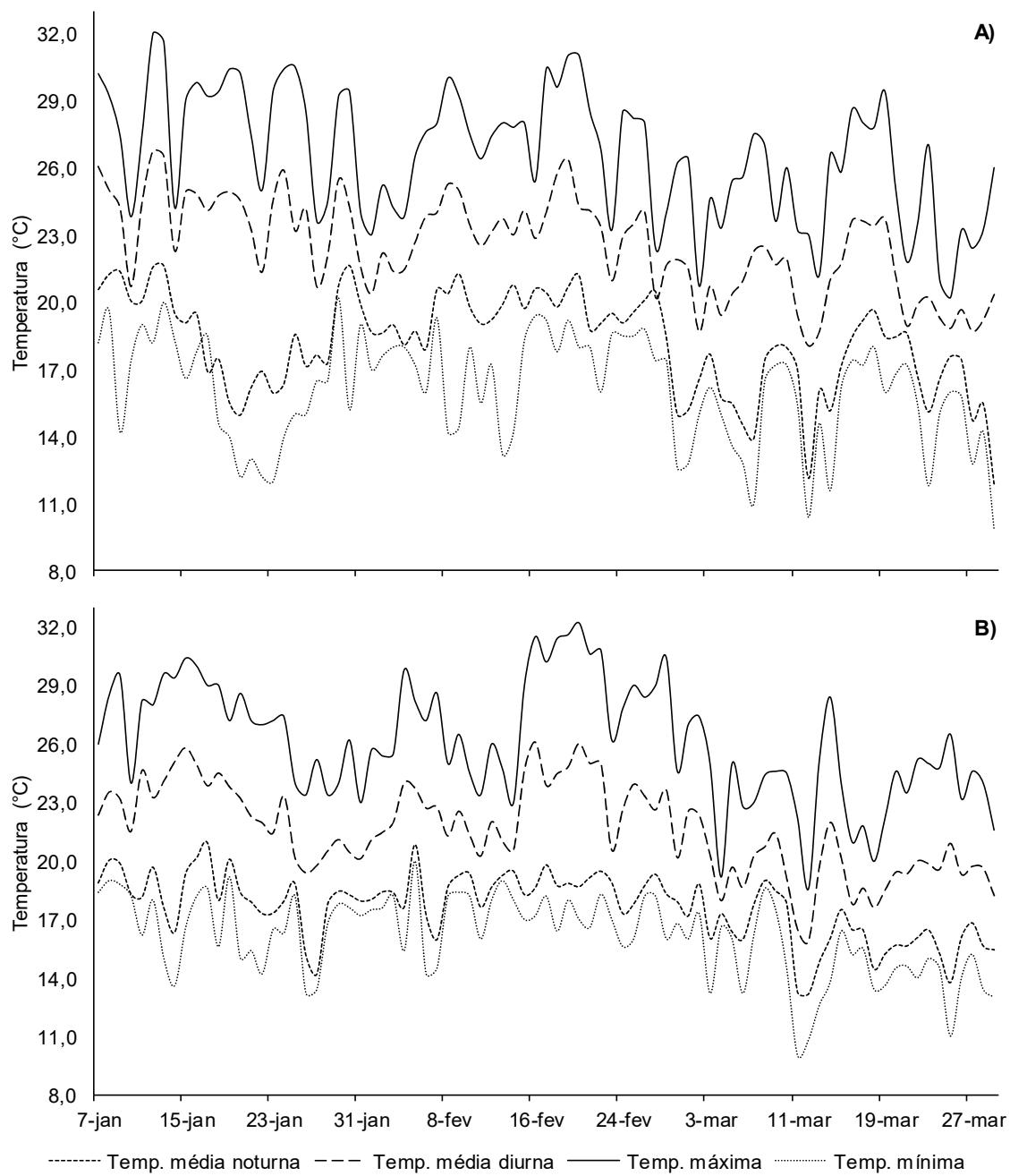
ZHAO, H.; WANG, Y.; XU, X.; LI, T.; KONG, J.; ZHANG, X.; HAN, Z.; LIU, H. Relationship of pigments and sugars in fruit peels of 'Red Fuji' apples at various debagging times. **Acta Horticulturae**, n. 903, p. 923-928, 2011.

ZHENG, H.; KIM, Y.; CHUNG, K. A profile of physicochemical and antioxidant changes during fruit growth for the utilization of unripe apples. **Food Chemistry**, v. 131, p. 106-110, 2012.



## ANEXO A - TEMPERATURAS DIÁRIAS

**Figura 14 – Temperaturas diárias máxima e mínima e médias noturna e diurna durante a maturação dos frutos nas safras 2015/2016 (A) e 2016/2017 (B), em Caçador, SC.**

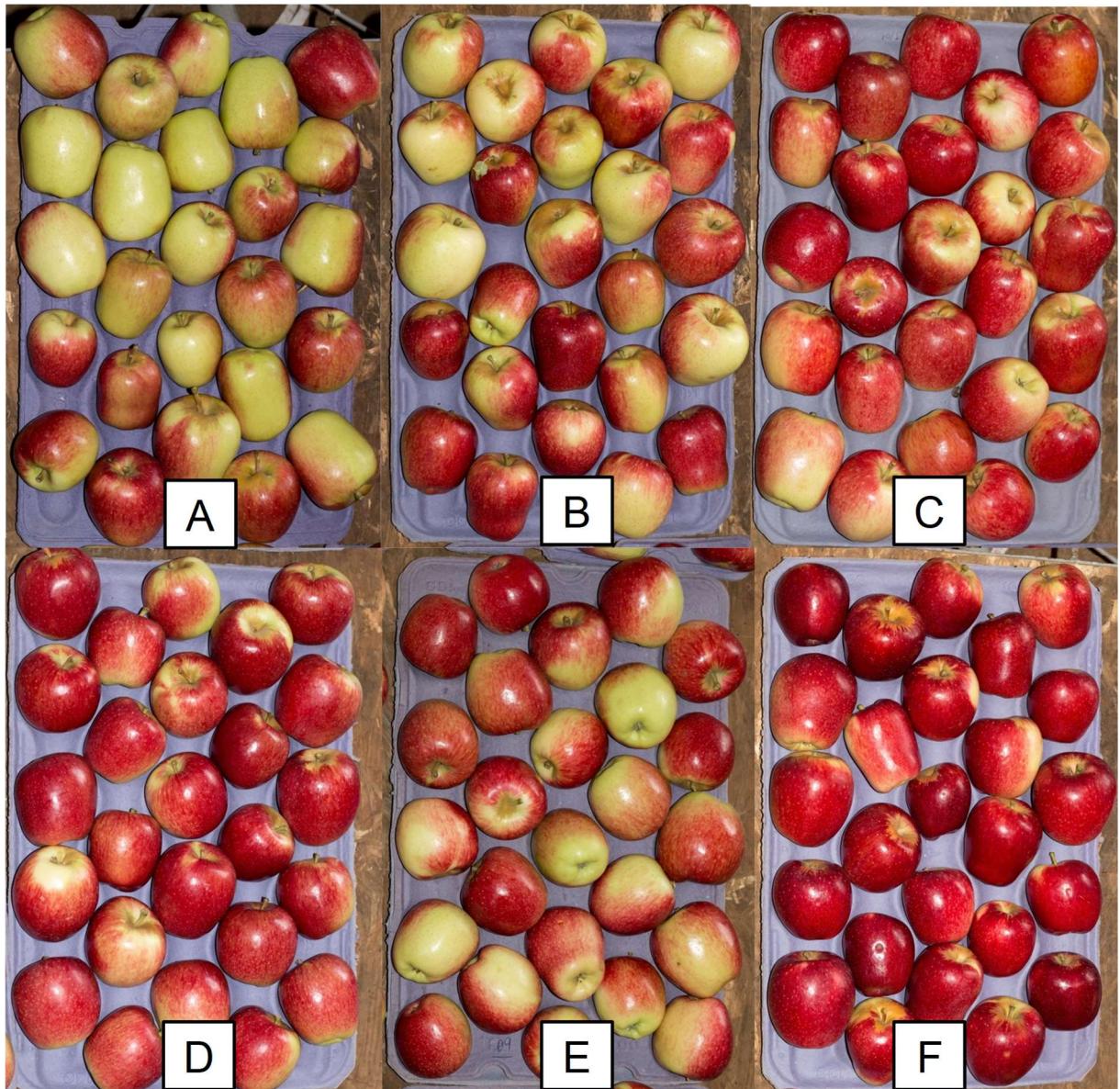


Fonte: INMET.



**ANEXO B - AMOSTRAGENS DE MAÇÃS 'DAIANE'**

Figura 15 – Amostragens de maçãs 'Daiane' dos tratamentos testemunha (A), biostimulante I (B), fertilizante foliar I + fertilizante foliar II (C), bioestimulante II (D), KCl (E) e etefon (F), após a colheita. Caçador, SC.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.



**ANEXO C - CONTRASTE ENTRE MAÇÃS ‘VENICE’**

Figura 16 – Contraste entre maçãs ‘Venice’ tratadas com etefon (A) e testemunha (B), após a colheita. Caçador, SC.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.