

A antecipação da colheita em pomares de maçã é uma estratégia utilizada para obter melhores preços no período de menor oferta do fruto no mercado. Além disso, a ampliação do período de colheita possibilita maior aproveitamento da mão de obra contratada para a atividade e garantia da qualidade dos frutos pela colheita no momento ideal de maturação. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de ácido bórico na antecipação da maturação, na qualidade, na coloração e no potencial de armazenamento de maçãs 'Imperial Gala', produzidas em pomar protegido por tela antigranizo, em Vacaria-RS.

Orientador: Ph.D. Paulo Roberto Ernani

Lages, 2019

ANO
2019

MILTON CESAR COLDEBELLA | ESCALONAMENTO DA COLHEITA DE MAÇÃS
UTILIZANDO ÁCIDO BÓRICO COMO ANTECIPADOR DA MATURACÃO



UDESC

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

TESE DE DOUTORADO

**ESCALONAMENTO DA COLHEITA
DE MAÇÃS UTILIZANDO ÁCIDO
BÓRICO COMO ANTECIPADOR
DA MATURACÃO**

MILTON CESAR COLDEBELLA

LAGES, 2019

MILTON CESAR COLDEBELLA

**ESCALONAMENTO DA COLHEITA DE MAÇÃS UTILIZANDO ÁCIDO BÓRICO
COMO ANTECIPADOR DA MATURAÇÃO**

Tese apresentada ao Curso de Pós-graduação em Ciência do Solo, na Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Ciência do Solo.

Orientador: Ph.D. Paulo Roberto Ernani

**Lages, SC
2019**

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CAV/UEDESC,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Coldebella, Milton Cesar

Escalonamento da colheita de maçãs utilizando ácido bórico
como antecipador da maturação / Milton Cesar Coldebella. -- 2019.
109 p.

Orientador: Paulo Roberto Ernani

Tese (doutorado) -- Universidade do Estado de Santa Catarina,
Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação
em Ciência do Solo, Lages, 2019.

1. Malus domestica Borkh. 2. Nutrição de plantas. 3. Qualidade
de frutos. 4. Retorno econômico. I. Ernani, Paulo Roberto . II.
Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo.
III. Título.

MILTON CESAR COLDEBELLA

**ESCALONAMENTO DA COLHEITA DE MAÇÃS UTILIZANDO ÁCIDO BÓRICO
COMO ANTECIPADOR DA MATURAÇÃO**

Tese apresentada ao Curso de Pós-graduação em Ciência do Solo como requisito parcial para obtenção do título de doutor em Ciência do Solo, da Universidade do Estado de Santa Catarina.

Banca examinadora:

Orientador:

Ph.D. Paulo Roberto Ernani
UDESC - CAV

Membros:

Dra. Mariuccia Schlichting De Martin
EPAGRI/São Joaquim-SC

Dr. Marcelo José Vieira
Agropecuária Schio/Vacaria-RS

Ph.D. Cassandro Vidal Talamini do Amarante
UDESC - CAV

Dra. Aike Anneliese Kretzschmar
UDESC - CAV

Lages, 31/07/2019.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todo apoio e suporte da minha família ao longo da minha vida e carreira acadêmica. Meus pais, irmãs e sobrinhos sempre serão a pedra fundamental e a base sólida da minha vida. Agradeço também, ao meu namorado, Bruno, pelo companheirismo durante o último ano de doutorado.

Agradeço a todo o grupo do laboratório de Química e Fertilidade do Solo, no qual trabalhei durante o doutorado. Além do aprendizado técnico, o companheirismo e o convívio em grupo foram fundamentais para minha formação profissional e pessoal. Agradeço também, ao laboratório de Fisiologia Pós-colheita, pela disposição do espaço, recursos e pelo auxílio no trabalho.

Agradeço imensamente ao programa de pós-graduação em Ciência do Solo e a todo o corpo docente pela formação e pelas valiosas lições repassadas. Sou muito grato pela oportunidade de ter sido aluno de tantos profissionais de excelência que o programa dispõe. Agradeço, especialmente, pela orientação e dedicação do prof. Paulo R. Ernani e pelas valiosas contribuições do prof. Cristiano A. Steffens, durante o decorrer do trabalho.

Agradeço à UDESC pela educação de qualidade disponibilizada desde a graduação até o doutorado.

Agradeço à Capes pela concessão da bolsa e à empresa Frutival pela disponibilização do pomar e dos frutos para a realização do trabalho.

Além destes, agradeço de coração a todos que contribuíram de alguma forma, seja profissionalmente, ou mesmo, em momentos lúdicos, necessários para a manutenção da integridade psicológica durante este período. E não por menos, agradeço a todos os homens e mulheres que batalham e não medem esforços para garantir o direito fundamental de educação e apoio à pesquisa.

Obrigado!

RESUMO

COLDEBELLA, Milton Cesar. **Escalonamento da colheita de maçãs utilizando ácido bórico como antecipador da maturação**. 2019. 109p. Tese de Doutorado em Ciência do Solo. Área: Nutrição de Plantas. Universidade do Estado de Santa Catarina – Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, 2019

A antecipação da colheita em pomares de maçã é uma estratégia utilizada para obter melhores preços no período de menor oferta do fruto no mercado. Além disso, a ampliação do período de colheita possibilita maior aproveitamento da mão de obra contratada para a atividade e garantia da qualidade dos frutos pela colheita no momento ideal de maturação. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de ácido bórico na antecipação da maturação, na qualidade e no potencial de armazenamento de maçãs. Durante as safras 2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019, macieiras ‘Imperial Gala’ foram submetidas a três e cinco aplicações com as concentrações 0 (controle), 1,5; 3,0 e 4,5 g L⁻¹ de H₃BO₃. Nas três safras foram realizadas duas colheitas, próximo aos 130 dias após a plena floração (DAPF) e aos 137 DAPF, onde foi avaliada a qualidade dos frutos na colheita e após o armazenamento refrigerado mais sete dias de exposição em temperatura ambiente. Além de aumentar o teor de boro na polpa dos frutos, o aumento no número de aplicações e das concentrações de H₃BO₃ acelerou a maturação dos frutos, conforme evidenciado pela maior taxa respiratória e de produção de etileno e maior degradação de amido. Estes mesmos frutos foram menos firmes, mais doces e coloridos, aumentando, conseqüentemente, o retorno econômico durante a colheita. Após o armazenamento, os frutos tratados com H₃BO₃ apresentavam baixa firmeza de polpa e cor de fundo amarelada, apresentando aspecto de sobre maturação, principalmente quando foram colhidos mais tarde. A colheita antecipada apresentou frutos com melhor qualidade após armazenamento, contudo, a taxa de perda de firmeza e de massa ainda permaneceu alta em relação aos frutos controle. A realização de cinco pulverizações na concentração de 4,5 g L⁻¹ de H₃BO₃ adiantou em até sete dias a colheita, podendo ser uma alternativa viável para antecipação, melhoria da qualidade e do retorno econômico dos frutos. Por outro lado, estes frutos devem apresentar imediata comercialização após a colheita, evitando perdas de qualidade durante o armazenamento.

Palavras-chave: *Malus domestica* Borkh, nutrição de plantas, qualidade de frutos, retorno econômico.

ABSTRACT

COLDEBELLA, Milton Cesar. **Scheduling of apple harvesting using boric acid to anticipate ripening**. 2019. 109p. PhD Thesis in Soil Science. Area: Plant Nutrition. Santa Catarina State University – Agronomy and Veterinary Sciences Center, Lages, 2018

Early harvesting of apple is an approach to get better prices when their supply is low in the market. Moreover, increase the gap of the harvesting time could have a better labor use and assure the best fruit quality in the harvest time. The aim of this study was to evaluate the effect of boron application in fruit maturation and quality after apple storage. During the seasons 2016/2017, 2017/2018 and 2018/2019, ‘Imperial Gala’ apple trees received three and five applications of boric acid (H_3BO_3) in concentrations of 0 (control); 1.5; 3.0 and 4.5 g L⁻¹. In all seasons, we made two harvests at 130 and 137 days after full bloom. The fruit quality was evaluated at harvest and after cold storage plus seven days of shelf life. The increase of H_3BO_3 application and concentrations resulted in fruits with more boron, higher ethylene production, respiration and starch degradation. These fruits were softer, sweeter and more colored, increasing the economic return values at harvest. The H_3BO_3 application results in fruits with lower flesh firmness and yellowness background color, mainly when these fruits were harvest later. The early harvest resulted in fruits with better quality after storage than the later harvest, moreover the flesh firmness and mass loss rates were higher than in the control fruits. Five application with 4,5 g L⁻¹ of H_3BO_3 resulted in harvest seven days early, better fruit quality and higher economic return. On the other hand, these fruits should have fast commercialization just right after the harvesting in order to avoid losses in quality during the storage.

Key-words: *Malus domestica* Borkh, plant nutrition, fruit quality, economic return.

LISTA DE ABREVIATURAS

A	aplicação
Abs	absorbância
ANOVA	análise de variância
AVG	aminoetoxivinilglicina
AT	acidez titulável
B	boro
C	concentração
°C	graus Celsius
Ca	cálcio
Cfb	clima mesotérmico úmido
Chl a+b	clorofila total
cm ³	centímetro cubico
CQFS	comissão de química e fertilidade do solo
C ₂ H ₄	etileno
CO ₂	dióxido de carbono
C.V	coeficiente de variação
DAPF	dias após a plena floração
dm ³	decímetro cubico
g	grama
<i>h</i> °	ângulo hue
ha	hectare
H ₃ BO ₃	ácido bórico
HNO ₃	ácido nítrico
H ₂ O ₂	peróxido de hidrogênio
ICP-OES	inductively coupled plasma optical emission spectrometry
K	potássio
kg	quilograma
L	litro

m	metro
µg	micrograma
1-MCP	1-metilciclopropano
mg	miligrama
Mg	magnésio
mL	mililitro
mmol	milimol
N	Newton ou Normalidade
NaOH	hidróxido de sódio
P	fósforo
p	probabilidade
%	porcento
pmol	picomol
R\$	reais
RS	Rio Grande do Sul
s	segundo
S	sul
SC	Santa Catarina
SS	sólidos solúveis
UR	umidade relativa
W	oeste

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Precipitação e temperatura média, máxima e mínima durante as safras 2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019, em Vacaria, RS. As setas indicam o mês das colheitas. 34
- Figura 2. Teor de boro em folhas de macieiras 'Imperial Gala' submetidas a aplicações com diferentes concentrações de H_3BO_3 . Valores médios de três e cinco aplicações. Safra 2017/2018. (Barras verticais = erro padrão). 38
- Figura 3. Teor de boro na epiderme (A) e na polpa (B), na porção pistilar de maçãs 'Imperial Gala' submetidas a três e cinco aplicações com diferentes concentrações de H_3BO_3 . Valores médios das safras 2016/2017 e 2017/2018. (Barras verticais = erro padrão). 39
- Figura 4. Índice Streif dos frutos, na colheita antecipada (A) e comercial (B), indicando a evolução da maturação de maçãs 'Imperial Gala' submetidas a três e cinco aplicações (Aplic.) com diferentes concentrações (Conc.) de H_3BO_3 . Valores médios das safras 2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019. 56
- Figura 5. Temperaturas médias diárias durante fevereiro dos anos 2017, 2018 e 2019, em Vacaria - RS. As formas indicam as datas de colheita dentro de cada safra analisada. 74
- Figura 6. Teor de antocianinas totais (mg de cianidina 3-glicosídeo 100 g^{-1} de epiderme fresca), durante a colheita 1 (A) e 2 (B), na epiderme de maçãs 'Imperial Gala' submetidas a três e cinco aplicações com diferentes concentrações de H_3BO_3 . Valores médios das safras 2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019. Barras verticais = erro padrão. 82
- Figura 7. Porcentagem de frutos por categoria de coloração, em maçãs 'Imperial Gala' pulverizadas três (A e C) e cinco vezes (B e D) com diferentes concentrações de H_3BO_3 84
- Figura 8. Rendimento financeiro em função da categorização pela porcentagem de cor que recobre a epiderme, durante a colheita 1 (A) e colheita 2 (B), em maçãs 'Imperial Gala' submetidas a três e cinco aplicações com diferentes concentrações de H_3BO_3 . Valores médios das safras 2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019. 88
- Figura 9. Coloração no lado mais colorido de maçãs 'Imperial Gala' submetidas a três e cinco pulverizações com diferentes concentrações de H_3BO_3 durante a pré-colheita. Safra 2016/2017. Todos os tratamentos receberam aplicação com AVG ($62,5\text{ mg L}^{-1}$). 105
- Figura 10. Coloração no lado mais colorido de maçãs 'Imperial Gala' submetidas a três e cinco pulverizações com diferentes concentrações de H_3BO_3 durante a pré-colheita. Safra 2017/2018. Nesta safra não ocorreu aplicação com AVG. 107
- Figura 11. Coloração no lado mais colorido de maçãs 'Imperial Gala' submetidas a três e cinco pulverizações com diferentes concentrações de H_3BO_3 durante a pré-colheita. Safra 2018/2019. Todos os tratamentos receberam aplicação com AVG ($62,5\text{ mg L}^{-1}$). 109

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Data de realização da colheita antecipada e comercial nas três safras de condução do estudo.....	35
Tabela 2. Teor de clorofilas totais e índice SPAD em folhas de macieiras ‘Imperial Gala’ submetidas a três e cinco pulverizações com diferentes concentrações de H ₃ BO ₃ , durante a safra 2017/2018.	40
Tabela 3. Valores de probabilidade (p) para concentrações (C), número de aplicações realizadas (A) e interação entre concentrações e número de aplicações (C x A) para as variáveis de qualidade em maçãs ‘Imperial Gala’, para dois períodos de colheita em diferentes safras.	41
Tabela 4. Massa média de maçãs ‘Imperial Gala’ submetidas a três e cinco pulverizações com diferentes concentrações de H ₃ BO ₃ , durante três safras de produção.	42
Tabela 5. Produção de etileno em maçãs ‘Imperial Gala’ submetidas a três e cinco pulverizações com diferentes concentrações de H ₃ BO ₃ , durante três safras de produção.	44
Tabela 6. Taxa respiratória (emissão de CO ₂) em maçãs ‘Imperial Gala’ submetidas a três e cinco pulverizações com diferentes concentrações de H ₃ BO ₃ , durante três safras de produção.	47
Tabela 7. Firmeza de polpa após a colheita de maçãs ‘Imperial Gala’ submetidas a três e cinco pulverizações com diferentes concentrações de H ₃ BO ₃ , durante três safras de produção.	49
Tabela 8. Índice iodo-amido em maçãs ‘Imperial Gala’ submetidas a três e cinco pulverizações com diferentes concentrações de H ₃ BO ₃ , durante três safras de produção.	51
Tabela 9. Teor de sólidos solúveis em maçãs ‘Imperial Gala’ submetidas a três e cinco pulverizações com diferentes concentrações de H ₃ BO ₃ , durante três safras de produção.	53
Tabela 10. Acidez titulável em maçãs ‘Imperial Gala’ submetidas a três e cinco pulverizações com diferentes concentrações de H ₃ BO ₃ , durante três safras de produção.	54
Tabela 11. Valores de probabilidade (p) para concentrações (C), número de aplicações realizadas (A) e interação entre concentrações e número de aplicações (C x A) para as variáveis de qualidade em maçãs ‘Imperial Gala’, para dois períodos de colheita em diferentes safras.	57
Tabela 12. Taxa respiratória após o armazenamento refrigerado (0,5°C±1) mais sete dias de vida de prateleira (21°C±2) de maçãs ‘Imperial Gala’ submetidas a três e cinco pulverizações, em pré-colheita, com diferentes concentrações de H ₃ BO ₃	58
Tabela 13. Firmeza de polpa após o armazenamento refrigerado (0,5°C±1) mais sete dias de vida de prateleira (21°C±2) de maçãs ‘Imperial Gala’ submetidas a três e cinco pulverizações, em pré-colheita, com diferentes concentrações de H ₃ BO ₃ . Valores entre parênteses representam a taxa média mensal de perda de firmeza (%) durante o armazenamento.	60

Tabela 14. Teor de sólidos solúveis após o armazenamento refrigerado ($0,5^{\circ}\text{C}\pm 1$) mais sete dias de vida de prateleira ($21^{\circ}\text{C}\pm 2$) de maçãs ‘Imperial Gala’ submetidas a três e cinco pulverizações, em pré-colheita, com diferentes concentrações de H_3BO_3	63
Tabela 15. Acidez titulável após o armazenamento refrigerado ($0,5^{\circ}\text{C}\pm 1$) mais sete dias de vida de prateleira ($21^{\circ}\text{C}\pm 2$) de maçãs ‘Imperial Gala’ submetidas a três e cinco pulverizações, em pré-colheita, com diferentes concentrações de H_3BO_3	65
Tabela 16. Coloração de fundo após o armazenamento refrigerado ($0,5^{\circ}\text{C}\pm 1$) mais sete dias de vida de prateleira ($21^{\circ}\text{C}\pm 2$) de maçãs ‘Imperial Gala’ submetidas a três e cinco pulverizações, em pré-colheita, com diferentes concentrações de H_3BO_3	66
Tabela 17. Perda de massa após o armazenamento refrigerado ($0,5^{\circ}\text{C}\pm 1$) em maçãs ‘Imperial Gala’ submetidas a três e cinco pulverizações, em pré-colheita, com diferentes concentrações de H_3BO_3	68
Tabela 18. Custo total de produção estimado em pomar de maçãs de alta tecnologia, somado aos custos com três e cinco aplicações de diferentes concentrações de H_3BO_3 durante a pré-colheita dos frutos.....	76
Tabela 19. Valor de p dentro de concentrações (C), número de aplicações realizadas (A) e interação entre concentrações e aplicação (C x A) para as variáveis de qualidade em maçãs ‘Imperial Gala’, para dois períodos de colheita em diferentes safras.....	77
Tabela 20. Porcentagem da epiderme recoberta pela cor vermelha em maçãs ‘Imperial Gala’ submetidas a três e cinco pulverizações com diferentes concentrações de H_3BO_3 , durante três safras de produção.....	79
Tabela 21. Valores de h° na epiderme da região mais vermelha de maçãs ‘Imperial Gala’ submetidas a três e cinco pulverizações com diferentes concentrações de H_3BO_3 , durante três safras de produção.....	80
Tabela 22. Valor de h° da cor de fundo na epiderme de maçãs ‘Imperial Gala’ submetidas a três e cinco pulverizações com diferentes concentrações de H_3BO_3 , durante três safras de produção.....	83
Tabela 23. Teor de antocianinas totais na epiderme de maçãs ‘Imperial Gala’ submetidas a três ou cinco pulverizações com diferentes concentrações de H_3BO_3 , durante três safras de produção.....	103

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	23
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	27
Capítulo 1 - MATURAÇÃO E QUALIDADE PÓS-ARMAZENAMENTO DE MAÇÃS 'IMPERIAL GALA' SUBMETIDAS A PULVERIZAÇÕES COM ÁCIDO BÓRICO EM PRÉ-COLHEITA	31
1.1 - INTRODUÇÃO.....	31
1.2 - MATERIAL E MÉTODOS.....	33
1.3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
1.3.1 - Qualidade na colheita dos frutos	41
1.3.2 - Qualidade pós-armazenamento	57
1.4 - CONCLUSÕES	69
Capítulo 2 - APLICAÇÃO FOLIAR DE ÁCIDO BÓRICO AUMENTA A COLORAÇÃO E O RENDIMENTO ECONÔMICO DE MAÇÃS.....	71
2.1 - INTRODUÇÃO.....	71
2.2 - MATERIAL E MÉTODOS.....	73
2.3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	77
2.4 – CONCLUSÕES	89
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	91
REFERÊNCIAS	93
APÊNDICES	103

INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é o 11º produtor mundial de maçãs, com produção estimada de 1.300.943 toneladas em uma área aproximada de 33.138 hectares (FAO, 2017). Comparado a outros países tradicionalmente com maior experiência, tanto em tempo de cultivo quanto em tecnologia de produção, o Brasil se coloca na 7ª posição em rendimento por área cultivada. Segundo dados da FAO (2017), o rendimento médio nacional gira em torno de 39.258 kg ha⁻¹, muito próximo à produtividade dos Estados Unidos e superior à de países como Alemanha, Itália e Argentina. Isso mostra a alta competitividade do setor frente ao cenário mundial, além da alta qualidade de tecnologia empregada para melhorar os índices de produtividade da cultura no país.

Em função da localização geográfica e das condições ambientais, como elevada altitude com invernos rigorosos e verões amenos, adequados para a produção e qualidade dos frutos, a região sul se destaca como a principal produtora de maçãs no país. Juntos, os estados de Santa Catarina (SC) e Rio Grande do Sul (RS) respondem por 98% da produção nacional do fruto (IBGE, 2017). Nestes estados, destacam-se as regiões de Fraiburgo-SC, São Joaquim-SC e Vacaria-RS como os principais polos de produção de maçãs.

Entre as cultivares produzidas, ‘Gala’ e ‘Fuji’ representam quase a totalidade nacional, respondendo por cerca de 68 e 32% da quantidade de frutos que são colhidos e entram nas unidades de armazenamento e empacotamento anualmente (GONÇALVES et al., 2017). Contudo, aproximadamente 70% da produção é colhidas em um período de apenas quatro e seis semanas para cada uma dessas cultivares, respectivamente (GONÇALVES et al., 2017), obrigando os produtores a lançar mão de estratégias para colher os frutos no estágio ideal de maturação, sem ocasionar perdas demasiadas na qualidade.

Devido às grandes áreas cultivadas, principalmente nas regiões de Fraiburgo e Vacaria, a mão de obra local não é suficiente para atender a demanda de trabalho durante a colheita, por isso, as empresas contratam trabalhadores de outras regiões do país para garantir a colheita dos frutos. Da mesma forma, na região de São Joaquim, caracterizada principalmente por pequenas propriedades que muitas vezes são dependentes apenas da mão de obra familiar, o auxílio de ferramentas que permita a manutenção da qualidade dos frutos por um maior tempo no campo acaba sendo fundamental para a atividade.

Para melhor utilizar a mão de obra local e contratada, sem sobrecarregar fisicamente o trabalhador e financeiramente o produtor, a aplicação de alguns reguladores de crescimento que

ampliam o período de colheita vêm sendo utilizados com sucesso. Aplicações com etefom (ácido 2-cloroetilfosfonico) na pré-colheita dos frutos resultam em antecipação da maturação e aumento da coloração vermelha dos frutos (WANG & DILLEY, 2001; STEFFENS et al., 2006; PESTEANU, 2017), enquanto que aplicações de aminoetoxivinilglicina (AVG) retardam a maturação e diminuem a queda de frutos, porém reduzem a cor vermelha na epiderme das maçãs (HAWERROTH et al., 2011; SCOLARO et al., 2015; AGLAR et al., 2016). Embora o emprego de etefom seja eficiente na antecipação da maturação e aumento da coloração vermelha dos frutos (STEFFENS et al., 2006; PESTEANU, 2017; DAR et al., 2019), o valor comercial do produto pode elevar demasiadamente os custos de produção, principalmente para pequenos produtores. Além disso, sua aplicação nos pomares reduz o potencial de armazenamento dos frutos (STEFFENS et al., 2005).

Outro problema encontrado nos pomares é a redução da coloração dos frutos em áreas cobertas com tela antigranizo. Devido à menor radiação incidente em função da barreira física imposta, principalmente por telas de coloração mais escura (AMARANTE et al., 2009), os frutos apresentam menor coloração vermelha, cor de fundo esverdeada e, por vezes, menor firmeza de polpa (SOLOMAKHIN & BLANKE, 2008; AMARANTE et al., 2011; ILIĆ & FALLIK, 2017). Esses fatores ocasionam dúvidas no momento da colheita, induzindo os colhedores a deixarem os frutos nas plantas devido ao aspecto de imaturidade (cor de fundo esverdeada e pouca coloração vermelha), os quais acabam sendo colhidos em estádios mais avançados de maturação, com menor firmeza de polpa e, conseqüentemente, menor potencial de armazenamento (AMARANTE et al., 2011). Aliado a isso, a menor coloração dos frutos produzidos nessas áreas também pode diminuir o valor de comercialização junto ao mercado consumidor.

Nos últimos anos, têm surgido no mercado uma gama de bioestimulantes promotores de coloração que apresentam efeito considerável sobre este atributo em maçãs (FENILI et al., 2018). Junto a eles, aplicações de fertilizantes com fósforo (P) e potássio (K) também têm se mostrado eficientes neste quesito (HUNSCHE et al., 2003; NAVA et al., 2008; ŠTAMPAR et al., 2015). Segundo Khalifa et al. (2009) e Kassem et al. (2016), aplicações foliares com boro (B) aumentam o teor de antocianinas e, conseqüentemente, a coloração vermelha dos frutos (WOJCIK et al., 2008). Aliado a isso, Sá et al. (2014) e Brackmann et al. (2016) relatam que pulverizações com B em macieiras tem o potencial de antecipar a maturação dos frutos.

No Brasil, são escassos os estudos com fertilização foliar em macieiras, principalmente quando se trata de micronutrientes. Além disso, como aplicações com B apresentam resposta positiva sobre o incremento de cor e na evolução da maturação dos frutos, a pulverização do

nutriente pode ser uma forma eficiente, barata e acessível, tanto pra nutrir, quanto para melhorar a qualidade e antecipar a colheita dos frutos, oferecendo assim, maior retorno econômico pela colheita antecipada, melhoria da qualidade e melhor aproveitamento da mão de obra local.

HIPÓTESES:

- 1- O aumento das concentrações e do número de pulverizações com boro, ao longo da fase final de crescimento dos frutos, antecipa a maturação dos frutos;
- 2- O emprego de B em pomares cobertos com tela antigranizo aumenta a coloração vermelha dos frutos;
- 3- A aplicação de B reduz a conservação dos frutos, independente do período de realização da colheita.

OBJETIVOS:

- 1- Avaliar a eficiência da aplicação foliar de ácido bórico na antecipação da maturação, coloração e sobre a qualidade de frutos durante a colheita e após armazenamento;
- 2- Determinar a concentração e o número de aplicações de ácido bórico necessários para antecipação da maturação e/ou melhorar a coloração em pomares cobertos com tela antigranizo;

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O boro (B) é um micronutriente essencial ao crescimento e desenvolvimento de plantas. Sua função está associada com a integridade da parede e das membranas celulares, ao transporte de açúcares, ao metabolismo fenólico e proteico, dentre outras funções envolvidas no processo biológico vegetal (KOBAYASHI et al., 1996; BROWN et al., 2002; AHMAD et al., 2009; DAR 2017).

Em plantas, os sintomas de deficiência de B geralmente aparecem pela inibição do crescimento meristemático apical, no qual as folhas ficam rígidas e quebradiças, apresentando necrose nas bordas (BROWN, et al., 2002; DAR, 2017). Nas pomáceas, a deficiência de B frequentemente está relacionada à diminuição da frutificação efetiva, já que o nutriente desempenha papel importante na germinação do grão de pólen e principalmente no crescimento do tubo polínico (NYOMORA et al., 2000). Os sintomas de deficiência nos frutos aparecem como regiões cortiçosas e escurecidas internamente, promovendo crescimento irregular e frutos deformados (NAGY et al., 2011).

A absorção de B pelas raízes ocorre na forma de $B(OH)_3$ e é realizada basicamente de forma passiva (AHMAD et al., 2012). Apenas em situações de baixa disponibilidade no solo, as raízes absorvem o B de forma ativa, através de transportadores *BORI* (MIWA e FUJIWARA, 2010). Quando absorvido, na maioria das espécies, o B é imóvel entre os tecidos da planta, e por ser transportado apenas via xilema, os sintomas de deficiência ocorrem nas zonas de crescimento meristemático. Em algumas espécies que produzem significativa quantidade de sorbitol, como a macieira e o pessegueiro, o B forma complexos com açúcares, do tipo poli-ol-B-poliol, possibilitando sua movimentação via floema para outros órgãos (BROWN e HU, 1996).

Na solução do solo, o B é frequentemente encontrado na forma de $B(OH)_3$. Por ser uma molécula sem carga, pode ser facilmente lixiviada pelo perfil do solo em condições de pH baixo e altas taxas pluviométricas. Por outro lado, em condições de maior pH, o nutriente pode ser encontrado na forma de $B(OH)_4^-$, apresentando comportamento semelhante aos cátions na adsorção pelos componentes do solo (SÁ e ERNANI, 2016). Além do pH, a disponibilidade deste nutriente está relacionada ao material de origem e textura do solo, às condições climáticas e ao teor de matéria orgânica (AHMAD et al., 2012).

Na cultura da macieira, principalmente em regiões de solos ácidos e com baixo teor de matéria orgânica (WOJCIK, 1998), a aplicação de B nos pomares, seja via solo ou foliar, é

amplamente utilizada. Em solos ácidos da Grécia, a fertilização com B, em áreas com ou sem calagem, não afetou as características agronômicas de macieiras e nem ocasionou desequilíbrios nutricionais nas plantas (PAPARNAKIS et al., 2013). Segundo Wojcik et al. (2003), o porta enxerto utilizado influencia no processo de absorção de B em macieiras. Contudo, dependendo da disponibilidade do nutriente no solo, porta enxertos como o M.9 podem resultar em sintomas mais tardios e menos severos de deficiência, já que este é eficiente na absorção do nutriente (WOJCIK et al., 2003).

Um dos principais objetivos da adubação com boro em pomáceas é aumentar a frutificação efetiva nesses pomares (WOJCIK et al., 1999; PERYEA, 2005). O B atua tanto na viabilidade do grão de pólen quanto no crescimento do tubo polínico, efetivando o processo de polinização e, conseqüentemente, aumentando a frutificação efetiva (NYOMORA et al., 1999). No sul do Brasil, a aplicação de B foliar ou via solo não foi eficiente em aumentar a frutificação efetiva de macieiras ‘Imperial Gala’ e ‘Fuji Suprema’ (SÁ et al., 2014). Segundo os autores, o alto teor de matéria orgânica nesses solos supre a demanda da planta pelo nutriente, não ocorrendo incremento na produção ou na qualidade dos frutos. Já na Polônia, aplicações foliares com B em pós-colheita de maçãs ‘Jonagold’ foram eficientes em aumentar a produtividade das macieiras cultivadas em solos com baixa disponibilidade do nutriente. Contudo, quando ureia é utilizada conjuntamente, as pulverizações com o nutriente são menos eficientes (WOJCIK, 2006).

Além do efeito na frutificação e no rendimento, tem sido mostrado que o uso de pulverizações com B algumas semanas antes da colheita dos frutos aumenta a intensidade da cor vermelha da epiderme e antecipa a maturação devido ao maior metabolismo dos mesmos (WOJCIK et al., 1999; KHALIFA et al., 2009; BRACKMANN et al., 2016), sendo este efeito variável entre as safras devido às condições climáticas (ERNANI et al., 2010). Além disso, apesar de antecipar a maturação, a aplicação de B via foliar não reduz a queda pré-colheita de maçãs ‘Honeycrisp’ (ARSENEAULT & CLINE, 2018).

Pulverizações com B feitas após a floração diminuíram o peso e a firmeza dos frutos, e aumentaram a susceptibilidade dos mesmos à incidência de distúrbios fisiológicos (WOJCIK et al., 1999). Peryea e Drake (1991) pulverizaram B durante o verão e não verificaram nenhum efeito do nutriente sobre a cor, sólidos solúveis, acidez e teor de amido das maçãs. Contudo, a aplicação de B em solos com baixa disponibilidade do nutriente aumentou o tamanho de frutos, coloração, sólidos solúveis e acidez titulável (WOJCIK et al., 2008). Sá et al. (2014) verificaram que a aplicação de B acelerou a degradação do amido e diminuiu a acidez titulável em maçãs

‘Imperial Gala’ e ‘Fuji Suprema’. Contudo, a pulverização com B aumentou o conteúdo de amido e açúcares durante o amadurecimento de maçãs (LU et al., 2013).

Baixas doses de ácido bórico, aplicadas em pré-colheita, resultaram em baixa qualidade de frutos, reduzindo consequentemente o armazenamento e aumentando a incidência de frutos com rachaduras e deformações (ASGHARZADE et al., 2012). Porém, quando aplicadas altas doses do nutriente, aumentou a ocorrência de pingo de mel, levando ao desenvolvimento de degenerescência de polpa durante o armazenamento (ASGHARZADE et al., 2012). GRANELLI et al. (1988) aplicaram B em pomares de macieira e constataram diminuição na incidência de “bitter pit” e melhorias na qualidade das frutas. O mesmo foi verificado no Egito, onde pulverizações foliares com B aumentaram a qualidade dos frutos e o estado nutricional das plantas (KHALIFA et al., 2009). Em maçãs ‘Galaxy’, BRACKMANN et al., (2016) verificaram antecipação da maturação, maior produção de etileno e maior taxa respiratória em função de aplicações com B em pré-colheita. Estes mesmos autores destacam menor potencial de armazenamento e maior incidência de degenerescência de polpa e polpa farinácea nestes frutos em função da aceleração no metabolismo.

Em pomares de pera, pulverizações com B, em pré-floração ou após a colheita, aumentaram a firmeza, a acidez, a produção e a capacidade de conservação dos frutos, e diminuíram a degenerescência da polpa (WOJCIK e WOJCIK, 2003). Xuan et al. (2005) aplicaram B na pré-colheita em pera e verificaram que após o armazenamento os frutos apresentavam coloração mais verde, firmes e com menor acidez, além de menor taxa de respiração e menor desenvolvimento de escurecimento de polpa em relação aos frutos não tratados.

Aplicações sucessivas com ácido bórico anteciparam a maturação e melhoraram a coloração de maçãs ‘Galaxy’ e ‘Pink Lady’ na medida em que foram aumentadas o número de pulverizações com o nutriente (SÁ, 2016). Neste mesmo estudo, a autora verificou aumento significativo na atividade da enzima ACC oxidase, concordando com os resultados de Brackmann et al. (2016), que encontraram aumento na produção de etileno em frutos submetidos a pulverizações com B. Por outro lado, Xuan et al. (2005) verificaram redução na produção de etileno em peras submetidas a aplicações com o nutriente.

CAPÍTULO 1 - MATURAÇÃO E QUALIDADE PÓS-ARMAZENAMENTO DE MAÇÃS 'IMPERIAL GALA' SUBMETIDAS A PULVERIZAÇÕES COM ÁCIDO BÓRICO EM PRÉ-COLHEITA

Resumo: A ampliação do período de colheita em maçãs é uma alternativa para obter melhor retorno econômico pela venda antecipada do fruto, otimizar a mão de obra disponível durante a atividade e aumentar o volume de frutos colhidos em estágio de maturação ideal para longos períodos de armazenamento. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de H_3BO_3 na antecipação da maturação de maçãs e o efeito deste procedimento sobre a qualidade pós-armazenamento. O estudo foi desenvolvido em pomar comercial, em Vacaria-RS, com macieiras 'Imperial Gala' submetidas a três e cinco pulverizações, a partir dos 70 DAPF, com as concentrações 0 (controle), 1,5; 3,0 e 4,5 g de $H_3BO_3 L^{-1}$, durante a pré-colheita dos frutos. Foi avaliada a qualidade dos frutos em dois períodos de colheita e após o armazenamento refrigerado mais sete dias sob temperatura ambiente. O aumento do número de pulverizações e das concentrações de H_3BO_3 resultou em frutos com maior concentração de boro, produção de etileno, degradação de amido, frutos menos firmes, com maior teor de sólidos solúveis e, conseqüentemente, mais maduros. Após o armazenamento, frutos da colheita antecipada apresentavam melhor qualidade para consumo em relação a frutos da segunda colheita que estavam com firmeza baixa e aspecto de sobre maturação. A realização de cinco pulverizações com 4,5 g de $H_3BO_3 L^{-1}$ foi eficiente em antecipar a maturação dos frutos em até sete dias quando comparados aos frutos controle. Contudo, por estes frutos apresentarem menor potencial de armazenamento, devem ser preferencialmente comercializados logo após a colheita.

Palavras-chave: *Malus domestica* Borkh, nutrição de plantas, boro, antecipação da colheita.

1.1 - INTRODUÇÃO

A produção de maçãs no Brasil é restrita a poucos locais que apresentam condições ambientais e climáticas adequadas para a cultura na região sul do país. Entre os meses de fevereiro a abril, são colhidos nestas áreas em torno de 1.300.943 toneladas do fruto (FAO, 2017), principalmente das cultivares Gala e Fuji. Estas cultivares representam, respectivamente,

aproximadamente 68 e 32% do total de frutos que entram anualmente nas empresas de embalagem e armazenagem (GONÇALVES et al., 2017).

Segundo Gonçalves et al. (2017), cerca de 70% dos frutos da cultivar Gala são colhidos em apenas quatro semanas, demandando de muitos trabalhadores para efetuar a colheita de toda a área no ponto de maturação adequado, de modo que não ocorram perdas pela queda dos frutos ou pelo avançado estágio de maturação. Para garantir a colheita no ponto adequado de maturação pode-se escalonar a atividade com a aplicação de reguladores de crescimento em determinados talhões nos pomares (WANG & DILLEY, 2001; STOVER et al., 2003; STEFFENS et al., 2006; HAWERROTH et al., 2011; SCOLARO et al., 2015).

Um destes reguladores é o etefom (ácido 2-cloroetilfosfônico), produto que após absorvido pelo tecido vegetal, se decompõe em etileno, desencadeando o processo de maturação dos frutos (DAR et al., 2019). Com a maturação antecipada pela aplicação de etefom, os frutos são colhidos e comercializados quando a oferta de maçãs ainda é baixa no mercado. Além disso, a aplicação deste produto melhora a coloração vermelha da epiderme, possibilitando a obtenção de melhores preços na comercialização dos frutos (PESTEANU, 2017). Por outro lado, se destinados para o armazenamento, estes frutos são mais propensos a apresentarem acelerada perda de qualidade (STEFFENS et al., 2005). Além disso, recentes estudos têm demonstrado que o etefom, por ser um composto organofosforado utilizado também como inseticida, pode ocasionar alterações degenerativas no fígado (BHADORIA et al., 2018). Segundo estes mesmos autores, a exposição durante a aplicação e até mesmo a ingestão na dieta diária de alimentos que receberam pulverizações com etefom pode resultar em risco de toxidez à saúde.

Como alternativa, a adubação diferenciada entre os pomares poderia auxiliar no escalonamento da colheita. Segundo Hunsche et al., (2003) e Nava et al. (2008), macieiras adubadas com altas doses de potássio (K), via solo, apresentam frutos de tamanho maior e com maturação antecipada. Já, Sá et al. (2014) e Brackmann et al. (2016), verificaram que aplicações foliares com boro (B), durante a pré-colheita de maçãs, são eficientes em antecipar a maturação dos frutos. Segundo Arslan (2016), o ácido bórico (H_3BO_3) é uma fonte barata e favorável ambientalmente para uso em sistemas orgânicos, ou mesmo, para o manejo integrado de pomares convencionais, sendo uma alternativa ecologicamente segura, tanto para o ambiente quanto para o consumidor. Além disso, embora ainda não tenha sido comprovada a essencialidade do B para humanos, o nutriente afeta positivamente mecanismos que envolvem o metabolismo mineral e dos carboidratos, consumo de energia, regulação de diversas enzimas

e o desenvolvimento embrionário (ULUISIK et al., 2018), podendo ser um alternativa interessante para aumentar a qualidade nutricional dos frutos na dieta alimentar.

O objetivo do estudo foi avaliar a eficiência do número de aplicações com diferentes concentrações de H_3BO_3 e da data de colheita sobre a maturação e qualidade após o armazenamento de maçãs ‘Imperial Gala’.

1.2 - MATERIAL E MÉTODOS

Descrição do local de estudo

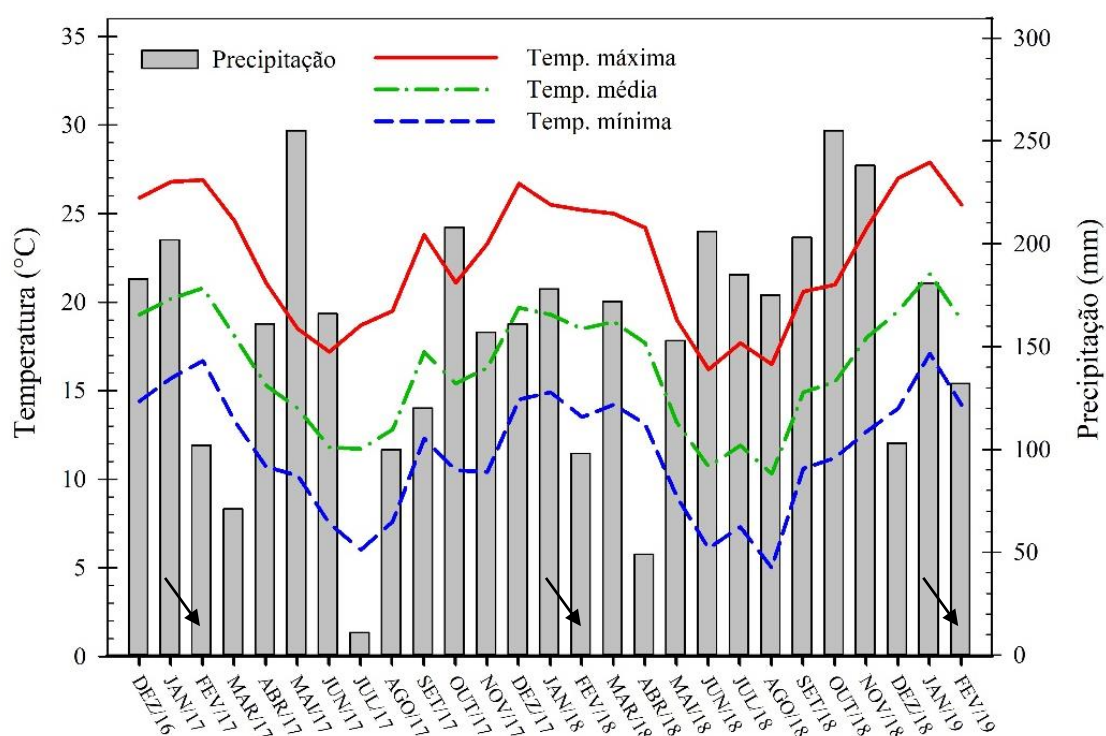
O estudo foi conduzido em pomar comercial, da empresa Frutival, localizado no município de Vacaria-RS (28°23’S e 50°51’W, a 971 m de altitude), durante as safras 2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019. Segundo Alvares et al. (2014), pela classificação de Köppen, o clima da região é classificado como mesotérmico úmido (Cfb), com temperatura e precipitação médias anuais, durante as três safras avaliadas, de 15,7 °C e 1788 mm. O solo predominante é Latossolo Bruno, com valores de matéria orgânica: 27 g dm^{-3} ; pH (H_2O): 5,7; Ca: 6,4 $cmol_c dm^{-3}$; Mg: 2,7 $cmol_c dm^{-3}$; K: 0,4 $cmol_c dm^{-3}$, P: 22,8 $mg dm^{-3}$ e B: 1,9 $mg dm^{-3}$. O pomar de macieiras ‘Imperial Gala’ foi implantado em 2002, sobre porta enxerto M.9, conduzido em líder central, em sistema de alta densidade (3800 plantas ha^{-1}). Durante os três anos de condução do estudo, o pomar ficou coberto com tela antigranizo de coloração preta, ocasionando aproximadamente 20% de sombreamento às plantas.

Tratamentos

Os tratamentos consistiram em três e cinco pulverizações nas concentrações 0 (controle); 1,5; 3,0 e 4,5 g L^{-1} de H_3BO_3 . As pulverizações foram realizadas com atomizador acoplado a um trator, na vazão de 1000 L ha^{-1} , iniciando em torno de 70 dias após a plena floração (DAPF). Após o início das aplicações, cada pulverização foi espaçada em torno de 15 dias quando realizadas 3 aplicações, e em 10 dias quando realizadas cinco aplicações, até a data de colheita dos frutos. Durante as safras 2016/2017 e 2018/2019, por equívoco da empresa que cedeu o pomar para o estudo, foi realizado em todo o pomar uma aplicação com

aminoetoxivinilglicina (AVG) na concentração de $62,8 \text{ mg L}^{-1}$, cerca de 30 dias antecedendo a colheita. AVG é um inibidor da síntese do etileno e é comumente utilizado em pomares de macieiras para estender o período de colheita devido a inibição do amadurecimento dos frutos. Durante a safra 2017/2018, foram realizadas apenas aplicações com as concentrações de H_3BO_3 anteriormente mencionadas.

Figura 1. Precipitação e temperatura média, máxima e mínima durante as safras 2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019, em Vacaria, RS. As setas indicam o mês das colheitas.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/uva-e-vinho/dados-meteorologicos/vacaria>. Acesso em: 12 mar. 2019.

Determinação de clorofilas

Cerca de uma semana após a última aplicação dos tratamentos, em meados do mês de janeiro, durante a safra 2017/2018, foi realizada a coleta de folhas para a determinação dos pigmentos fotossintetizantes. Foram feitas quatro repetições, com 20 folhas saudáveis, completamente expandidas, coletadas em ramos do ano na porção mediana do dossel. Com auxílio de um medidor portátil de clorofilas SPAD-502 foi determinado o índice SPAD. O teor de clorofilas totais foi determinado e calculado segundo metodologia proposta por Wellburn

(1994), utilizando dimetilsulfóxido (DMSO), saturado com CaCO₂, como extrator. Clorofila total (Chl total) foi determinada nos comprimentos de 649 e 665 nm, e calculada pela seguinte fórmula:

$$Chl\ a + b\ (\mu g\ cm^{-2}) = (21,44 \times Abs_{649}) + (5,97 \times Abs_{665})$$

Colheita dos frutos e condições de armazenamento

Para cada colheita foram selecionadas, aleatoriamente, dezesseis plantas das quais foram colhidos todos os frutos da porção mediana do dossel. A primeira colheita (colheita 1) foi realizada, durante as três safras, em torno de 130 DAPF, consistindo na colheita antecipada. Já a segunda colheita (colheita 2) foi realizada em torno de sete dias após a colheita 1, sendo feita junto com a colheita comercial realizada pela empresa que cedeu o pomar para o estudo.

Tabela 1. Data de realização da colheita antecipada e comercial nas três safras de condução do estudo.

Safra	Data de colheita	
	Colheita 1 - (antecipada)	Colheita 2 - (comercial)
2016/2017	14/02/2017	21/02/2017
2017/2018	07/02/2018	15/02/2018
2018/2019	08/02/2019	15/02/2019

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Os frutos colhidos foram homogeneizados por sanidade e tamanho, retirando aqueles que apresentavam lesões, podridões e frutos muito pequenos ou muito grandes que não representavam a amostra. Com os frutos uteis foram feitas, aleatoriamente, oito repetições com 20 frutos cada. Quatro destas repetições foram submetidas à avaliação imediata, enquanto que as repetições restantes foram encaminhadas para armazenamento, em atmosfera refrigerada (0,5 °C ± 0,3 e UR > 90%), durante quatro meses, para frutos da safra 2016/2017, e durante três meses para frutos das safras 2017/2018 e 2018/2019. Após a retirada do armazenamento, os frutos permaneceram por mais sete dias em condição ambiente (21 °C ± 3), simulando a vida de prateleira dos frutos, para posterior avaliação da qualidade.

Avaliações da fisiologia e de qualidade dos frutos

Os frutos foram avaliados quanto à massa, produção de etileno, taxa respiratória, firmeza de polpa, índice iodo-amido, sólidos solúveis e acidez titulável. A massa dos frutos foi obtida pela massa média de cada repetição, no momento de cada colheita, e também após a retirada dos frutos do armazenamento, possibilitando calcular a perda de massa durante este período pela seguinte fórmula:

$$\text{Perda de massa (\%)} = 100 - \left[\frac{\text{Massa após o armazenamento} \times 100}{\text{Massa antes do armazenamento}} \right]$$

As taxas respiratória e de produção de etileno (C₂H₄) foram quantificadas pela retirada de uma alíquota de gás de recipientes plásticos, com volume de 4,1 L, fechados hermeticamente com 10 frutos de massa conhecida no seu interior. Com o auxílio de seringas foi retirado 1,0 mL de cada recipientes, em triplicata, através de um septo de borracha. As amostras foram injetadas em cromatógrafo a gás, modelo CP-3800 (Varian, EUA), equipado com coluna Poropak N de 3 m de comprimento (80-100 mesh), metanador e detector de ionização de chama. Com base na concentração de CO₂ e C₂H₄, no volume do espaço livre, na massa de frutos e no tempo de fechamento, foi calculada a respiração e a produção de etileno, sendo os valores expressos mmol de CO₂ kg⁻¹h⁻¹ e pmol de C₂H₄ kg⁻¹h⁻¹, respectivamente. A firmeza de polpa (N) foi determinada com o auxílio de penetrômetro automático (GÜSS Manufacturing Ltda. 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 epiderme. 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 indicava o teor máximo de amido e o índice 5 representava o amido totalmente hidrolisado. Os valores de AT (% de ácido málico) foram obtidos por meio de uma amostra de 5,0 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 o titulador automático TitroLine easy (Schott Instruments, Mainz, Rheinland-Pfalz, Alemanha). Os teores de sólidos solúveis (SS - °Brix) foram determinados por meio de uma alíquota de suco obtida pelo processamento dos frutos, em refratômetro digital, modelo PR201α (Atago, Tóquio, Japão). O índice Streif foi obtido pela combinação entre firmeza de polpa (kg cm⁻²), índice iodo-amido (1-5) e teor de sólidos solúveis (°Brix) dos frutos, e calculado segundo Musacchi & Serra, (2018), pela seguinte fórmula:

$$\text{Índice Streif} = \frac{\text{Firmeza de polpa (kg cm}^{-2}\text{)}}{\text{Sólidos solúveis (°Brix) x (Índice iodo amido x 2)}}$$

A cor de fundo, obtida após o armazenamento, foi determinada pela média do valor h° dos frutos utilizando colorímetro digital (Minolta CR-400), na região menos colorida. Nesta avaliação, valores de h° próximos a 90 correspondem a frutos mais amarelados.

Determinação do boro

Para a determinação de boro (B) foram utilizadas folhas saudáveis, completamente expandidas, de ramos do ano na porção mediana do dossel, coletadas na terceira semana de janeiro da safra 2017/2018. Os frutos utilizados foram oriundos da primeira colheita das safras 2016/2017 e 2017/2018. Para compor a amostra foram utilizadas 20 folhas e 10 frutos por repetição, os quais foram lavados com água destilada antes do preparo. Os frutos foram cortados na região equatorial, salvando apenas a porção pistilar da qual foi coletada a epiderme e aproximadamente 5 mm da polpa logo abaixo da epiderme como sugerido por Miqueloto et al. (2011). As folhas e as porções coletadas dos frutos foram secas até peso constante em estufa de ar forçado a 60 °C. Aproximadamente 0,5 g do material pulverizado foi digerido em ácido nítrico (HNO₃) e peróxido de hidrogênio (H₂O₂) em forno micro-ondas (Multiwave 3000, Anton Paar). O B foi determinado em ICP-OES (Optima 8300, PerkinElmer) e os resultados foram expressos em mg kg⁻¹ de massa seca.

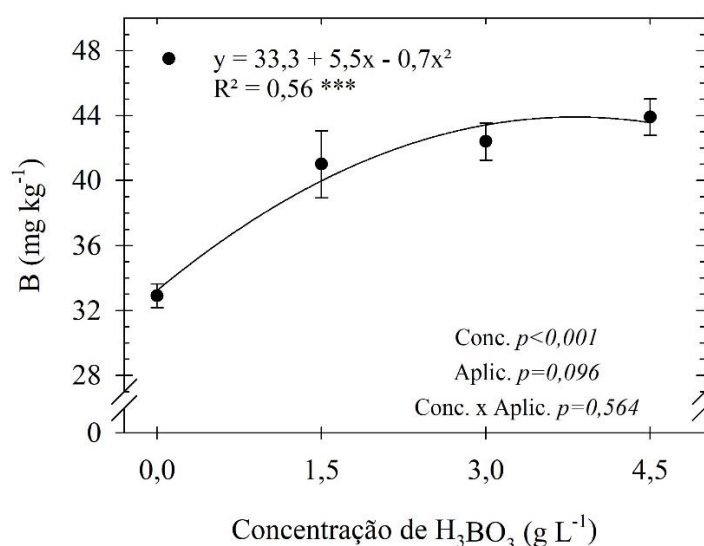
Delineamento e análise estatística

O delineamento experimental foi em parcelas subdivididas, onde as concentrações e o número de aplicações caracterizaram a parcela principal e a subparcela, respectivamente. A análise de variância (ANOVA) foi feita para cada variável. Os valores médios das quatro repetições de cada amostra foram comparados por contrastes ortogonais quando avaliadas as concentrações, e pelo teste F (p<0,05) quando avaliado o número de aplicações. Os teores de boro e o índice Streif foram analisados por regressão.

1.3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de H_3BO_3 , na pré-colheita de macieiras, aumentou os teores de B nas folhas (Figura 2). O teor do nutriente aumentou exponencialmente, em torno de 11 mg para a maior concentração aplicada ($4,5 \text{ g L}^{-1}$) em relação às folhas das plantas controle. Não houve interação entre concentrações e número de aplicações e nem diferença nos teores de B quando realizadas três ou cinco pulverizações.

Figura 2. Teor de boro em folhas de macieiras 'Imperial Gala' submetidas a aplicações com diferentes concentrações de H_3BO_3 . Valores médios de três e cinco aplicações. Safra 2017/2018. (Barras verticais = erro padrão).



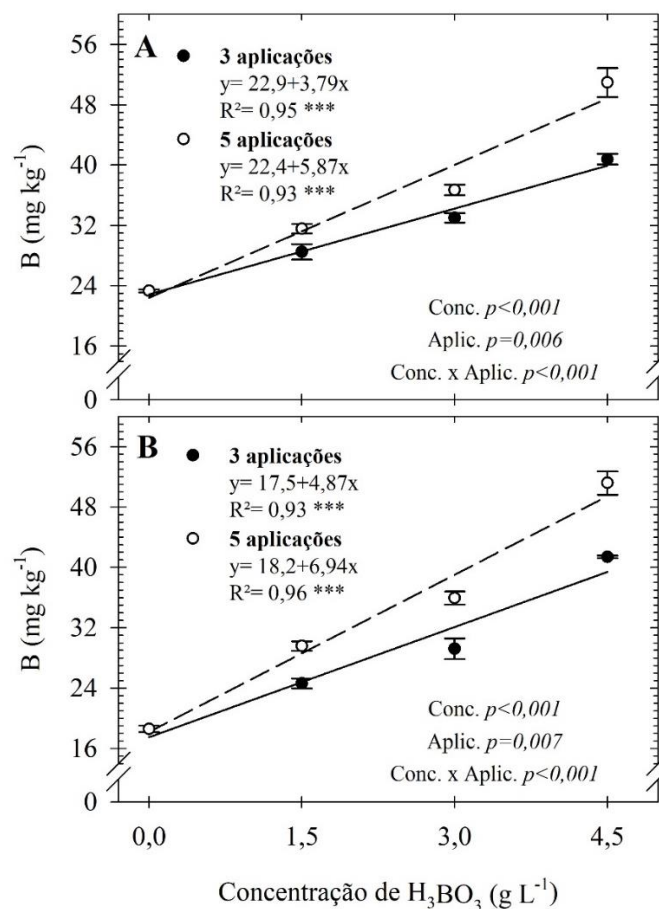
Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Os valores foliares de B encontrados neste estudo estão de acordo com o que é sugerido como teor normal pela CQFS-RS/SC (2016), a qual recomenda teores do nutriente entre 30 e 50 mg kg^{-1} nas folhas de macieiras. Isso mostra que, mesmo com cinco aplicações sequenciais na concentração de $4,5 \text{ g L}^{-1}$, ainda não foi atingido o limite superior para classificar os teores como alto nas folhas, não ocorrendo risco de alguma possível toxidez ou desequilíbrio nutricional por causa da aplicação do nutriente. É interessante também observar que o valor de B no solo do nosso estudo é alto, em torno de $1,9 \text{ mg dm}^{-3}$, o qual não apresentaria limitação do nutriente para as plantas. Em estudo conduzido sobre um Cambissolo húmico, Sá et al. (2014), conseguiram alcançar esses valores no solo aplicando $5,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de B, e mesmo assim,

não atingiram o nível de suficiência (30 mg kg^{-1}) do nutriente nas folhas de macieiras ‘Imperial Gala’.

O teor médio de B nos frutos, entre as safras 2016/2017 e 2017/2018, aumentou linearmente com a elevação das concentrações e com o maior número de aplicações de H_3BO_3 , evidenciado que a absorção do nutriente foi efetiva através das pulverizações realizadas (Figura 3). Na epiderme, os valores de B foram 1,8 e 2,2 vezes maiores quando realizadas três e cinco aplicações, respectivamente, da maior concentração ($4,5 \text{ g L}^{-1}$). Já na polpa, esta mesma concentração resultou em 2,2 e 2,8 vezes mais B em relação aos frutos de plantas que não receberam nenhuma pulverização (Figura 3).

Figura 3. Teor de boro na epiderme (A) e na polpa (B), na porção pistilar de maçãs 'Imperial Gala' submetidas a três e cinco aplicações com diferentes concentrações de H_3BO_3 . Valores médios das safras 2016/2017 e 2017/2018. (Barras verticais = erro padrão).



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Este aumento no teor de nutrientes, tanto nas folhas quanto nos frutos, também foi relatado por Peryea & Drake (1991); Wójcik et al. (1999); Asgharzade et al. (2012) e Sá et al. (2014) quando realizadas aplicações foliares de H_3BO_3 após o florescimento de macieiras. Contudo, percebe-se neste estudo que o aumento do teor de B não é similar entre folhas e frutos, pois a partir da concentração de $1,5 \text{ g L}^{-1}$ o aumento do nutriente em função das concentrações aplicadas é abrandado nas folhas, fato que não ocorre nos frutos. Nos frutos, o aumento de B é linear até a maior concentração aplicada, apresentando maior teor do nutriente na polpa do que na epiderme. Esse comportamento sugere que o maior teor de B presente nesta porção chega até a polpa através do floema, fato também constatado por Peryea & Drake (1991). Segundo Picchioni et al. (1995), aproximadamente 16% do B que é aplicado sobre os ramos é exportado para os frutos de macieiras, em função da formação de complexos B-sorbitol que facilitam a mobilidade deste nutriente via floema (BROWN & HU, 1996), evidenciando que a absorção pelas folhas é uma fonte importante no suprimento de B para os frutos quando realizadas aplicações foliares (WÓJCIK, 1998).

O teor de clorofilas totais nas folhas das macieiras não foi alterado pelas aplicações de H_3BO_3 durante a safra 2017/2018. Contudo, em comparação com as plantas do tratamento controle, os valores do índice Spad aumentaram em torno de 2,9% quando foi realizada a aplicação da concentração de $4,5 \text{ g L}^{-1}$, mostrando de forma indireta que existe incremento de clorofila com a aplicação do fertilizante (Tabela 2).

Tabela 2. Teor de clorofilas totais e índice SPAD em folhas de macieiras ‘Imperial Gala’ submetidas a três e cinco pulverizações com diferentes concentrações de H_3BO_3 , durante a safra 2017/2018.

Concentração de H_3BO_3 (g L^{-1})	Clorofilas totais ($\mu\text{g cm}^{-2}$)		MÉDIA	Índice SPAD		MÉDIA
	3 aplicações	5 aplicações		3 aplicações	5 aplicações	
0	9,2		9,2	48,8		48,8
1,5	9,4	10,7	10,1	48,1	49,2	48,6
3,0	9,4	10,6	10,0	49,9	49,8	49,9
4,5	9,3	10,4	9,9	48,9	51,6	50,2
Média	9,3 A	10,2 A		48,9 B	49,8 A	
Linear	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	*	*
Quadrática	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
C.V. (%)	7,5	10,4	10,3	2,8	3,4	3,2

Contrastes ortogonais polinomiais para efeitos de doses em cada nível de número de aplicações: (ns) não significativo e (*, **, ***) significativo a 5, 1 e 0,1%.

Letras iguais, dentro de cada colheita, não diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações ($p < 0,05$) pelo teste F.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Segundo Amarante et al. (2008), os valores do índice Spad apresentam alta correlação com o teor de clorofilas totais nas folhas de macieiras, sendo um método seguro para quantificação rápida do pigmento. Embora no nosso estudo não tenha sido encontrado diferença nos teores de clorofila, percebe-se que os valores entre o pigmento e o índice apresentam comportamento semelhante nas concentrações e no número de aplicações. Esta ausência de resposta estatística para clorofilas pode ser resultado do maior coeficiente de variação, além de que, a variável é mais propensa a erros analíticos. O aumento no teor de clorofilas também foi reportado por Kassem et al. (2016) e Wojcik et al. (2008) em macieiras ‘Anna’ e ‘Jonagold’ fertilizadas com boro.

1.3.1 - Qualidade na colheita dos frutos

Tabela 3. Valores de probabilidade (p) para concentrações (C), número de aplicações realizadas (A) e interação entre concentrações e número de aplicações (C x A) para as variáveis de qualidade em maçãs ‘Imperial Gala’, para dois períodos de colheita em diferentes safras.

Variável	Colheita 1			Colheita 2		
	Concentração (C)	Aplic. (A)	C x A	Concentração (C)	Aplic. (A)	C x A
	<i>2016/2017</i>					
Massa média	0,411	0,128	0,746	0,001	0,754	0,915
Produção de etileno	0,011	0,436	0,282	< 0,001	0,015	0,022
Taxa respiratória	0,033	0,402	0,625	0,085	0,037	0,586
Firmeza de polpa	0,001	0,041	0,041	< 0,001	0,001	0,140
Iodo-amido	0,030	0,145	0,043	< 0,001	0,046	0,471
Sólidos solúveis (SS)	< 0,001	0,877	0,664	< 0,001	0,040	0,575
Acidez titulável (AT)	0,112	0,788	0,181	0,691	0,147	0,295
	<i>2017/2018</i>					
Massa média	< 0,001	0,831	0,578	< 0,001	0,081	0,166
Produção de etileno	< 0,001	0,034	0,041	< 0,001	0,006	0,342
Taxa respiratória	0,002	0,989	0,040	< 0,001	0,070	0,093
Firmeza de polpa	0,687	0,006	0,004	0,016	0,332	0,308
Iodo-amido	< 0,001	< 0,001	0,020	< 0,001	0,239	0,063
Sólidos solúveis (SS)	0,003	0,023	0,645	0,043	0,271	0,165
Acidez titulável (AT)	0,318	0,166	0,572	< 0,001	0,054	0,290
	<i>2018/2019</i>					
Massa média	0,008	0,025	0,170	0,450	0,213	0,205
Produção de etileno	< 0,001	0,062	0,313	< 0,001	0,023	< 0,001
Taxa respiratória	0,021	0,866	< 0,001	0,023	0,978	< 0,001
Firmeza de polpa	0,008	0,569	0,001	< 0,001	0,017	< 0,001
Iodo-amido	0,001	0,027	0,011	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Sólidos solúveis (SS)	< 0,001	0,053	0,001	< 0,001	0,001	< 0,001
Acidez titulável (AT)	< 0,001	0,651	< 0,001	< 0,001	0,001	< 0,001

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

A massa média dos frutos variou entre as colheitas e safras em função da aplicação de H_3BO_3 (Tabela 4). Para este atributo, não ocorreu interação entre concentrações e número de aplicações em nenhuma das colheitas dentro de cada safra avaliada (Tabela 3).

Tabela 4. Massa média de maçãs ‘Imperial Gala’ submetidas a três e cinco pulverizações com diferentes concentrações de H_3BO_3 , durante três safras de produção.

Concentração de H_3BO_3 (g L ⁻¹)	Massa de frutos (g)					
	Colheita 1		MÉDIA	Colheita 2		MÉDIA
	3 aplicações	5 aplicações		3 aplicações	5 aplicações	
<i>2016/2017</i>						
0	120,9		120,9	128,7		128,7
1,5	124,8	125,8	125,3	133,5	134,0	133,8
3,0	126,2	125,2	125,7	140,0	138,9	139,4
4,5	129,8	123,4	126,6	142,8	146,0	144,4
Média	125,4 A	123,8 A		136,2 A	136,9 A	
Linear	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	**	**	***
Quadrática	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
C.V. (%)	5,2	5,5	5,3	5,6	6,5	6,0
<i>2017/2018</i>						
0	96,6		96,6	110,7		110,7
1,5	98,7	97,2	97,9	115,7	107,0	111,4
3,0	97,1	96,0	96,6	102,1	97,1	99,6
4,5	108,4	110,1	109,3	109,5	111,6	110,6
Média	100,2 A	100,0 A		109,5 A	106,6 A	
Linear	***	***	***	*	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Quadrática	**	***	***	<i>ns</i>	*	**
C.V. (%)	5,7	6,8	6,2	6,0	7,4	6,8
<i>2018/2019</i>						
0	116,3		116,3	126,6		126,6
1,5	131,4	119,3	125,3	130,9	127,5	129,2
3,0	127,7	121,8	124,7	131,9	127,4	129,6
4,5	126,4	123,9	125,1	126,4	129,9	128,1
Média	125,4 A	120,3 B		128,9 A	127,8 A	
Linear	*	<i>ns</i>	**	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Quadrática	**	<i>ns</i>	*	*	<i>ns</i>	<i>ns</i>
C.V. (%)	5,5	5,2	5,7	3,8	4,2	3,9

Contrastes ortogonais polinomiais para efeitos de doses em cada nível de número de aplicações: (ns) não significativo e (*, **, ***) significativo a 5, 1 e 0,1%.

Letras iguais, dentro de cada colheita, não diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações ($p < 0,05$) pelo teste F.

Todos os tratamentos nas safras 2016/2017 e 2018/2019 receberam aplicação com AVG (62,5 mg L⁻¹).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Na safra 2016/2017, o aumento das concentrações de H_3BO_3 resultaram em aumento da massa dos frutos apenas na colheita 2, apresentando um ganho médio de 15,7 g por fruto quando realizadas aplicações com a maior concentração (4,5 g L⁻¹) em relação aos frutos que não receberam pulverizações com o fertilizante (Tabela 4). Na safra 2017/2018, os frutos da colheita

1 que receberam aplicações com $4,5 \text{ g L}^{-1}$ de H_3BO_3 apresentaram ganho médio de 12,7 g por fruto. Na safra 2018/2019, os frutos colhidos antecipadamente, durante a colheita 1, mostraram aumento na massa de frutos. A aplicação de H_3BO_3 nesta colheita, resultou em 8,7 g a mais por fruto em relação aos frutos controle. Nesta mesma colheita, na média das concentrações, a realização de três pulverizações foi mais efetiva no ganho de massa, resultando em torno de 5,1 g a mais por fruto em relação a maçãs que receberam cinco pulverizações (Tabela 4).

Este aumento na massa fresca, cerca de 12,4 g na média das três safras, provavelmente é devido ao maior conteúdo de água nos frutos que receberam pulverizações com H_3BO_3 . O B apresenta impacto positivo na absorção, transporte e na transpiração de água pelas plantas (WIMMER & EICHERT, 2013). Além disso, maçãs tratadas com B em pré-colheita apresentam aumento na produção de etileno (BRACKMANN et al., 2016). O etileno regula a expressão de enzimas como a expansina (IRELAND et al., 2014), responsável pela maior extensibilidade da parede celular (LI et al., 2003), fator que permitiria alocação de maior conteúdo de água nestas células e, conseqüentemente, maior massa dos frutos.

Contudo, Asgharzade et al. (2012) verificaram aumento de 3,1% na massa seca em maçãs 'Sheikh Amir' que receberam pulverizações de H_3BO_3 em pré-colheita. Mirtilos tratados via foliar com B também apresentaram aumento da massa fresca e seca dos frutos, porém sem apresentar diferenças no conteúdo de água dos mesmos (MERIÑO-GERGICHEVICH et al., 2016). Segundo Wójcik et al. (2008), a fertilização de macieiras com B resulta em aumento da taxa fotossintética em função da maior concentração de clorofilas nas folhas (PAPARNAKIS et al., 2013), ocasionando maior alocação de carboidratos para os tecidos dos frutos e, conseqüentemente, aumentando a massa dos mesmos.

Por outro lado, através dos valores médios de massa dos frutos tratados com H_3BO_3 pode-se obter informações importantes a nível do produtor. Geralmente existe resistência destes sobre a prática da antecipação da colheita em função do menor calibre dos frutos neste período, o que conseqüentemente resultaria em menor lucro sobre a produção. No entanto, pode-se observar que frutos tratados com $4,5 \text{ g L}^{-1}$ de H_3BO_3 e colhidos antecipadamente (colheita 1), durante as três safras avaliadas, apresentam a mesma massa de frutos que não foram tratados com o fertilizante e que foram colhidos no período comercial (colheita 2). Desta forma, a antecipação da maturação de maçãs com H_3BO_3 não resultaria em perdas de produção.

Em duas das três safras avaliadas, a produção de etileno pelos frutos aumentou linearmente com as aplicações de H_3BO_3 (Tabela 5). Exceção ocorreu na colheita 2 da safra

2018, na qual surpreendentemente a taxa de produção de etileno foi menor na maior concentração aplicada do produto. Durante a safra 2016/2017, a produção de etileno pelos frutos da colheita 1, que receberam pulverizações com a maior concentração de H_3BO_3 ($4,5 \text{ g L}^{-1}$), foi duas vezes maior em relação aos frutos controle. Na colheita 2, houve interação entre concentrações e número de aplicações (Tabela 3). Nesta colheita, a maior concentração aplicada resultou em 3,4 e 5,1 vezes mais etileno liberado pelos frutos quando realizadas três e cinco aplicações, respectivamente. A realização de cinco pulverizações ocasionou 21% de aumento na produção de etileno em comparação a apenas três aplicações nesta colheita (Tabela 5).

Tabela 5. Produção de etileno em maçãs ‘Imperial Gala’ submetidas a três e cinco pulverizações com diferentes concentrações de H_3BO_3 , durante três safras de produção.

Concentração de H_3BO_3 (g L^{-1})	Produção de etileno ($\text{pMol kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$)					
	Colheita 1		MÉDIA	Colheita 2		MÉDIA
	3 aplicações	5 aplicações		3 aplicações	5 aplicações	
	<i>2016/2017</i>					
0	6,0		6,0	9,6		9,6
1,5	9,4	6,8	8,1	17,3	21,9	19,6
3,0	8,3	13,3	10,8	32,3	31,2	31,8
4,5	12,2	13,4	12,8	33,0	49,1	41,0
Média	9,0 A	9,9 A		23,0 B	27,9 A	
Linear	ns	**	**	***	***	***
Quadrática	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	61,1	49,3	54,3	48,5	55,9	53,3
	<i>2017/2018</i>					
0	19,2		19,2	680,9		680,9
1,5	21,4	21,6	21,5	518,6	409,9	464,2
3,0	23,8	28,7	26,2	192,8	68,3	130,5
4,5	33,1	53,6	43,3	44,5	52,4	48,5
Média	24,4 B	30,7 A		359,2 A	302,9 B	
Linear	**	***	***	***	***	***
Quadrática	ns	*	*	ns	*	ns
C.V. (%)	27,7	52,2	45,5	75,5	92,6	82,4
	<i>2018/2019</i>					
0	2,5		2,5	7,2		7,2
1,5	13,9	26,1	20,0	14,8	27,4	21,1
3,0	15,3	19,8	17,6	18,8	28,4	23,5
4,5	26,1	42,5	34,3	16,2	60,6	38,4
Média	14,5 A	22,7 A		14,2 B	30,9 A	
Linear	*	***	***	*	***	***
Quadrática	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	86,5	74,2	81,7	47,0	70,0	79,3

Contrastes ortogonais polinomiais para efeitos de doses em cada nível de número de aplicações: (ns) não significativo e (*, **, ***) significativo a 5, 1 e 0,1%.

Letras iguais, dentro de cada colheita, não diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações ($p < 0,05$) pelo teste F.

Todos os tratamentos nas safras 2016/2017 e 2018/2019 receberam aplicação com AVG ($62,5 \text{ mg L}^{-1}$).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Na safra 2017/2018, não foi realizada aplicação com AVG juntamente com as concentrações de H_3BO_3 , resultando em maiores valores de produção de etileno em ambas as colheitas. Nesta safra, frutos da colheita 1 mostraram interação entre concentração e número de aplicações (Tabela 3). A realização de três e cinco pulverizações resultou em 1,7 e 2,8 vezes mais etileno em comparação a frutos controle (Tabela 5). Além disso, cinco pulverizações resultaram em aumento de 26% na produção do fitormônio em relação a apenas 3 três pulverizações. Na colheita 2, a produção de etileno foi 12 vezes mais alta em relação à primeira colheita e o comportamento em função das concentrações aplicadas foi completamente inverso. Nesta colheita, a aplicação da maior concentração de H_3BO_3 ($4,5 \text{ g L}^{-1}$) mostrou decréscimo de 14 vezes na produção do fitormônio (Tabela 5).

Este resultado inesperado, durante a safra 2017/2018, pode ser efeito da aceleração do metabolismo e do amadurecimento dos frutos em função do B (BRACKMANN et al., 2016), aliado ao comportamento do próprio hormônio etileno durante o processo de amadurecimento em frutos climatéricos. Frutos climatéricos, no momento da maturação, apresentam aumento acentuado na taxa respiratória, simultaneamente ou logo em seguida ao pico de produção do etileno (PAUL et al., 2012). Após atingir o climatério, os frutos entram em senescência, onde a produção de etileno tende a diminuir (PAUL et al., 2012). Desta forma, os frutos que receberam as maiores concentrações de H_3BO_3 e apresentavam estágio avançado de maturação possivelmente já estavam iniciando o processo de senescência, explicando o decréscimo na produção do fitormônio nesta colheita.

Na safra 2018/2019, onde novamente todos os tratamentos receberam aplicação com AVG, os frutos da colheita 1 pulverizados com $4,5 \text{ g L}^{-1}$ de H_3BO_3 apresentaram produção de etileno 13,7 vezes maior em relação a frutos não tratados (Tabela 5). Já na colheita 2, concentrações e número de aplicações mostraram interação na produção do fitormônio. Nesta colheita, três e cinco aplicações da maior concentração ($4,5 \text{ g L}^{-1}$) resultaram em 2,3 e 8,4 vezes maior produção de etileno em relação aos frutos controle. Além disso, o aumento do número de aplicações também resultou em aumento na produção de etileno. Frutos tratados com cinco pulverizações de H_3BO_3 apresentaram 2,2 vezes mais etileno que os frutos que receberam apenas três aplicações (Tabela 5).

Pulverizações contendo B em sua formulação, durante a pré-colheita de fruteiras, têm apresentado respostas bastante controversas na literatura. Segundo Brackmann et al. (2016), quatro pulverizações com 260 mg L^{-1} de B aumentaram acentuadamente a produção de etileno em maçãs 'Galaxy'. Já Arseneault & Cline (2018), não verificaram mudanças na produção do

fitormônio após três aplicações contendo 200 mg L^{-1} de B em maçãs ‘Honeycrisp’. Por outro lado, Xuan et al. (2005) mostram que a aplicação de 250 mg L^{-1} de borato de sódio em peras ‘Conference’ foi eficiente em diminuir a produção de etileno e aumentar a vida pós-colheita dos frutos. Em maçãs ‘Pink Lady’, Nunes (2016) verificou que o aumento no número de pulverizações com H_3BO_3 resultou em maior atividade da enzima ACC oxidase e, conseqüentemente, em aumento da produção de etileno pelos frutos. Os mecanismos pelos quais o B atua acelerando a maturação ainda não foram elucidados, porém, segundo a autora, o B é precursor do ascorbato, que vem a ser cofator para a atividade da enzima ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico oxidase (ACC oxidase), responsável pela produção de etileno.

Conforme os dados apresentados em nosso trabalho, o B possivelmente não atua apenas sobre a enzima ACC oxidase como foi sugerido pela autora supracitada, mas sim, em etapas anteriores durante a biossíntese do fitormônio. Em duas das safras realizadas, no presente estudo, todos os frutos receberam aplicação com AVG, um conhecido inibidor da síntese do etileno que atua impedindo a conversão de S-adenosilmetionina (SAM) em ACC (STEFFENS et al., 2006; WHALE et al., 2008; ARSENEAULT & CLINE, 2018). Contudo, mesmo com a aplicação deste produto, os frutos que foram tratados com B apresentaram retomada da produção de etileno, mostrando que o nutriente pode estar atuando em etapas anteriores à oxidação do ACC. Segundo Dar (2017), o B pode estar envolvido na formação de metionina, aminoácido precursor etileno.

A taxa respiratória variou conforme as safras e não mostrou um comportamento padrão em função das concentrações de H_3BO_3 aplicadas (Tabela 6). Em nenhuma das colheitas, durante as três safras de avaliação, houve diferença na respiração dos frutos entre três e cinco pulverizações. Durante a safra 2016/2017, não houve interação entre concentrações e número de aplicações (Tabela 3). Na colheita 1, a aplicação de concentrações menores de H_3BO_3 ($1,5$ e $3,0 \text{ g L}^{-1}$) resultaram em diminuição da respiração, a qual voltou a subir com a aplicação de $4,5 \text{ g L}^{-1}$ do fertilizante (Tabela 6). Já na colheita 2, o aumento das concentrações do nutriente resultou em diminuição da taxa respiratória dos frutos. Este comportamento também foi relatado em peras ‘Conference’ que receberam pulverizações com B em pré-colheita (XUAN et al., 2005). Segundo os autores, a maior estabilidade e eficiência da membrana celular em função do B aplicado resulta em menor consumo de energia para o reparo celular, o que conseqüentemente diminuiria a emissão de CO_2 pelos frutos.

Tabela 6. Taxa respiratória (emissão de CO₂) em maçãs ‘Imperial Gala’ submetidas a três e cinco pulverizações com diferentes concentrações de H₃BO₃, durante três safras de produção.

Concentração de H ₃ BO ₃ (g L ⁻¹)	Taxa respiratória (mMol kg ⁻¹ h ⁻¹)					
	Colheita 1		MÉDIA	Colheita 2		MÉDIA
	3 aplicações	5 aplicações		3 aplicações	5 aplicações	
<i>2016/2017</i>						
0	0,18		0,18	0,11		0,11
1,5	0,15	0,17	0,16	0,12	0,12	0,12
3,0	0,15	0,15	0,15	0,11	0,10	0,10
4,5	0,18	0,18	0,18	0,11	0,09	0,10
Média	0,16 A	0,17 A		0,11 A	0,11 A	
Linear	ns	ns	ns	ns	*	*
Quadrática	ns	*	**	ns	ns	ns
C.V. (%)	14,7	10,3	12,5	24,2	21,7	22,8
<i>2017/2018</i>						
0	1,08		1,08	0,45		0,45
1,5	1,71	1,37	1,54	0,47	1,00	0,74
3,0	1,40	1,47	1,43	0,72	0,85	0,79
4,5	1,22	1,50	1,36	0,94	1,19	1,06
Média	1,35 A	1,36 A		0,65 A	0,87 A	
Linear	ns	*	*	***	**	***
Quadrática	**	ns	**	ns	ns	ns
C.V. (%)	21,9	18,2	19,8	36,4	40,3	41,6
<i>2018/2019</i>						
0	1,38		1,38	1,04		1,04
1,5	2,17	1,33	1,75	0,90	1,31	1,10
3,0	1,05	2,65	1,85	1,37	0,85	1,11
4,5	1,99	1,27	1,63	0,36	0,98	0,92
Média	1,65 A	1,65 A		1,04 A	1,04 A	
Linear	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	***	**	*	ns	**
C.V. (%)	31,9	38,4	34,8	23,3	19,1	21,0

Contrastes ortogonais polinomiais para efeitos de doses em cada nível de número de aplicações: (ns) não significativo e (*, **, ***) significativo a 5, 1 e 0,1%.

Letras iguais, dentro de cada colheita, não diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações (p<0,05) pelo teste F.

Todos os tratamentos nas safras 2016/2017 e 2018/2019 receberam aplicação com AVG (62,5 mg L⁻¹).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Na safra 2017/2018, a taxa respiratória aumentou com as maiores concentrações aplicadas (Tabela 6). Durante a colheita 1 houve interação entre concentrações e número de aplicações (Tabela 3). Nesta colheita, três e cinco pulverizações da maior concentração (4,5 g L⁻¹) resultaram em taxa respiratória 13 e 39% maiores em relação a frutos não tratados. Na colheita 2, não houve interação entre os fatores, e a aplicação da maior concentração resultou em aumento de 136% na respiração dos frutos (Tabela 6). O aumento expressivo na respiração em frutos tratados com H₃BO₃ nesta safra provavelmente é efeito da ausência da aplicação de

AVG como ocorreu na safra anterior. Segundo Steffens et al. (2006), maçãs pulverizadas com AVG em pré-colheita apresentam menor taxa respiratória devido ao fato de a respiração ser um evento secundário, resultante da menor produção de etileno.

Durante a safra 2018/2019 ocorreu interação entre concentrações e número de aplicações em ambas as colheitas (Tabela 3). Na colheita 1, o aumento das concentrações com apenas três pulverizações não mostrou diferenças sobre a respiração dos frutos. Já cinco pulverizações da concentração de 3,0 g L⁻¹ proporcionaram aumento da taxa respiratória dos frutos, voltando a diminuir com a maior concentração aplicada (Tabela 6). Na colheita 2, três aplicações da concentração de 3,0 g L⁻¹ resultaram em maior respiração dos frutos, a qual voltou novamente a diminuir com a concentração de 4,5 g L⁻¹, enquanto que, para cinco pulverizações não houve diferenças entre as concentrações (Tabela 6). Segundo Brackmann et al. (2016), maçãs 'Galaxy' pulverizadas com B em pré-colheita apresentam maior taxa respiratória, sendo possivelmente um efeito indireto induzido pela maior produção de etileno nos frutos. Contudo, a maior produção do fitormônio, resultante das pulverizações com a maior concentração de H₃BO₃ no presente estudo, não parece ter exercido efeito similar sobre a respiração durante as safras 2016/2017 e 2018/2019, provavelmente devido ao efeito do AVG.

As pulverizações com H₃BO₃, nas três safras avaliadas, mostraram resultados contrastantes entre as colheitas, promovendo redução da firmeza de polpa principalmente em frutos da colheita 2 (Tabela 7). As concentrações e o número de aplicações mostraram interação na colheita 1 da safra 2016/2017 e 2017/2018, e nas colheitas 1 e 2 da safra 2018/2019 (Tabela 3).

Durante a safra 2016/2017, os frutos da colheita 1 que receberam três pulverizações mostraram diferenças entre as concentrações aplicadas (Tabela 7). Contudo, não se pode afirmar que o aumento das concentrações ocasionou aumento ou redução da firmeza de polpa dos frutos. Já a realização de cinco pulverizações não mostrou alteração da firmeza de polpa em função das concentrações. Porém, na colheita 2, a firmeza de polpa diminuiu em torno de 5,0 N com a pulverização da concentração de 4,5 g L⁻¹ (Tabela 7).

Na safra 2017/2018, três aplicações com concentrações crescentes de H₃BO₃ resultaram em aumento da firmeza de polpa dos frutos em frutos da colheita 1 (Tabela 7), provavelmente devido ao papel do nutriente na estabilidade da parede celular (COSGROVE, 2005). Já com cinco pulverizações, a aplicação da maior concentração (4,5 g L⁻¹) resultou em redução da firmeza, fato que pode estar relacionado com a maior produção de etileno dos frutos. Nos frutos

da colheita 2, o aumento das concentrações aplicadas diminuiu a firmeza dos mesmos. A pulverização da maior concentração, nesta colheita, provocou decréscimo de 4,4% na firmeza em relação aos frutos do tratamento controle (Tabela 7).

Tabela 7. Firmeza de polpa após a colheita de maçãs ‘Imperial Gala’ submetidas a três e cinco pulverizações com diferentes concentrações de H_3BO_3 , durante três safras de produção.

Concentração de H_3BO_3 (g L ⁻¹)	Firmeza de polpa (N)					
	Colheita 1		MÉDIA	Colheita 2		MÉDIA
	3 aplicações	5 aplicações		3 aplicações	5 aplicações	
<i>2016/2017</i>						
0	80,4		80,4	71,9		71,9
1,5	83,6	82,1	82,9	73,3	69,8	71,6
3,0	80,5	80,0	80,2	71,2	68,4	69,8
4,5	83,7	80,3	82,0	68,6	65,6	67,1
Média	82,1 A	80,7 B		71,3 A	68,9 B	
Linear	*	ns	ns	**	***	***
Quadrática	ns	ns	ns	*	ns	ns
C.V. (%)	2,4	1,8	2,3	3,0	3,9	3,8
<i>2017/2018</i>						
0	80,0		80,0	75,0		75,0
1,5	80,1	80,2	80,1	72,0	73,3	72,6
3,0	81,8	80,5	81,1	73,9	72,7	73,3
4,5	84,1	76,2	80,1	72,8	70,7	71,7
Média	81,5 A	79,2 B		73,4 A	72,9 A	
Linear	*	**	ns	ns	**	**
Quadrática	ns	*	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	3,4	2,8	3,4	3,0	3,2	3,1
<i>2018/2019</i>						
0	86,7		86,7	80,5		80,5
1,5	81,2	85,0	83,1	74,8	76,9	75,8
3,0	85,5	85,8	85,6	79,0	79,1	79,1
4,5	87,4	81,1	84,3	82,0	69,7	75,8
Média	85,2 A	84,6 A		79,1 A	76,5 B	
Linear	ns	**	ns	ns	***	**
Quadrática	**	ns	ns	**	*	ns
C.V. (%)	3,6	3,4	3,5	4,0	6,1	5,3

Contrastes ortogonais polinomiais para efeitos de doses em cada nível de número de aplicações: (ns) não significativo e (*, **, ***) significativo a 5, 1 e 0,1%.

Letras iguais, dentro de cada colheita, não diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações ($p < 0,05$) pelo teste F.

Todos os tratamentos nas safras 2016/2017 e 2018/2019 receberam aplicação com AVG (62,5 mg L⁻¹).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Na safra 2018/2019, a realização de três pulverizações, nas colheitas 1 e 2, mostrou decréscimo na firmeza de polpa com a aplicação da concentração de 1,5 g L⁻¹. Contudo, a firmeza voltou a subir com a aplicação das concentrações de 3,0 e 4,5 g L⁻¹ (Tabela 7). Já com cinco pulverizações, o aumento das concentrações promoveu redução linear da firmeza de polpa

dos frutos, onde a aplicação da concentração de $4,5 \text{ g L}^{-1}$ resultou em frutos com firmeza 6,4 e 13 % menores nas colheitas 1 e 2, respectivamente, em relação aos frutos que não receberam pulverizações com o nutriente. Além disso, nas colheitas 1 e 2 da safra 2016/2017; na colheita 1 da safra 2017/2018 e na colheita 2 da safra 2018/2019, o aumento no número de pulverizações resultou em menor firmeza de polpa dos frutos (Tabela 7).

Efeitos inconsistentes do B sobre a firmeza de polpa na colheita não são incomuns. Variações entre estudos possivelmente podem ser atribuídas a cultivar e métodos de emprego do B, como por exemplo, época, forma de aplicação e concentração. Aplicação de B via foliar na primavera ($22,6 \text{ g planta}^{-1}$) ou via fertirrigação ($0,5, 1,0$ ou $1,5 \text{ g planta}^{-1}$) não teve efeito sobre a firmeza de polpa de maçãs ‘Delicious’ (PERYEA e DRAKE, 1991) e ‘Jonagold’ (WOJCIK e TREDER, 2006), respectivamente. Por outro lado, a aplicação de B foliar em peras ‘Conference’, na primavera ($0,2 \text{ Kg ha}^{-1}$) ou no outono ($0,8 \text{ Kg ha}^{-1}$) (WOJCIK e WOJCIK, 2003) e a pulverização pré-colheita de ácido bórico em maçãs ‘Anna’ (HAFEZ e HAGGAG, 2007) promoveram aumento da firmeza de polpa dos frutos. Por fim, redução da firmeza de polpa foi observado em maçãs ‘Elstar’ tratadas com $0,67 \text{ kg ha}^{-1}$ de B foliar após a floração (WOJCIK et al., 1999) e em maçãs ‘Gala’ e ‘Fuji’ submetidas a aplicações semanais de B via foliar (0,8%) após a floração (NACHTIGALL e CZERMAINSKI, 2014).

Efeito do B aumentando a firmeza de polpa têm sido associado com o papel deste nutriente na ligação entre pectinas na parede celular (COSGROVE, 2005). Já a redução da firmeza em razão do uso de B pode estar associado com a maior produção de etileno e a influência deste fitormônio sobre a indução da expressão de enzimas que degradam componentes da parede celular, como a poligalacturonase (IRELAND et al., 2014) que, consequentemente, induzem a perda de firmeza nos frutos (JOHNSTON et al., 2002).

Apesar destas variações, os resultados obtidos no presente estudo demonstram que o uso do H_3BO_3 , sobretudo em doses mais altas, resulta em frutos menos firmes à medida que a colheita é retardada. Estes resultados não devem ser desprezados pois sugerem que a taxa de perda de firmeza de polpa durante a maturação é maior em frutos tratados com B e à medida que a firmeza de polpa decresce na colheita, os riscos de perdas por podridões e distúrbios fisiológicos durante a armazenagem aumentam (ARGENTA e MONDARDO, 1994).

As pulverizações com H_3BO_3 aumentaram os valores de índice iodo-amido, mostrando o efeito do nutriente sobre a degradação do amido nos frutos (Tabela 8). Na colheita 1 da safra 2016/2017 e 2017/2018, e nas colheitas 1 e 2 da safra 2018/2019, houve interação entre concentrações e número de aplicações no índice iodo-amido (Tabela 3). Além disso, a

realização de cinco pulverizações acelerou a degradação de amido na colheita 2 da safra 2016/2017, na colheita 1 da safra 2017/2018, e em ambas as colheitas da safra 2018/2019 (Tabela 8).

Tabela 8. Índice iodo-amido em maçãs ‘Imperial Gala’ submetidas a três e cinco pulverizações com diferentes concentrações de H_3BO_3 , durante três safras de produção.

Concentração de H_3BO_3 (g L ⁻¹)	Índice iodo-amido (1-5)					
	Colheita 1		MÉDIA	Colheita 2		MÉDIA
	3 aplicações	5 aplicações		3 aplicações	5 aplicações	
	<i>2016/2017</i>					
0		1,8	1,8		3,4	3,4
1,5	2,4	2,2	2,3	3,7	4,1	3,9
3,0	2,1	2,6	2,4	4,1	4,3	4,2
4,5	2,0	3,0	2,5	4,4	4,7	4,6
Média	2,1 A	2,4 A		3,9 B	4,1 A	
Linear	<i>ns</i>	*	**	***	***	***
Quadrática	*	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
C.V. (%)	16,2	29,5	25,6	12,7	13,1	13,0
	<i>2017/2018</i>					
0		2,6	2,6		4,4	4,4
1,5	3,1	3,2	3,1	4,9	4,7	4,8
3,0	3,3	3,9	3,6	4,8	4,8	4,8
4,5	3,4	4,5	4,0	4,8	4,8	4,8
Média	3,1 B	3,5 A		4,7 A	4,7 A	
Linear	*	***	***	***	***	***
Quadrática	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	***	**	***
C.V. (%)	15,4	23,1	20,9	4,4	4,2	4,2
	<i>2018/2019</i>					
0		1,4	1,4		2,8	2,8
1,5	1,9	1,8	1,8	3,6	3,8	3,7
3,0	2,1	3,1	2,6	3,6	3,7	3,6
4,5	1,6	3,0	2,3	2,8	4,5	3,6
Média	1,7 B	2,3 A		3,2 B	3,7 A	
Linear	<i>ns</i>	**	***	<i>ns</i>	***	***
Quadrática	**	<i>ns</i>	<i>ns</i>	***	<i>ns</i>	***
C.V. (%)	21,6	40,8	37,9	14,2	18,1	18,1

Contrastes ortogonais polinomiais para efeitos de doses em cada nível de número de aplicações: (ns) não significativo e (*, **, ***) significativo a 5, 1 e 0,1%.

Letras iguais, dentro de cada colheita, não diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações ($p < 0,05$) pelo teste F.

Todos os tratamentos nas safras 2016/2017 e 2018/2019 receberam aplicação com AVG (62,5 mg L⁻¹).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Durante a safra 2016/2017 o aumento das concentrações com três e cinco pulverizações resultou em 11 e 67% de aumento no índice iodo-amido nos frutos da colheita 1. Na colheita 2, a aplicação da maior concentração (4,5 g L⁻¹) resultou em 35% de aumento no índice (Tabela 8). Na safra seguinte, 2017/2018, frutos da colheita 1 mostraram 31 e 73% de

aumento na degradação do amido quando receberam três e cinco aplicações com a maior concentração. Já para a colheita 2, todos os frutos, incluindo aqueles que não receberam aplicação com H_3BO_3 , já apresentavam estágio de maturação avançado, provavelmente em função da ausência da aplicação de AVG. Na safra 2018/2019, três aplicações de $3,0 \text{ g L}^{-1}$ resultaram na maior degradação de amido. A pulverização com esta concentração promoveu 50 e 29 % de aumento no índice iodo-amido nas colheitas 1 e 2, respectivamente. Por outro lado, quando realizadas cinco pulverizações com $4,5 \text{ g L}^{-1}$ o aumento do índice foi mais expressivo em relação aos frutos controle (Tabela 8).

Embora a coloração seja determinante para a colheita de maçãs, do ponto de vista prático, o índice de degradação do amido têm sido o teste mais empregado por produtores para definir o início do período de colheita comercial dos frutos. Coincidindo com a tendência de aumento da produção de etileno (Tabela 5) e da redução da firmeza de polpa (tabela 7), o aumento do índice de degradação do amido pela aplicação de B (Tabela 8) está de acordo com resultados anteriores (Sá et al., 2014; Brackmann et al.; 2016) e evidencia o papel do B sobre a antecipação da maturação dos frutos, sendo este efeito dependente da combinação entre concentração do nutriente e número de aplicações. Segundo Silverman et al. (2004), a atividade da enzima amilase aumenta conjuntamente com a produção de etileno, resultando em maior degradação de amido a partir deste período.

O aumento das concentrações de H_3BO_3 resultou em frutos com maior teor de SS em todas as colheitas durante as três safras avaliadas, enquanto que o número de aplicações aumentou os valores da variável apenas na colheita 1 da safra 2017/2018, e na colheita 2 das safras 2016/2017 e 2018/2019 (Tabela 9). Houve interação entre concentrações e número de aplicações em ambas as colheitas na safra 2018/2019 (Tabela 3). A aplicação da maior concentração de H_3BO_3 ($4,5 \text{ g L}^{-1}$) resultou em aumento no teor de SS de 9 e 12 % durante a safra 2016/2017, e de 12 e 7% durante a safra 2017/2018, nos frutos das colheitas 1 e 2, respectivamente (Tabela 9). Na safra 2018/2019 três e cinco pulverizações da maior concentração resultaram em aumento de 3 e 12% na colheita 1, e de 2 e 14% na colheita 2, em relação aos frutos controle (Tabela 9). Desta forma, a realização de cinco pulverizações na concentração de $4,5 \text{ g de L}^{-1}$ é o meio mais eficiente para elevar o teor de SS nos frutos.

O aumento no teor de SS em frutos de macieiras que receberam suplementação com B também foi relatado quando realizadas aplicações via fertirrigação (WOJCIK & TREDER, 2006), via solo (WOJCIK et al., 2008) e via foliar (ASGHARZADE et al., 2012; KASSEM et al., 2016). Segundo Ganie et al. (2013), estes resultados podem ser atribuídos ao maior

transporte de foto-assimilados para os frutos, uma vez que a aplicação de B resulta em maior taxa fotossintética (WOJCIK et al., 2008), maior acúmulo de amido e consequente aumento no teor de açúcar dos frutos (LU et al., 2013). Por outro lado, os maiores valores desta variável podem ser apenas resultado da maturação mais avançada dos frutos submetidos a aplicação de B, fato evidenciado pela maior degradação de amido encontrada nestes mesmos frutos.

Tabela 9. Teor de sólidos solúveis em maçãs ‘Imperial Gala’ submetidas a três e cinco pulverizações com diferentes concentrações de H₃BO₃, durante três safras de produção.

Concentração de H ₃ BO ₃ (g L ⁻¹)	Sólidos solúveis (°Brix)					
	Colheita 1		MÉDIA	Colheita 2		MÉDIA
	3 aplicações	5 aplicações		3 aplicações	5 aplicações	
<i>2016/2017</i>						
0	9,9		9,9	11,2		11,2
1,5	11,0	10,8	10,9	11,8	12,0	11,9
3,0	10,6	10,6	10,6	11,9	12,2	12,0
4,5	10,7	11,0	10,8	12,3	12,9	12,6
Média	10,5 A	10,5 A		11,8 B	12,0 A	
Linear	*	**	***	***	***	***
Quadrática	*	ns	*	ns	ns	ns
C.V. (%)	4,4	4,7	4,5	4,4	6,4	5,5
<i>2017/2018</i>						
0	9,3		9,3	10,9		10,9
1,5	9,1	9,8	9,4	11,4	10,3	10,9
3,0	9,7	10,2	10,0	10,7	11,0	10,9
4,5	10,2	10,6	10,4	11,7	11,7	11,7
Média	9,6 B	10,0 A		11,1 A	10,9 A	
Linear	ns	**	***	ns	*	*
Quadrática	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	7,3	6,3	7,0	5,9	6,7	6,3
<i>2018/2019</i>						
0	9,7		9,7	10,7		10,7
1,5	9,9	9,9	9,9	10,4	11,4	10,9
3,0	10,1	10,5	10,3	11,5	11,8	11,6
4,5	10,0	10,9	10,4	10,9	12,2	11,6
Média	9,9 A	10,2 A		10,9 B	11,5 A	
Linear	*	***	***	***	***	***
Quadrática	ns	ns	ns	ns	ns	*
C.V. (%)	24	5,1	4,3	4,1	5,2	5,5

Contrastes ortogonais polinomiais para efeitos de doses em cada nível de número de aplicações: (ns) não significativo e (*, **, ***) significativo a 5, 1 e 0,1%.

Letras iguais, dentro de cada colheita, não diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações (p<0,05) pelo teste F.

Todos os tratamentos nas safras 2016/2017 e 2018/2019 receberam aplicação com AVG (62,5 mg L⁻¹).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

A AT dos frutos variou entre as concentrações de H_3BO_3 conforme as colheitas e as safras avaliadas (Tabela 10). Na colheita 1 da safra 2016/2017, na colheita 2 da safra 2017/2018, e em ambas as colheitas da safra 2018/2019, as pulverizações com H_3BO_3 resultaram em aumento da AT dos frutos. Apenas durante a safra 2018/2019 ocorreu interação entre concentrações e número de aplicações (Tabela 3).

Tabela 10. Acidez titulável em maçãs ‘Imperial Gala’ submetidas a três e cinco pulverizações com diferentes concentrações de H_3BO_3 , durante três safras de produção.

Concentração de H_3BO_3 (g L ⁻¹)	Acidez titulável (% de ácido málico)					
	Colheita 1		MÉDIA	Colheita 2		MÉDIA
	3 aplicações	5 aplicações		3 aplicações	5 aplicações	
<i>2016/2017</i>						
0	0,35		0,35	0,36		0,36
1,5	0,42	0,38	0,40	0,33	0,37	0,35
3,0	0,39	0,39	0,39	0,30	0,36	0,33
4,5	0,38	0,45	0,41	0,34	0,34	0,34
Média	0,38 A	0,39 A		0,33 A	0,36 A	
Linear	<i>ns</i>	*	*	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Quadrática	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
C.V. (%)	15,1	13,4	14,0	14,9	9,4	12,7
<i>2017/2018</i>						
0	0,45		0,45	0,27		0,27
1,5	0,45	0,58	0,51	0,29	0,25	0,27
3,0	0,33	0,46	0,39	0,27	0,25	0,26
4,5	0,45	0,46	0,46	0,40	0,38	0,39
Média	0,42 A	0,49 A		0,30 A	0,29 A	
Linear	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	***	***	***
Quadrática	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	***	***	***
C.V. (%)	31,0	23,2	27,5	19,1	20,4	19,6
<i>2018/2019</i>						
0	0,34		0,34	0,32		0,32
1,5	0,38	0,34	0,36	0,35	0,38	0,36
3,0	0,37	0,39	0,38	0,36	0,38	0,37
4,5	0,38	0,39	0,38	0,33	0,40	0,36
Média	0,37 A	0,36 A		0,34 B	0,37 A	
Linear	***	***	***	**	***	***
Quadrática	***	<i>ns</i>	**	***	*	***
C.V. (%)	5,5	8,1	6,8	4,0	8,2	7,7

Contrastes ortogonais polinomiais para efeitos de doses em cada nível de número de aplicações: (ns) não significativo e (*, **, ***) significativo a 5, 1 e 0,1%.

Letras iguais, dentro de cada colheita, não diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações ($p < 0,05$) pelo teste F.

Todos os tratamentos nas safras 2016/2017 e 2018/2019 receberam aplicação com AVG (62,5 mg L⁻¹).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Na safra 2016/2017, a aplicação da concentração de $4,5 \text{ g L}^{-1}$ resultou em aumento de 5% na AT em relação aos frutos controle da colheita 1, enquanto que frutos da colheita 2 não mostraram diferenças na variável quanto às concentrações ou ao número de aplicações (Tabela 10). Na safra 2017/2018, apenas os frutos da colheita 2 mostraram aumento expressivo na AT dos frutos. Nesta colheita, a aplicação da maior concentração resultou em 45% de aumento na variável analisada (Tabela 10). Na safra 2018/2019, três e cinco pulverizações com a maior concentração ocasionaram aumento da AT de 11 e 15% na colheita 1, e de 3 e 25% na colheita 2, em relação aos frutos controle.

O atraso na colheita resultou em diminuição da AT (Tabela 10), o que é esperado em frutos mais maduros devido ao maior consumo dos ácidos orgânicos para a manutenção do metabolismo (ZHANG et al., 2010). Contudo, mesmo a aplicação de H_3BO_3 tendo mostrado avanço da maturação dos frutos, confirmado pelo aumento da produção de etileno, menor firmeza de polpa e maiores valores no índice iodo-amido, a acidez destes frutos se mostrou mais elevada em relação aos frutos que não receberam aplicações com B. Semelhante ao comportamento dos SS, este resultado pode ser explicado pelo aumento da atividade fotossintética das plantas que receberam aplicação com B (WOJCIK et al., 2008), as quais tendem a acumular, e conseqüentemente, converter mais carboidratos em ácidos orgânicos (TAIZ et al., 2017) que posteriormente serão oxidados nas mitocôndrias gerando energia para a manutenção do metabolismo dos frutos (XUAN et al., 2005).

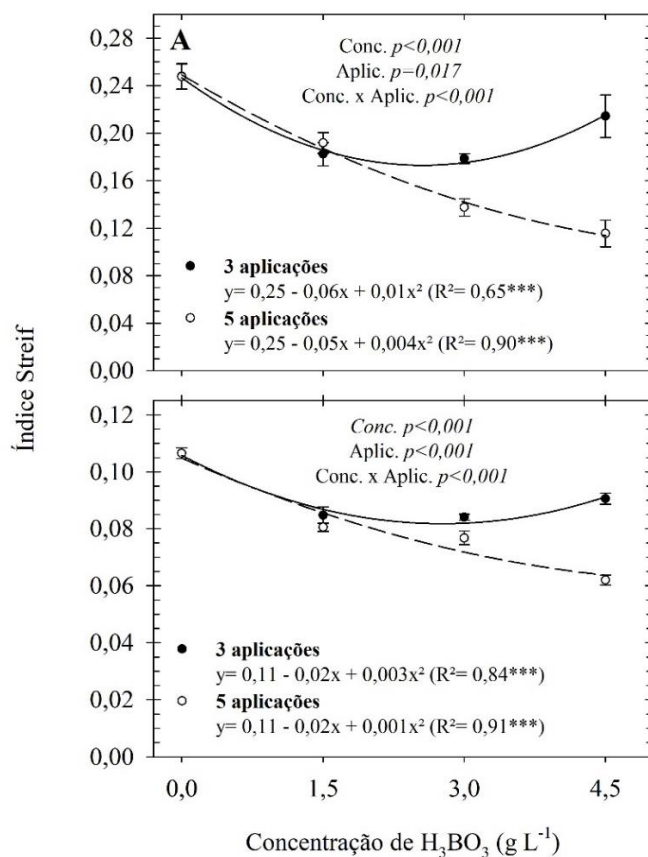
O aumento das concentrações de H_3BO_3 , bem como o número de pulverizações realizadas, resultaram em redução quadrática no índice Streif, indicando maturação mais avançada dos frutos (Figura 4). Na média das três safras avaliadas, pode-se perceber que a realização de apenas três pulverizações foi menos eficiente em relação a cinco pulverizações na antecipação da maturação (Figura 4). Quando realizadas três pulverizações com a maior concentração ($4,5 \text{ g L}^{-1}$), o índice reduziu em torno de 14 e 15% para as colheitas 1 e 2, enquanto que a realização de cinco pulverizações, com esta mesma concentração, resultou em 55 e 42% de redução do índice para estas mesmas colheitas, quando relacionadas ao índice dos frutos que não foram tratados com H_3BO_3 (Figura 4). Dentro de cada colheita, na média das concentrações, efetuar cinco aplicações resultou em redução de 16 e 11% nos valores do índice, nas colheitas 1 e 2, respectivamente, em relação a apenas três pulverizações.

A redução nos valores deste índice são correlacionadas ao avanço da maturação dos frutos, estimando de forma mais segura o momento ideal para o início da colheita em comparação à avaliação de um único parâmetro (ARGENTA et al., 1995; MUSACCHI &

SERRA, 2018). Segundo os valores dos parâmetros utilizados para o cálculo, o índice Streif varia de 0,20 a 0,14 para o período ideal de colheita de maçãs ‘Gala’ (HÖHN et al., 1999). Através dos resultados obtidos neste trabalho pode-se afirmar que a aplicação de H_3BO_3 , durante a pré-colheita, antecipou a maturação dos frutos. Este mesmo comportamento foi observado por Wojcik et al. (1999), os quais relatam que aplicações com B após o florescimento resultaram em redução do índice Streif, com frutos mais maduros, e conseqüentemente, mais propensos a ocorrência de distúrbios quando direcionados para o armazenamento.

Desta forma, áreas tratadas com B devem ser manejadas visando a colheita precoce e comercialização dos frutos em curto período. Considerando que nem todos os frutos de uma mesma planta são colhidos em uma única vez (variação natural de maturação), os frutos remanescentes quando colhidos também devem ser segregados para comercialização rápida ou para curta armazenagem, pois podem apresentar acentuada perda de qualidade.

Figura 4. Índice Streif dos frutos, na colheita antecipada (A) e comercial (B), indicando a evolução da maturação de maçãs ‘Imperial Gala’ submetidas a três e cinco aplicações (Aplic.) com diferentes concentrações (Conc.) de H_3BO_3 . Valores médios das safras 2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019.



1.3.2 - Qualidade pós-armazenamento

Tabela 11. Valores de probabilidade (p) para concentrações (C), número de aplicações realizadas (A) e interação entre concentrações e número de aplicações (C x A) para as variáveis de qualidade em maçãs ‘Imperial Gala’, para dois períodos de colheita em diferentes safras.

Variável	Colheita 1			Colheita 2		
	Conc. (C)	Aplic. (A)	C x A	Conc. (C)	Aplic. (A)	C x A
<i>2016/2017</i>						
Respiração	< 0,001	0,027	0,003	< 0,001	0,278	0,010
SS	0,071	0,453	0,805	0,017	0,541	0,819
AT	0,799	0,509	0,248	0,014	0,699	0,080
Firmeza	< 0,001	0,003	0,057	< 0,001	0,027	0,401
h verde	< 0,001	0,016	0,447	< 0,001	0,044	0,013
<i>2017/2018</i>						
Respiração	< 0,001	0,721	0,078	0,179	0,031	0,002
SS	0,001	0,574	0,283	< 0,001	0,146	0,521
AT	0,243	0,025	0,055	< 0,001	< 0,001	0,001
Firmeza	< 0,001	0,235	0,059	< 0,001	0,158	0,001
h verde	< 0,001	0,752	0,019	< 0,001	0,295	0,026
Perda de massa	< 0,001	0,049	0,613	0,451	0,754	0,989
<i>2018/2019</i>						
SS	< 0,001	0,030	0,287	< 0,001	0,008	0,062
AT	0,004	0,824	0,011	0,081	0,018	0,308
Firmeza	< 0,001	0,006	0,108	< 0,001	0,022	0,003
h verde	0,001	0,015	0,001	< 0,001	< 0,001	0,001
Perda de massa	< 0,001	0,025	0,290	< 0,001	0,008	< 0,001

Após o armazenamento refrigerado mais sete dias de vida de prateleira, os frutos tratados com H_3BO_3 apresentaram maior taxa respiratória que os frutos que não receberam pulverização com o fertilizante (Tabela 12). Houve interação entre concentração e número de aplicações nas colheitas 1 e 2 da safra 2016/2017, e na colheita 2 da safra 2017/2018 (Tabela 11).

Durante a safra 2016/2017, os frutos colhidos antecipadamente, na colheita 1, que receberam apenas três aplicações não mostraram diferença na respiração, enquanto que, frutos tratados com cinco pulverizações apresentaram incremento da taxa respiratória com o aumento das concentrações aplicadas (Tabela 12). Da mesma forma, frutos da colheita 2, que receberam pulverização com H_3BO_3 com a maior concentração ($4,5 \text{ g L}^{-1}$) apresentaram respiração quase duas vezes maior em relação aos frutos controle, independentemente do número de pulverizações (Tabela 12). Na safra 2017/2018, novamente o aumento das concentrações de

H₃BO₃ aplicadas resultou em maior taxa respiratória nos frutos da colheita 1. Já para a colheita 2, houve aumento da taxa respiratória apenas nos frutos que receberam três aplicações com as diferentes concentrações (Tabela 12). Porém, os frutos submetidos a cinco pulverizações não mostraram diferenças na respiração em função das concentrações aplicadas, provavelmente devido os tratamentos já apresentarem estágio de amadurecimento muito semelhante, já que nesta safra os frutos não receberam aplicação de AVG.

Tabela 12. Taxa respiratória após o armazenamento refrigerado (0,5°C±1) mais sete dias de vida de prateleira (21°C±2) de maçãs ‘Imperial Gala’ submetidas a três e cinco pulverizações, em pré-colheita, com diferentes concentrações de H₃BO₃.

Concentração de H ₃ BO ₃ (g L ⁻¹)	Taxa respiratória (mmol kg ⁻¹ h ⁻¹)					
	Colheita 1		MÉDIA	Colheita 2		MÉDIA
	3 aplicações	5 aplicações		3 aplicações	5 aplicações	
<i>2016/2017</i>						
0		0,60	0,60		1,31	1,31
1,5	0,81	0,83	0,82	2,51	2,32	2,42
3,0	1,04	1,25	1,15	2,03	2,44	2,23
4,5	1,19	1,11	1,15	2,45	2,36	2,41
Média	0,91 B	0,95 A		2,07 A	2,11 A	
<i>Linear</i>	ns	***	***	***	***	***
<i>Quadrática</i>	ns	***	***	***	***	***
C.V. (%)	26,7	28,3	27,2	24,6	23,8	23,8
<i>2017/2018</i>						
0		1,25	1,25		1,90	1,90
1,5	1,44	1,64	1,54	1,93	1,96	1,94
3,0	1,76	1,68	1,72	1,78	2,22	2,00
4,5	1,76	1,51	1,64	2,11	1,97	2,04
Média	1,55 A	1,52 A		1,93 B	2,01 A	
<i>Linear</i>	***	ns	***	ns	ns	*
<i>Quadrática</i>	ns	**	**	*	ns	ns
C.V. (%)	18,2	14,5	16,2	8,5	8,3	8,5

Contrastes ortogonais polinomiais para efeitos de doses em cada nível de número de aplicações: (ns) não significativo e (*, **, ***) significativo a 5, 1 e 0,1%.

Letras iguais, dentro de cada colheita, não diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações (p<0,05) pelo teste F.

Todos os tratamentos nas safras 2016/2017 e 2018/2019 receberam aplicação com AVG (62,5 mg L⁻¹).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Da mesma forma que as concentrações, o aumento do número de aplicações também resultou em maior respiração dos frutos durante as colheitas 1 e 2 das safras 2016/2017 e 2017/2018, respectivamente (Tabela 12). Embora o efeito da quantidade de pulverizações não tenha sido generalizado em todas as colheitas avaliadas, os resultados sugerem que aplicações

sequenciadas, principalmente com altas concentrações do fertilizantes, aceleram o metabolismo dos frutos, assim como foi reportado em maçãs ‘Galaxy’ tratadas com H_3BO_3 e armazenadas por oito meses em atmosfera controlada (BRACKMANN et al., 2016). Por outro lado, o atraso da colheita resultou em frutos com maior respiração, fato também confirmado por Steffens et al. (2007) em maçãs ‘Gala’ e ‘Fuji’ com diferentes estádios de maturação. Contudo, deve-se observar que frutos da colheita 1, tratados com $4,5 \text{ g L}^{-1}$ de H_3BO_3 , mostraram taxa respiratória inferior a de frutos que não receberam aplicação com o fertilizante e que foram colhidos na colheita 2. Isso mostra que a colheita antecipada de frutos tratados com H_3BO_3 deve ser um ponto preponderante quando se deseja armazenar e manter a qualidade desses frutos por um período relativamente longo.

A firmeza de polpa após o armazenamento mais sete dias de vida de prateleira dos frutos diminuiu linearmente com o aumento das concentrações e do número de pulverizações realizadas (Tabela 13). Houve interação entre concentração e número de aplicações apenas na colheita 2 das safras 2017/2018 e 2018/2019 (Tabela 11).

Durante a safra 2016/2017, a aplicação da maior concentração de H_3BO_3 ($4,5 \text{ g L}^{-1}$) reduziu, respectivamente, em 5,4 e 13,5% a firmeza de polpa nas colheitas 1 e 2 em relação aos frutos não tratados com o fertilizante (Tabela 13). Embora nesta safra os frutos tenham sido tratados com AVG em pré-colheita, o armazenamento refrigerado por quatro meses resultou em frutos com valores de firmeza de polpa bastante baixos, principalmente quando estes receberam aplicação com H_3BO_3 e foram colhidos mais tarde, na colheita 2. Isso mostra que frutos tratados com o fertilizante devem ser monitorados para que a colheita seja realizada no ponto ideal de maturação, e mesmo assim, deve-se tomar cuidado com tempo de armazenamento em condição de atmosfera refrigerada, evitando perdas demasiadas na qualidade dos frutos.

Na safra 2017/2018, a aplicação da concentração de $4,5 \text{ g L}^{-1}$ ocasionou redução de 14% na firmeza de polpa dos frutos da colheita 1. Na colheita 2, três e cinco pulverizações com esta mesma concentração ocasionaram, respectivamente, 11 e 16% de redução na firmeza em relação a frutos do tratamento controle (Tabela 13). Embora o período de armazenamento dos frutos desta safra tenha sido menor, apenas três meses em relação à safra 2016/2017, os valores de firmeza de polpa entre ambas as safras foram muito próximo, provavelmente devido aos frutos da safra 2017/2018 não terem sido tratados com AVG em pré-colheita. Segundo Steffens et al. (2005), a aplicação de AVG em pré-colheita proporciona a obtenção de frutos mais firmes

ao final do armazenamento, justificando os valores aproximados de firmeza de polpa entre as duas safras avaliadas.

Tabela 13. Firmeza de polpa após o armazenamento refrigerado ($0,5^{\circ}\text{C}\pm 1$) mais sete dias de vida de prateleira ($21^{\circ}\text{C}\pm 2$) de maçãs 'Imperial Gala' submetidas a três e cinco pulverizações, em pré-colheita, com diferentes concentrações de H_3BO_3 . Valores entre parênteses representam a taxa média mensal de perda de firmeza (%) durante o armazenamento.

Concentração de H_3BO_3 (g L ⁻¹)	Firmeza de polpa (N)					
	Colheita 1		MÉDIA	Colheita 2		MÉDIA
	3 aplicações	5 aplicações		3 aplicações	5 aplicações	
2016/2017						
0	61,4		61,4 (5,9)	52,0		52,0 (7,0)
1,5	61,6	59,1	60,3 (6,8)	51,3	50,9	51,1 (7,2)
3,0	59,8	56,1	58,0 (7,0)	48,8	46,6	47,7 (7,9)
4,5	60,0	56,3	58,1 (7,3)	46,5	43,5	45,0 (8,3)
Média	60,7 (6,5) A	58,2 (7,0) B		49,7 (7,6) A	48,2 (7,5) B	
Linear	<i>ns</i>	***	***	**	***	***
Quadrática	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
C.V. (%)	2,9	4,5	4,2	5,7	8,1	7,0
2017/2018						
0	66,7		66,7 (5,5)	56,6		56,6 (8,1)
1,5	60,5	62,7	61,6 (7,7)	50,2	54,3	52,2 (9,4)
3,0	59,4	57,7	58,5 (9,3)	52,5	53,6	53,1 (9,2)
4,5	60,0	55,0	57,5 (9,4)	50,2	47,6	48,9 (10,6)
Média	61,6 (8,0) A	60,5 (7,9) A		52,4 (9,5) A	53,0 (9,1) A	
Linear	**	***	***	***	***	***
Quadrática	*	<i>ns</i>	*	*	*	<i>ns</i>
C.V. (%)	5,9	8,5	7,2	5,5	6,8	6,1
2018/2019						
0	79,6		79,6 (2,8)	72,3		72,3 (3,4)
1,5	80,3	75,6	77,9 (2,7)	64,5	60,5	62,5 (5,9)
3,0	81,1	80,3	80,7 (2,3)	64,0	63,0	63,5 (6,6)
4,5	76,6	72,1	74,3 (3,9)	64,7	55,4	60,1 (6,9)
Média	79,4 (2,6) A	76,9 (3,3) B		66,4 (5,3) A	62,8 (6,0) B	
Linear	<i>ns</i>	*	**	***	***	***
Quadrática	*	<i>ns</i>	*	**	<i>ns</i>	***
C.V. (%)	3,2	5,2	4,5	6,4	10,5	8,9

Contrastes ortogonais polinomiais para efeitos de doses em cada nível de número de aplicações: (ns) não significativo e (*, **, ***) significativo a 5, 1 e 0,1%.

Letras iguais, dentro de cada colheita, não diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações ($p < 0,05$) pelo teste F.

Todos os tratamentos nas safras 2016/2017 e 2018/2019 receberam aplicação com AVG ($62,5 \text{ mg L}^{-1}$).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Na safra 2018/2019, novamente a aplicação de H_3BO_3 resultou em redução linear da firmeza de polpa (Tabela 13). Nesta safra, frutos da colheita 1, pulverizados com a concentração de $4,5 \text{ g L}^{-1}$, mostraram 6,7% de redução na firmeza em relação aos frutos não tratados. Já os frutos da colheita 2, quando submetidos a três e cinco aplicações, mostraram redução na firmeza de 10,5 e 23,4%, respectivamente (Tabela 13). Pode-se perceber nesta safra (2018/2019), que os valores de firmeza de polpa após o armazenamento foram superiores às demais safras avaliadas, possivelmente devido ao menor período de armazenamento em relação à safra 2016/2017, aliado à aplicação de AVG durante a pré-colheita (STEFFENS et al., 2005), fato que não ocorreu na safra 2017/2018.

O aumento no número de aplicações resultou em maior perda de firmeza em duas das três safras avaliadas. Em relação a apenas três aplicações, a realização de cinco pulverizações resultou em decréscimo de 3,0% na firmeza de polpa dos frutos de ambas as colheitas na safra 2016/2017, e de 3,2 e 5,4% nos frutos da colheita 1 e 2, respectivamente, durante a safra 2018/2019 (Tabela 13). Por outro lado, durante a safra 2017/2018, quando os frutos não foram tratados com AVG em pré-colheita, não houve diferenças entre o número de aplicações sobre esta variável, mostrando que apenas três aplicações de H_3BO_3 nestas condições podem ser suficientes para acelerar a taxa de perda de firmeza dos frutos.

A taxa mensal de perda de firmeza de polpa dos frutos aumentou com o incremento das concentrações de H_3BO_3 aplicadas (Tabela 13), mostrando que os baixos valores de firmeza de polpa após o armazenamento não é apenas resultado da menor firmeza encontrada nesses frutos no momento da colheita. Desta forma, é possível afirmar que pulverizações com H_3BO_3 aceleram a perda de firmeza durante o armazenamento, deixando os frutos mais susceptíveis ao aparecimento de podridões e distúrbios relacionados com a senescência (WOJCIK et al., 1999; BRACKMANN et al., 2016).

Segundo Harker et al. (2008), o valor mínimo de firmeza de polpa de maçãs ‘Gala’ para aceitabilidade pelo público consumidor é de 62 N. No presente estudo, valores de firmeza de polpa inferiores ao limite crítico estabelecido por Harker e colaboradores foram observados nas safras 2016/2017 e 2017/2018, principalmente quando os frutos foram colhidos tardiamente. De maneira geral, na safra 2018/2019, os frutos apresentaram valores de firmeza de polpa superior a 62 N, exceção ocorreu quando foi realizado cinco aplicações sucessivas nas concentrações de 1,5 e $4,5 \text{ g L}^{-1}$ de H_3BO_3 , mostrando que a aplicação de AVG somada à períodos curtos de armazenamento podem diminuir os efeitos negativos da aplicação de H_3BO_3 sobre a firmeza de polpa dos frutos.

O teor de sólidos solúveis quantificado após o armazenamento dos frutos variou entre as colheitas em função das concentrações de H_3BO_3 aplicadas (Tabela 14). Em nenhuma das colheitas, durante as três safras de avaliação, houve interação entre concentrações e número de aplicações (Tabela 11). Na safra 2016/2017, não houve resposta da aplicação de H_3BO_3 sobre o teor de sólidos solúveis nos frutos da colheita 1. Já, durante a colheita 2, houve aumento linear da variável em função do aumento das concentrações aplicadas (Tabela 14). Durante a safra 2017/2018, a aplicação da maior dose ($4,5 \text{ g L}^{-1}$) resultou em teor de sólidos solúveis 6,7 e 9,9% maiores em relação aos frutos controle, nas colheitas 1 e 2, respectivamente. Na safra 2018/2019, frutos da colheita 1 que receberam aplicação com a maior dose mostraram incremento de 3,3% no teor de sólidos solúveis. Nos frutos da colheita 2, o aumento das concentrações aplicadas parece ter reduzido os valores da variável nos frutos pulverizados com as maiores concentrações, durante a última safra de avaliação (Tabela 14). Na média das concentrações, o número de aplicações afetou o teor de sólidos solúveis apenas na safra 2018/2019, onde os frutos de ambas as colheitas que receberam cinco pulverizações mostraram incremento aproximado de 1,6% em relação a apenas três pulverizações (Tabela 14).

Embora os frutos que receberam pulverizações com H_3BO_3 tenham mostrado aumento no teor de sólidos solúveis no momento da colheita, esse comportamento não se repetiu em todos os períodos de avaliação após o armazenamento. Isso porque, durante a colheita, ainda existe alta concentração de amido que foi acumulado durante o crescimento dos frutos e que ainda não foi degradado. Na medida que esses frutos amadurecem, todo o amido acumulado é convertido a açúcares. Desta forma, os frutos que não foram tratados com H_3BO_3 e mostravam menor degradação de amido durante a colheita podem ter convertido o amido restante em açúcares ao longo do armazenamento, alcançando os valores de sólidos solúveis dos frutos tratados e diminuindo as diferenças encontradas entre os tratamentos durante a colheita. Por outro lado, como o comportamento de aumento dos sólidos solúveis se repetiu em algumas das safras avaliadas, mesmo após o armazenamento, pode-se afirmar que as aplicações de H_3BO_3 aumentam o acúmulo de amido e, conseqüentemente, de açúcares nos frutos (LU et al., 2013). Aumento no teor de sólidos solúveis também foi encontrado por Brackmann et al. (2016), em maçãs 'Galaxy' após oito meses de armazenamento.

Tabela 14. Teor de sólidos solúveis após o armazenamento refrigerado ($0,5^{\circ}\text{C}\pm 1$) mais sete dias de vida de prateleira ($21^{\circ}\text{C}\pm 2$) de maçãs ‘Imperial Gala’ submetidas a três e cinco pulverizações, em pré-colheita, com diferentes concentrações de H_3BO_3 .

Concentração de H_3BO_3 (g L^{-1})	Sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$)					
	Colheita 1		MÉDIA	Colheita 2		MÉDIA
	3 aplicações	5 aplicações		3 aplicações	5 aplicações	
<i>2016/2017</i>						
0		11,4	11,4		12,0	12,0
1,5	12,0	11,5	11,7	11,9	11,9	11,9
3,0	11,1	10,9	11,0	12,2	12,1	12,2
4,5	11,4	11,2	11,3	12,5	12,4	12,4
Média	11,4 A	11,2 A		12,1 A	12,1 A	
<i>Linear</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	*	<i>ns</i>	**
<i>Quadrática</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
C.V. (%)	4,1	6,0	5,2	3,1	2,8	2,9
<i>2017/2018</i>						
0		11,1	11,1		11,6	11,6
1,5	11,1	10,9	11,0	12,2	11,8	12,0
3,0	10,9	11,3	11,1	11,5	11,2	11,3
4,5	12,5	11,8	12,2	12,4	12,4	12,4
Média	11,4 A	11,3 A		11,9 A	11,8 A	
<i>Linear</i>	**	<i>ns</i>	**	*	*	**
<i>Quadrática</i>	*	<i>ns</i>	**	<i>ns</i>	*	**
C.V. (%)	7,3	4,9	6,2	3,9	4,5	4,2
<i>2018/2019</i>						
0		12,0	12,0		13,0	13,0
1,5	12,0	12,1	12,0	11,9	12,5	12,2
3,0	12,2	12,6	12,4	12,9	13,1	13,0
4,5	12,3	12,6	12,4	12,5	12,8	12,6
Média	12,1 B	12,3 A		12,6 B	12,8 A	
<i>Linear</i>	*	***	***	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
<i>Quadrática</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	*	<i>ns</i>	*
C.V. (%)	2,1	2,7	2,5	3,7	2,4	3,3

Contrastes ortogonais polinomiais para efeitos de doses em cada nível de número de aplicações: (ns) não significativo e (*, **, ***) significativo a 5, 1 e 0,1%.

Letras iguais, dentro de cada colheita, não diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações ($p < 0,05$) pelo teste F.

Todos os tratamentos nas safras 2016/2017 e 2018/2019 receberam aplicação com AVG ($62,5 \text{ mg L}^{-1}$).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Segundo Harker et al. (2008), consumidores preferem maçãs com teores de sólidos solúveis acima de 12° Brix. Segundo os dados obtidos no presente estudo, em duas das três safras avaliadas, apenas os frutos que receberam aplicação com H_3BO_3 e que foram colhidos

mais tarde, na colheita 2, apresentaram teores iguais ou acima do estabelecido por estes autores. Desta forma, a colheita antecipada poderia comprometer a qualidade e aceitação destes frutos pelo consumidor. Por outro lado, durante a safra 2018/2019, todos os tratamentos, em ambas as colheitas, apresentaram valores aceitáveis do atributo ($\geq 12^\circ$ Brix) (HARKER et al., 2008), mostrando que os teores de sólidos solúveis podem ser variáveis entre os anos. Em alguns mercados brasileiros é possível encontrar lotes de maçãs ‘Gala’ com teores de sólidos solúveis abaixo de 12%, principalmente nos meses de março, abril, setembro e dezembro (ARGENTA et al., 2015).

Após o armazenamento, a AT reduziu em média, em torno de 35% em relação aos valores obtidos durante o período de colheita dos frutos (Tabela 15). O aumento das concentrações aplicadas não resultou em diferença da acidez durante a safra 2016/2017 e na colheita 1 da safra 2017/2018. Já na colheita 2 da safra 2017/2018 e nas colheitas 1 e 2 da safra 2018/2019, a aplicação da concentração de $4,5 \text{ g L}^{-1}$ manteve os valores de acidez, respectivamente, em torno de 10, 8,3 e 4,2% maiores em relação aos frutos controle. Quanto ao número de aplicações, os valores médios das concentrações quando foram realizadas cinco pulverizações resultaram em redução da AT durante as duas colheitas da safra 2017/2018, e em aumento da acidez durante a colheita 2 da safra 2018/2019, em relação aos frutos dos tratamentos com três pulverizações.

Este aumento na acidez dos frutos devido à aplicação de H_3BO_3 segue o mesmo comportamento encontrado durante o período de colheita e pode ser um fator positivo para a maior aceitabilidade desses frutos pelo consumidor. Segundo Harker et al. (2008), mesmo que os frutos apresentem baixos valores de firmeza de polpa, a maior acidez desempenha papel essencial para o aumento da preferência pelo consumidor. De acordo com o estudo, frutos de menor firmeza, que apresentam acidez acima de 0,35%, tem aceitabilidade 18% maior em relação aos frutos com menores valores de acidez e que apresentavam a mesma firmeza. Contudo, em todas as safras avaliadas no nosso estudo, os valores de AT foram menores que 0,35%, mesmo quando foram tratados com H_3BO_3 . Isso pode ser um fator importante de rejeição, já que os frutos que receberam aplicação com fertilizante também apresentam firmeza de polpa menor que 60 N.

Tabela 15. Acidez titulável após o armazenamento refrigerado ($0,5^{\circ}\text{C}\pm 1$) mais sete dias de vida de prateleira ($21^{\circ}\text{C}\pm 2$) de maçãs ‘Imperial Gala’ submetidas a três e cinco pulverizações, em pré-colheita, com diferentes concentrações de H_3BO_3 .

Concentração de H_3BO_3 (g L^{-1})	Acidez titulável (%)					
	Colheita 01		MÉDIA	Colheita 02		MÉDIA
	3 aplicações	5 aplicações		3 aplicações	5 aplicações	
<i>2016/2017</i>						
0		0,22	0,22		0,23	0,23
1,5	0,23	0,21	0,22	0,25	0,24	0,25
3,0	0,22	0,21	0,22	0,21	0,24	0,22
4,5	0,22	0,23	0,22	0,26	0,24	0,25
Média	0,22 A	0,22 A		0,24 A	0,24 A	
Linear	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Quadrática	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
C.V. (%)	5,3	6,7	6,0	10,4	6,0	8,4
<i>2017/2018</i>						
0		0,24	0,24		0,20	0,20
1,5	0,27	0,23	0,25	0,23	0,21	0,22
3,0	0,24	0,25	0,24	0,21	0,18	0,19
4,5	0,25	0,22	0,23	0,22	0,22	0,22
Média	0,25 A	0,24 B		0,22 A	0,20 B	
Linear	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	*	<i>ns</i>	**
Quadrática	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	***	<i>ns</i>
C.V. (%)	7,2	8,5	8,4	6,4	9,4	8,5
<i>2018/2019</i>						
0		0,24	0,24		0,24	0,24
1,5	0,25	0,24	0,25	0,25	0,26	0,25
3,0	0,27	0,25	0,26	0,25	0,26	0,26
4,5	0,25	0,28	0,26	0,24	0,26	0,25
Média	0,25 A	0,25 A		0,24 B	0,25 A	
Linear	<i>ns</i>	**	***	<i>ns</i>	*	<i>ns</i>
Quadrática	*	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	*
C.V. (%)	5,8	8,0	6,9	5,5	5,5	5,9

Contrastes ortogonais polinomiais para efeitos de doses em cada nível de número de aplicações: (ns) não significativo e (*, **, ***) significativo a 5, 1 e 0,1%.

Letras iguais, dentro de cada colheita, não diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações ($p < 0,05$) pelo teste F.

Todos os tratamentos nas safras 2016/2017 e 2018/2019 receberam aplicação com AVG ($62,5 \text{ mg L}^{-1}$).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

A aplicação de H_3BO_3 resultou em frutos com coloração de fundo mais amarelada ao final do armazenamento, em todas as safras avaliadas (Tabela 16). Durante a colheita, este comportamento já vinha sendo verificado, principalmente nos frutos tratados com as maiores concentrações do fertilizante. Contudo, ao longo do armazenamento, os frutos mantiveram o

processo de amadurecimento, dando aspecto visual de maturação excessiva. Este resultado foi mais pronunciado nos frutos que receberam cinco aplicações com a concentração de 4,5 g L⁻¹ e foram colhidos tardiamente, durante a colheita 2 (Tabela 16).

Tabela 16. Coloração de fundo após o armazenamento refrigerado (0,5°C±1) mais sete dias de vida de prateleira (21°C±2) de maçãs ‘Imperial Gala’ submetidas a três e cinco pulverizações, em pré-colheita, com diferentes concentrações de H₃BO₃.

Concentração de H ₃ BO ₃ (g L ⁻¹)	h° - cor de fundo					
	Colheita 1		MÉDIA	Colheita 2		MÉDIA
	3 aplicações	5 aplicações		3 aplicações	5 aplicações	
<i>2016/2017</i>						
0	94,9		94,9	95,0		95,0
1,5	94,0	93,6	93,7	91,8	91,5	91,6
3,0	96,4	95,3	95,8	92,9	90,1	91,5
4,5	93,6	92,1	92,9	90,0	88,9	89,4
Média	94,7 A	94,0 B		92,4 A	91,4 B	
<i>Linear</i>	<i>ns</i>	*	*	***	***	***
<i>Quadrática</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	*	<i>ns</i>	*	*
C.V. (%)	1,5	1,6	1,6	2,2	2,8	2,5
<i>2017/2018</i>						
0	98,6		98,6	92,1		92,1
1,5	94,9	94,2	94,6	87,5	90,4	88,9
3,0	94,1	90,6	92,3	90,1	90,5	90,3
4,5	88,3	91,0	89,6	86,9	84,2	85,6
Média	94,0 A	93,6 A		89,2 A	89,3 A	
<i>Linear</i>	***	***	***	*	***	***
<i>Quadrática</i>	<i>ns</i>	**	<i>ns</i>	<i>ns</i>	*	<i>ns</i>
C.V. (%)	4,7	3,8	4,2	3	3,8	3,4
<i>2018/2019</i>						
0	96,2		96,2	93,3		93,3
1,5	95,5	93,1	94,3	94,2	89,4	91,8
3,0	94,6	95,4	95,0	90,5	88,8	89,6
4,5	95,8	91,3	93,6	91,9	86,5	89,2
Média	95,5 A	94,0 B		92,5 A	89,5 B	
<i>Linear</i>	<i>Ns</i>	***	***	*	***	***
<i>Quadrática</i>	<i>Ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
C.V. (%)	1,3	2,5	2,1	1,9	3,0	2,9

Contrastes ortogonais polinomiais para efeitos de doses em cada nível de número de aplicações: (ns) não significativo e (*, **, ***) significativo a 5, 1 e 0,1%.

Letras iguais, dentro de cada colheita, não diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações (p<0,05) pelo teste F.

Todos os tratamentos nas safras 2016/2017 e 2018/2019 receberam aplicação com AVG (62,5 mg L⁻¹).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

A cor de fundo amarelada é um fator importante para a aceitação ou rejeição no momento da compra, pois é uma das primeiras características, junto com a coloração vermelha, observadas pelo consumidor para escolha dos frutos. Maçãs muito amareladas apresentam aspecto que infere subjetivamente a baixa firmeza de polpa e frutos com textura farinácea, fatores preponderantes para rejeição pelo consumidor (HARKER et al., 2008). Por outro lado, estudos mostram que em maçãs de cultivares rajadas a preferência do consumidor é por frutos com cor de fundo amarelada, apesar deste padrão ser variável entre regiões (CLIFF et al., 2002).

Contudo, o mercado brasileiro apresenta alta restrição a frutos muito amarelados. Segundo Argenta et al. (2015), o tempo médio entre a embalagem e a exposição de maçãs ‘Gala’ nas gôndolas do mercado brasileiro é de 28 dias. Se observarmos pelos dados obtidos em nosso estudo, apenas sete dias de exposição na temperatura de 21°C resultaram em frutos com amarelecimento acentuado da epiderme e com baixa firmeza de polpa. Levando em consideração o período de 28 dias até a venda do produto, frutos que receberam aplicação com H_3BO_3 podem ter sua comercialização totalmente inviabilizada devido à perda acelerada da qualidade visual e interna.

A aplicação de H_3BO_3 resultou em maior perda de massa durante o armazenamento dos frutos (Tabela 17). Na média de ambas as safras, frutos da colheita 1 que receberam aplicação com a concentração de 4,5 g L⁻¹ apresentaram aumento na perda de massa de 40% em relação a frutos do tratamento controle. Já na colheita 2, frutos tratados com H_3BO_3 não apresentaram diferenças significativas durante a safra 2017/2018, e resultaram em diminuição da perda de massa durante a safra 2018/2019. Além disso, a realização de cinco aplicações resultou em maior perda de massa em relação a apenas três pulverizações.

Após oito meses de armazenamento em atmosfera controlada, Brackmann et al. (2016) também verificaram aumento na perda de massa em maçãs ‘Galaxy’ que receberam tratamento com H_3BO_3 durante a pré-colheita dos frutos. Estes autores associam o resultado ao maior metabolismo dos frutos submetidos ao tratamento com o fertilizante. Pensando em termos práticos, a aplicação de H_3BO_3 pode resultar em elevadas perdas para as empresas de armazenamento do fruto. Segundo os dados obtidos no nosso estudo, se levarmos em consideração uma câmara refrigerada com capacidade de armazenamento de 80 toneladas, a aplicação de H_3BO_3 resultaria em 1064 kg de frutos a menos, no momento de abertura da câmara, em relação a frutos não tratados com o fertilizante.

Tabela 17. Perda de massa após o armazenamento refrigerado ($0,5^{\circ}\text{C}\pm 1$) em maçãs ‘Imperial Gala’ submetidas a três e cinco pulverizações, em pré-colheita, com diferentes concentrações de H_3BO_3 .

Concentração de H_3BO_3 (g L^{-1})	Perda de massa (%)					
	Colheita 1		MÉDIA	Colheita 2		MÉDIA
	3 aplicações	5 aplicações		3 aplicações	5 aplicações	
<i>2017/2018</i>						
0		3,38	3,38		3,98	3,98
1,5	4,09	4,84	4,46	4,50	4,58	4,54
3,0	5,21	5,95	5,58	4,46	4,51	4,48
4,5	4,82	5,10	4,96	4,39	4,64	4,51
Média	4,38 B	4,82 A		4,33 A	4,43 A	
<i>Linear</i>	**	**	***	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
<i>Quadrática</i>	<i>ns</i>	**	**	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
C.V. (%)	21,3	23,0	22,5	19,3	21,6	20,2
<i>2018/2019</i>						
0		3,06	3,06		4,68	4,68
1,5	3,53	3,50	3,52	4,60	3,78	4,20
3,0	4,12	3,57	3,84	3,47	4,71	4,09
4,5	4,16	4,10	4,13	3,82	6,00	4,91
Média	3,72 A	3,56 B		4,14 B	4,79 A	
<i>Linear</i>	***	**	***	**	***	<i>ns</i>
<i>Quadrática</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	***	***
C.V. (%)	14,2	12,9	13,6	15,7	17,8	18,3

Contrastes ortogonais polinomiais para efeitos de doses em cada nível de número de aplicações: (ns) não significativo e (*, **, ***) significativo a 5, 1 e 0,1%.

Letras iguais, dentro de cada colheita, não diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações ($p < 0,05$) pelo teste F.

Todos os tratamentos nas safras 2016/2017 e 2018/2019 receberam aplicação com AVG ($62,5 \text{ mg L}^{-1}$).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Durante os três anos de avaliação do estudo não foi verificado aumento da incidência de podridões ou distúrbios fisiológicos devido à aplicação de H_3BO_3 (dados não apresentados). Contudo, nos frutos da safra 2016/2017, que permaneceram por quatro meses armazenados em ambiente refrigerado, ocorreu aumento da incidência de frutos com polpa farinácea, o que pode ser verificado pelos baixos valores de firmeza de polpa, principalmente em frutos da colheita 2. Em estudo com aplicação de B após o florescimento de maçãs ‘Elstar’, Wójcik et al. (1999) verificaram aumento na incidência de “bitter pit”, degenerescência de polpa e de podridões nos frutos. Os autores relacionam este resultado ao aumento da maturação ocasionada pela aplicação de B. Desta forma, embora a colheita antecipada tenha mostrado frutos com melhores condições para comercialização após o armazenamento, o risco de perda exacerbada da qualidade e de rejeição pelo mercado consumidor pode ser alto, não justificando os gastos com a manutenção destes frutos em câmaras frias.

1.4 - CONCLUSÕES

1. A pulverização com H_3BO_3 , durante a pré-colheita de maçãs 'Imperial Gala', aumenta a produção de etileno, acelera a degradação de amido, reduz a firmeza de polpa e aumenta o teor de sólidos solúveis, resultando, conseqüentemente, em frutos mais maduros;
2. Cinco pulverizações na concentração de 4,5 g de $H_3BO_3 L^{-1}$ apresentam maior efetividade na antecipação da maturação, podendo antecipar a colheita em torno de sete dias sem apresentar perdas significativas no tamanho dos frutos;
3. Embora a colheita antecipada de maçãs tratadas com H_3BO_3 apresente melhor qualidade após o armazenamento refrigerado em relação à colheita tardia, o armazenamento não é recomendado devido à elevada taxa de perda de firmeza de polpa e de massa, além do elevado amarelecimento dos frutos. Desta forma, frutos tratados com o fertilizante devem, preferencialmente, ter imediata comercialização após a colheita.

CAPÍTULO 2 - APLICAÇÃO FOLIAR DE ÁCIDO BÓRICO AUMENTA A COLORAÇÃO E O RENDIMENTO ECONÔMICO DE MAÇÃS

Resumo: A cor vermelha de maçãs é determinante para aceitação e definição do valor pago pelo produto no mercado consumidor. Contudo, certos manejos indispensáveis para a produção resultam em frutos com coloração deficiente. O objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência do número de aplicações foliares com diferentes concentrações de ácido bórico na coloração dos frutos e seus efeitos sobre a categorização e o rendimento econômico em maçãs. O estudo foi desenvolvido durante as safras 2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019 em pomar comercial, coberto com tela antigranizo preta, no município de Vacaria-RS. Macieiras ‘Imperial Gala’ foram submetidas a três e cinco pulverizações com diferentes concentrações de ácido bórico (0; 1,5; 3,0 e 4,5 g L⁻¹). Durante duas das safras avaliadas, todo o pomar recebeu aplicação com AVG (62,5 mg L⁻¹). Foram realizadas duas colheitas em cada safra onde foram avaliados os atributos de coloração dos frutos. Nas três safras avaliadas, o aumento no número de aplicações e das concentrações aplicadas resultou em frutos com maior recobrimento e maior intensidade de vermelho devido ao maior teor de antocianinas na epiderme. Por outro lado, o aumento das concentrações resultou em frutos mais amarelados, dando aspecto de maturação avançada, principalmente naqueles da segunda colheita. Com o aumento das concentrações, maior quantidade de frutos foram classificadas nas categorias de maior coloração, resultando em maior rendimento econômico na comercialização. Aplicações de ácido bórico são eficientes em aumentar a cor vermelha e o rendimento econômico em frutos produzidos sob condições limitantes à coloração.

Palavras-chave: *Malus domestica* Borkh, boro, nutrição de plantas, bioestimulantes.

2.1 - INTRODUÇÃO

A cor vermelha é um dos atributos de qualidade mais importantes que determinam a categorização e o valor comercial de maçãs nas gôndolas do mercado. No Brasil, esta categorização é baseada na Instrução Normativa 05/2006, regulada pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, a qual estabelece valores mínimos de coloração por categoria comercializada (BRASIL, 2006). Durante a comercialização, entre as categorias de

maior e menor coloração, as diferenças de preço chega a 30% no mercado atacadista (CEPA, 2019).

Embora a preferência do consumidor varie entre cultivares, estágio de maturação (IGLESIAS et al., 2008), e também pelo perfil regional do consumo (CLIFF et al., 2002), a coloração dos frutos é determinante na escolha do produto no momento da compra. Segundo Perosa et al. (2013), o consumo de maçã é superior ao de outras frutas mais tradicionais no Brasil, devido à maior oferta desta fruta durante todo o ano, preços acessíveis, praticidade para o consumo individual e facilidade de acesso. Esta maior oferta é resultado do emprego de novas tecnologias na cadeia produtiva do fruto (PETRI et al., 2011), como a inserção de cultivares mais produtivas e atrativas ao consumidor, maior efetividade no manejo de pragas e doenças, proteção dos pomares contra intempéries climáticas, juntamente com o emprego de tecnologias que aumentam o período de armazenamento, permitindo atender a demanda do mercado durante a entressafra.

Mesmo assim, o emprego de algumas dessas tecnologias de produção acaba ocasionando efeitos indesejados em alguns atributos de qualidade, principalmente sobre a coloração vermelha dos frutos. Como exemplo, a cobertura dos pomares com telas antigranizo (AMARANTE et al., 2011; MUPAMBI et al., 2018), adubações excessivas com nitrogênio (NAVA et al., 2008), e também o uso de reguladores do crescimento para o manejo da colheita (STEFFENS et al., 2006; WHALE et al., 2008). Contudo, embora essas técnicas de manejo tragam efeitos deletérios sobre a cor, seu emprego é essencial para garantir adequada produção e qualidade de frutos durante a colheita.

Segundo Gonçalves et al. (2017), em torno de 70% da produção nacional de maçãs, cerca de 910.000 toneladas, é colhida em um curto espaço de tempo, de apenas 4 a 6 semanas, obrigando os produtores a lançar mão de aplicações com etefom e aminoetoxivinilglicina (AVG) para ampliar o período de colheita, de forma a aproveitar a mão de obra contratada, assim como colher os frutos no momento de maturação ideal. Contudo, o escalonamento utilizando AVG, além de retardar a data de colheita e evitar perdas pela queda dos frutos (HAWERROTH et al., 2011; SCOLARO et al., 2015), também reduz a coloração vermelha na epiderme dos mesmos (STEFFENS et al., 2006; WHALE et al., 2008).

O uso de etefom melhora a coloração de maçãs que receberam aplicações com AVG (STOVER et al., 2003; STEFFENS et al., 2006), diminuindo os efeitos negativos sobre a coloração dos frutos. A aplicação única deste produto, além de melhorar a coloração também aumenta o rendimento financeiro devido ao melhor aspecto visual e maior atratividade destes

frutos pelo mercado consumidor (PESTEANU, 2017). Aplicações de bioestimulantes e fertilizantes foliares também têm se mostrado eficientes no incremento de antocianinas e da coloração vermelha em maçãs produzidas no sul do Brasil (FENILI et al., 2018).

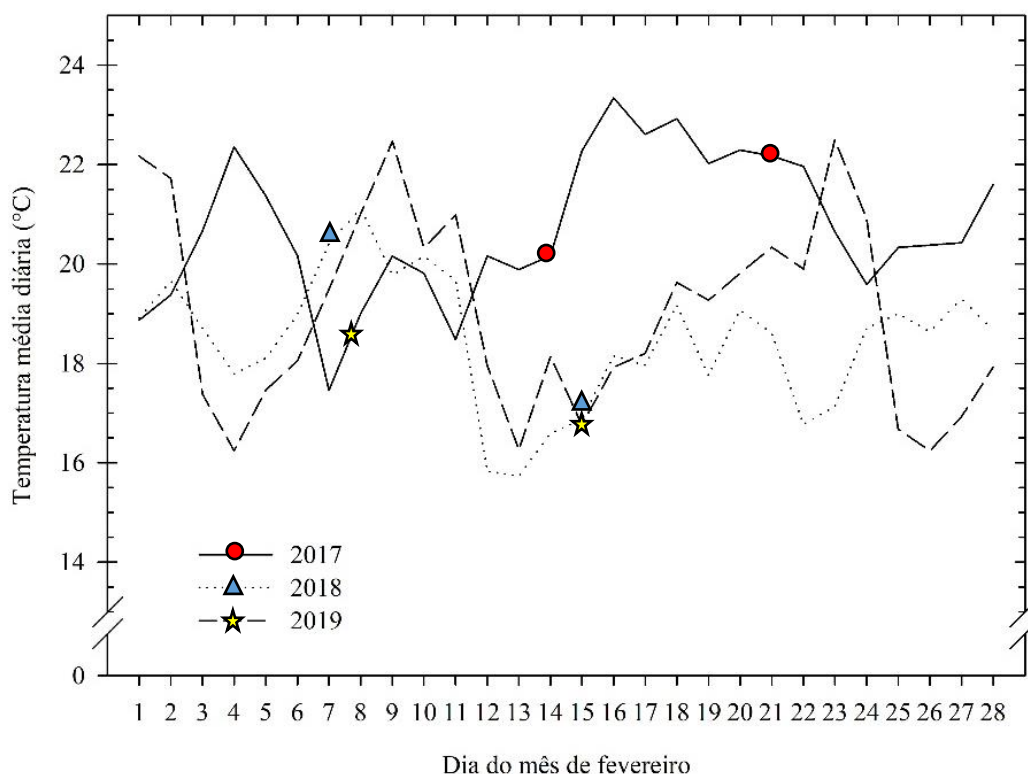
Por outro lado, a nutrição das macieiras também é um aspecto essencialmente determinante para a coloração vermelha dos frutos. Adubações excessivas com nitrogênio (NAVA et al., 2008) e fósforo no solo (GERBER et al., 2018) resultam em frutos menos vermelhos. Por outro lado, aplicações de potássio no solo (HUNSCHE et al., 2003; NAVA et al., 2008) e de fósforo via foliar (ŠTAMPAR et al., 2015) têm mostrado aumento significativo na coloração de maçãs. Recentes estudos sugerem que aplicações com boro podem antecipar a maturação (SÁ et al., 2014), e com isso incrementar a coloração (WOJCIK et al., 2008) e o teor de antocianinas em maçãs (KHALIFA et al., 2009; KASSEM et al., 2016), podendo ser uma boa alternativa, tanto para a manutenção da nutrição de macieiras quanto para melhorar a coloração vermelha dos frutos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de aplicações foliares com diferentes concentrações de H_3BO_3 na coloração dos frutos e seus efeitos sobre a categorização e o rendimento econômico em maçãs ‘Imperial Gala’ produzidas sob telas antigranizo.

2.2 - MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em pomar comercial localizado no município de Vacaria-RS (28°23’S e 50°51’W, a 971 m de altitude), durante as safras 2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019. Segundo Alvares et al. (2014), pela classificação de Köppen, o clima da região é classificado como mesotérmico úmido (Cfb), com temperatura e precipitação médias anuais, durante as três safras avaliadas, de 15,7 °C e 1788 mm. O solo predominante é Latossolo Bruno, com valores de matéria orgânica: 27 g dm^{-3} ; pH (H_2O): 5,7; Ca: 6,4 $cmol_c dm^{-3}$; Mg: 2,7 $cmol_c dm^{-3}$; K: 0,4 $cmol_c dm^{-3}$; P: 22,8 $mg dm^{-3}$ e B: 1,9 $mg dm^{-3}$. O pomar de macieiras ‘Imperial Gala’ foi implantado em 2002, sobre porta enxerto M.9, conduzido em líder central, em sistema de alta densidade (3800 plantas ha^{-1}). Durante os três anos de condução do estudo, o pomar ficou coberto com tela antigranizo de coloração preta, ocasionando aproximadamente 20% de sombreamento às plantas.

Figura 5. Temperaturas médias diárias durante fevereiro dos anos 2017, 2018 e 2019, em Vacaria - RS. As formas indicam as datas de colheita dentro de cada safra analisada.



Fonte: Embrapa Uva e Vinho/Vacaria-RS, 2019.

Os tratamentos consistiram em três e cinco aplicações nas concentrações 0 (sem aplicação); 1,5; 3,0 e 4,5 g de $H_3BO_3 L^{-1}$. As pulverizações foram realizadas com atomizador acoplado a um trator, na vazão de $1000 L ha^{-1}$, iniciando aproximadamente 70 dias após a plena floração (DAPF). Após o início das aplicações, cada pulverização foi espaçada em torno de 15 e 10 dias, quando realizadas 3 e 5 aplicações, respectivamente, até a data de colheita dos frutos. Durante as safras 2016/2017 e 2018/2019, foi realizado, em todos tratamentos, uma aplicação com aminoetoxivinilglicina (AVG) na concentração de $62,8 mg L^{-1}$, cerca de 30 dias antes da colheita. Durante a safra 2017/2018, foram realizadas apenas aplicações com as concentrações de H_3BO_3 anteriormente mencionadas.

Para a colheita foram selecionadas, aleatoriamente, dezesseis plantas das quais foram colhidos todos os frutos da porção mediana do dossel em cada uma das colheitas realizadas. A primeira colheita (colheita 1) foi realizada, durante as três safras, em torno de 130 DAPF, consistindo na colheita antecipada. Já a segunda colheita (colheita 2) foi realizada em torno de

sete dias após a colheita 1, sendo feita junto com a colheita comercial realizada pela empresa que cedeu o pomar para o estudo. Com os frutos colhidos foram feitas, aleatoriamente, quatro repetições de 40 frutos, totalizando 160 frutos por tratamento dos quais foram avaliados os atributos de coloração da epiderme.

A coloração foi determinada pela porcentagem de cor vermelha (PCV) que recobria a epiderme dos frutos por meio de análise visual subjetiva de apenas um avaliador, durante as três safras analisadas. A intensidade da cor vermelha da epiderme, bem como a cor de fundo, foi obtida pela média do valor h° dos frutos utilizando colorímetro digital (Minolta CR-400), nos lados mais e menos coloridos. Nesta avaliação, valores de h° próximos a 0, 90 e 180 representavam as cores vermelha, amarela e verde, respectivamente. Os frutos foram categorizados, de acordo com o percentual de cor vermelha e desconsiderando os outros indicadores de categorização, conforme a IN 05/2006 (BRASIL, 2006), a qual estabelece que maçãs de cultivares rajadas e mistas devem ser classificadas nas categorias: Extra $\geq 60\%$; Cat.1 $\geq 40\%$; Cat.2 $\geq 20\%$; Cat.3 $\geq 10\%$; e frutos fora de categoria (FC) $< 10\%$.

O teor de antocianinas totais foi determinado segundo metodologia proposta por Fuleki & Francis (1968), utilizando 10 frutos de cada amostra, que foram descascados, resguardando apenas a epiderme, a qual foi imediatamente congelada em nitrogênio líquido e macerada para obtenção da amostra. Foi utilizado 1,0 g de amostra de epiderme macerada, adicionado a 10 mL de etanol/água destilada (95:5, v/v) acidificado com ácido clorídrico (HCl, 1,5 N), na proporção 85:15 (etanol/HCl v/v). As amostras foram homogeneizadas em ultraturrax, mantidas durante 24 h a 4 °C, e encaminhadas para centrifugação, também na temperatura de 4 °C, durante 10 minutos a 20.000 x g. Foram utilizados 0,5 mL do sobrenadante e adicionado 2,0 mL do solvente extrator. As leituras foram realizadas em microplacas de 24 poços, nos comprimentos de onda de 535 e 700 nm. Os resultados foram expressos em mg equivalente cianidina 3-glicosídeo/100g de massa fresca.

Para o cálculo dos indicadores econômicos foram utilizados valores médios pagos por categoria ao produtor, obtidos durante a safra 2018, a partir da média de várias empresas embaladoras do ramo. Os preços médios (R\$ kg⁻¹) de referência foram: Cat. 1: 1,50; Cat. 2: 0,90; Cat. 3: 0,45; e frutos fora de categoria (FC): 0,19. O custo total de produção estimado para um pomar de alta tecnologia, e com produtividade esperada de 42.500 toneladas, foi de R\$ 31.883/ha (CONAB, 2018). Os custos extras com a aplicação do produto (Tabela 18) foram R\$ 7,43/kg de produto comercial contendo H₃BO₃; R\$ 14,1/h de trabalho do aplicador; e R\$ 125/h

de trabalho do maquinário utilizado (CEPA, 2019). A renda bruta (R\$ ha⁻¹) foi calculada pela soma dos resultados obtidos a partir da multiplicação entre a produção e o valor pago pelos frutos dentro de cada categoria. A renda líquida (R\$ ha⁻¹) foi obtida considerando a renda bruta, da qual foram subtraídos os custos totais de produção. A taxa de retorno, que expressa quantos Reais foram obtidos por cada Real aplicado no sistema, foi calculada pela razão entre a renda bruta e o custo de produção. A margem de lucro (%) foi obtida pela razão entre os valores de renda líquida e renda bruta de cada tratamento.

Tabela 18. Custo total de produção estimado em pomar de maçãs de alta tecnologia, somado aos custos com três e cinco aplicações de diferentes concentrações de H₃BO₃ durante a pré-colheita dos frutos.

Concentração de H ₃ BO ₃ (g L ⁻¹)	Número de aplicações	Custo total em pomar de alta tecnologia (R\$ ha ⁻¹) ⁽¹⁾	Custo do produto (R\$ ha ⁻¹) ⁽²⁾	Custo de aplicação (R\$ ha ⁻¹) ⁽²⁾	CUSTO TOTAL (R\$ ha ⁻¹)
0	0	31.883,42	0	0	31.883,42
1,5	3	31.883,42	33,44	419,58	32.336,44
3,0	3	31.883,42	66,87	419,58	32.369,87
4,5	3	31.883,42	100,31	419,58	32.403,31
1,5	5	31.883,42	55,73	699,30	32.638,45
3,0	5	31.883,42	111,45	699,30	32.694,17
4,5	5	31.883,42	167,18	699,30	32.749,90

FONTE: (CONAB 2018) ⁽¹⁾ CEPA (2019) ⁽²⁾ Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/custos-de-producao/planilhas-de-custo-de-producao/itemlist/category/405-planilhas-de-custos-de-producao-culturas-permanentes>. Acesso: 15 de abril de 2019.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

O delineamento experimental utilizado foi em parcelas subdivididas, onde as concentrações e o número de aplicações caracterizaram a parcela principal e a subparcela, respectivamente. A análise de variância (ANOVA) foi realizada para cada variável. Os valores médios de PCV e h° das repetições de cada amostra foram comparados por contrastes ortogonais quando avaliadas as concentrações, e pelo teste F ($p < 0,05$) quando avaliado o número de aplicações. Os teores de antocianinas e os indicadores de rendimento econômico foram analisados por regressão.

2.3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 19. Valor de p dentro de concentrações (C), número de aplicações realizadas (A) e interação entre concentrações e aplicação (C x A) para as variáveis de qualidade em maçãs ‘Imperial Gala’, para dois períodos de colheita em diferentes safras.

Variável	Colheita 1			Colheita 2		
	Concentração (C)	Aplic. (A)	C x A	Concentração (C)	Aplic. (A)	C x A
	<i>2016/2017</i>					
PCV	< 0,001	0,041	0,244	< 0,001	0,141	0,044
h° - lado vermelho	0,001	0,421	0,321	< 0,001	0,327	0,640
h° - cor de fundo	< 0,001	0,015	0,008	< 0,001	0,010	0,175
	<i>2017/2018</i>					
PCV	< 0,001	0,177	0,095	< 0,001	0,004	0,012
h° - lado vermelho	< 0,001	0,103	0,548	0,005	0,210	0,554
h° - cor de fundo	< 0,001	0,106	0,253	< 0,001	0,438	0,297
	<i>2018/2019</i>					
PCV	< 0,001	0,055	< 0,001	< 0,001	0,043	< 0,001
h° - lado vermelho	< 0,001	0,110	0,038	0,343	0,017	0,060
h° - cor de fundo	< 0,001	0,008	0,001	0,126	0,838	0,503

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

O aumento das concentrações de H_3BO_3 aplicadas às plantas resultou em frutos com maior porcentagem da epiderme coberta com vermelho, em todas as colheitas, durante as três safras avaliadas (Tabela 20). Houve interação entre concentrações e número de aplicações de H_3BO_3 na colheita 2 das safras 2016/2017 e 2017/2018, e em ambas as colheitas da safra 2018/2019 (Tabela 19).

Na safra 2016/2017, a elevação da concentração de H_3BO_3 aplicada promoveu aumento de 44% na coloração vermelha dos frutos da colheita antecipada. Nesta colheita, a realização de cinco pulverizações se mostrou mais efetiva, com coloração dos frutos 9% maior em relação a apenas três aplicações. Quando estes frutos permaneceram por mais tempo no pomar, três e cinco aplicações com a concentração de $4,5 \text{ g L}^{-1}$ resultaram, respectivamente, em coloração 89 e 76% maior em relação aos frutos não tratados, os quais não apresentaram aumento na coloração com o atraso da colheita durante esta safra, evidenciando o efeito negativo da aplicação de AVG em pré-colheita (STEFFENS et al., 2006; SCOLARO et al., 2015) e da cobertura do pomar com tela antigranizo (AMARANTE et al., 2007) sobre a coloração vermelha dos frutos.

Na safra 2017/2018, devido os frutos não terem recebido nenhuma aplicação com AVG, as pulverizações com H_3BO_3 apresentaram resultados mais expressivos no aumento da

coloração vermelha dos frutos (Tabela 20). Frutos da colheita 1, tratados com $4,5 \text{ g L}^{-1}$, apresentaram aumento de 169% na coloração vermelha em relação aos frutos controle. Já frutos da colheita 2, submetidos a três e cinco pulverizações com esta mesma dose, tiveram aumento de 30 e 33% na coloração da epiderme, respectivamente. Ao contrário da safra anterior, frutos que não receberam aplicações com H_3BO_3 apresentaram aumento da coloração com o atraso na colheita, porém em valores inferiores aos dos frutos tratados com H_3BO_3 .

Durante a safra 2018/2019, três e cinco aplicações de ácido bórico na concentração de $4,5 \text{ g L}^{-1}$ resultaram, respectivamente, em aumento da coloração vermelha dos frutos que variaram de 45 a 133% na colheita 1, e de 18 a 52% na colheita 2 (Tabela 20). Além disso, na média de todas as concentrações utilizadas, a realização de cinco pulverizações resultou em 11% mais coloração nos frutos da colheita 2 em relação a apenas três aplicações. Embora nesta safra tenha sido aplicado AVG em todos os tratamentos, os frutos que não receberam aplicação com H_3BO_3 mostraram aumento da coloração com o atraso da colheita, provavelmente devido às menores temperaturas (DAR et al., 2019) durante as noites que antecederam a colheita 2 (Figura 5).

Aumento da coloração vermelha em maçãs cultivadas em condições de baixa disponibilidade de B foi verificado após a aplicação do nutriente via solo, mas não quando foram realizadas aplicações foliares (WOJCIK et al., 2008). Da mesma forma, a fertirrigação em maçãs ‘Jonagold’ (WOJCIK & TREDER, 2006) e a aplicação foliar de B em maçãs ‘Honeycrisp’ (ARSENEAULT & CLINE, 2018) não mostraram efeito significativo sobre a cor dos frutos. Contudo, os resultados obtidos em nosso trabalho mostram aumento expressivo na coloração de maçãs ‘Imperial Gala’ que receberam pulverizações com B em pré-colheita. Este comportamento é muito próximo ao obtido pela aplicação de bioestimulantes em maçãs ‘Daiane’ (FENILI et al., 2018), e também ao obtido pela aplicação de etefom (WANG & DILLEY, 2001; STEFFENS et al., 2006; WHALE et al., 2008; PESTEANU, 2017).

O etefom é um regulador de crescimento que libera etileno após ser absorvido pelos tecidos, desencadeando diversos processos fisiológicos, como o aumento do etileno endógeno, mudança de coloração e indução da maturação dos frutos. O aumento da coloração vermelha, neste caso, está relacionado ao papel do etileno na atividade de enzimas envolvidas na biossíntese de antocianinas, responsáveis pela cor nos frutos. Desta forma, como as aplicações com B aumentam a produção de etileno (BRACKMANN et al., 2016), possivelmente a maior coloração nestes frutos seja em resposta à elevação desse fitormônio e, conseqüentemente, do aumento na biossíntese de antocianinas pelo tecido epidérmico.

Tabela 20. Porcentagem da epiderme recoberta pela cor vermelha em maçãs ‘Imperial Gala’ submetidas a três e cinco pulverizações com diferentes concentrações de H_3BO_3 , durante três safras de produção.

Concentração de H_3BO_3 (g L ⁻¹)	Porcentagem de cor vermelha (%)					
	Colheita 1		MÉDIA	Colheita 2		MÉDIA
	3 aplicações	5 aplicações		3 aplicações	5 aplicações	
<i>2016/2017</i>						
0		34,3	34,3		30,5	30,5
1,5	39,4	39,5	39,4	43,7	51,1	47,4
3,0	32,5	39,8	36,2	44,4	50,9	47,6
4,5	46,2	52,7	49,5	57,5	53,7	55,6
Média	38,1 B	41,6 A		44,0 A	46,5 A	
Linear	*	***	***	***	***	***
Quadrática	ns	ns	*	ns	**	**
C.V. (%)	17,1	20,1	19,1	24,2	21,7	22,8
<i>2017/2018</i>						
0		24,0	24,0		45,1	45,1
1,5	39,2	39,3	39,2	63,2	50,4	56,8
3,0	42,9	53,2	48,0	51,8	51,7	51,8
4,5	63,8	65,2	64,5	58,5	60,0	59,3
Média	42,5 A	45,4 A		54,6 A	51,8 B	
Linear	***	***	***	*	***	***
Quadrática	ns	ns	ns	*	ns	ns
C.V. (%)	36,1	36,2	35,8	14,7	12,3	13,7
<i>2018/2019</i>						
0		23,8	23,8		39,6	39,6
1,5	31,7	35,6	33,6	41,8	52,8	47,3
3,0	43,3	37,1	40,2	49,8	45,3	47,6
4,5	34,5	55,5	45,0	46,7	60,0	53,4
Média	33,3 A	38,0 A		44,5 B	49,4 A	
Linear	***	***	***	***	***	***
Quadrática	**	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	23,6	32,2	29,1	10,5	17,1	15,2

Contrastes ortogonais polinomiais para efeitos de doses em cada nível de número de aplicações: (ns) não significativo e (*, **, ***) significativo a 5, 1 e 0,1%.

Letras iguais, dentro de cada colheita, não diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações ($p < 0,05$) pelo teste F.

Todos os tratamentos nas safras 2016/2017 e 2018/2019 receberam aplicação com AVG (62,5 mg L⁻¹).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Seguindo o mesmo comportamento apresentado pela porcentagem de cor vermelha, as aplicações de H_3BO_3 resultaram em redução linear nos valores de h° , indicando maior intensidade da cor vermelha na epiderme na região mais colorida dos frutos (Tabela 21). A pulverização da maior concentração de H_3BO_3 (4,5 g L⁻¹) resultou nas colheitas 1 e 2, respectivamente, em redução dos valores h° de 17 e 20% na safra 2016/2017, e de 36 e 16% na safra 2017/2018, em relação aos frutos não tratados. Durante a safra 2018/2019, houve interação

entre concentrações e número de aplicações apenas na colheita 1 (Tabela 19). Nesta colheita, a realização de três e cinco pulverizações resultaram em redução de 14 e 38% nos valores h° , respectivamente, em relação ao controle. Já para frutos da colheita 2, a aplicação da maior concentração resultou em decréscimo de 8% na variável, quando comparado a frutos controle. Além disso, o uso de cinco aplicações também resultou em menores valores de h° em comparação a apenas três pulverizações (Tabela 21).

Tabela 21. Valores de h° na epiderme da região mais vermelha de maçãs ‘Imperial Gala’ submetidas a três e cinco pulverizações com diferentes concentrações de H_3BO_3 , durante três safras de produção.

Concentração de H_3BO_3 (g L ⁻¹)	h° - região mais vermelha do fruto					
	Colheita 1		MÉDIA	Colheita 2		MÉDIA
	3 aplicações	5 aplicações		3 aplicações	5 aplicações	
	<i>2016/2017</i>					
0	53,0		53,0	46,6		46,6
1,5	43,2	46,8	45,0	41,0	39,1	40,0
3,0	50,8	48,4	49,6	40,9	38,4	39,6
4,5	45,9	42,5	44,2	37,2	37,6	37,4
Média	48,2 A	47,7 A		41,4 A	40,4 A	
Linear	ns	*	**	**	***	***
Quadrática	ns	ns	ns	ns	*	*
C.V. (%)	10,1	11,5	10,4	10,4	10,6	10,4
	<i>2017/2018</i>					
0	63,9		63,9	47,4		47,4
1,5	56,8	50,8	53,8	39,1	42,2	40,7
3,0	51,4	45,5	48,5	39,3	42,5	40,9
4,5	40,4	41,0	40,7	40,7	38,9	39,8
Média	53,1 A	50,3 A		41,6 A	42,7 A	
Linear	***	***	***	ns	*	**
Quadrática	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	20,1	20,6	20,2	11,9	10,6	11,1
	<i>2018/2019</i>					
0	60,2		60,2	47,6		47,6
1,5	53,4	52,2	52,8	46,0	41,0	43,5
3,0	43,4	43,8	43,6	43,4	45,1	44,2
4,5	51,8	37,3	44,5	49,6	37,5	43,6
Média	52,2 A	48,4 A		46,6 A	42,8 B	
Linear	*	***	***	ns	**	ns
Quadrática	*	ns	*	ns	ns	ns
C.V. (%)	15,4	20,8	18,3	13,1	10,8	12,7

Contrastes ortogonais polinomiais para efeitos de doses em cada nível de número de aplicações: (ns) não significativo e (*; **; ***) significativo a 5, 1 e 0,1%.

Letras iguais, dentro de cada colheita, não diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações ($p < 0,05$) pelo teste F.

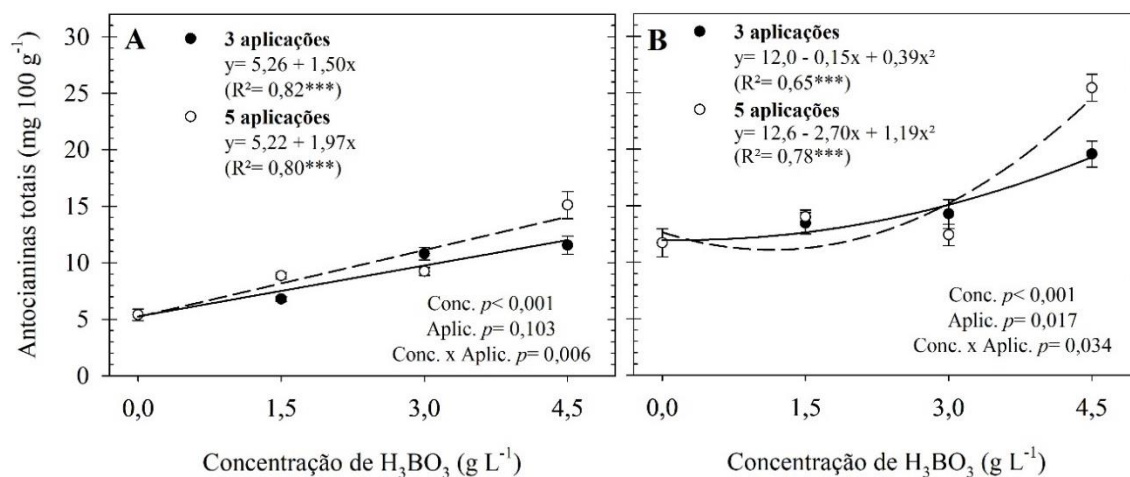
Todos os tratamentos nas safras 2016/2017 e 2018/2019 receberam aplicação com AVG (62,5 mg L⁻¹).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Na média das três safras avaliadas, o teor de antocianinas na epiderme dos frutos aumentou com as concentrações de H_3BO_3 aplicadas (Figura 6), explicando o aumento da porcentagem e intensidade do vermelho nos frutos tratados com o fertilizante. Na colheita 1, três e cinco pulverizações com a maior concentração ($4,5 \text{ g L}^{-1}$) de H_3BO_3 resultaram em teores 2,1 e 2,8 vezes maiores em relação ao teor de antocianinas de frutos não tratados (Figura 6). Nesta colheita, não houve diferença no teor do pigmento quanto ao número de pulverizações efetuadas. Na colheita 2, os frutos de plantas submetidas à aplicação do fertilizante apresentaram aumento exponencial do pigmento, onde três e cinco pulverizações com a maior dose resultaram em teores 1,7 e 2,2 vezes maiores, em comparação aos frutos não tratados. Nesta colheita, na média de todas as concentrações, a realização de cinco pulverizações resultou em aumento de 30% no teor de antocianinas em relação à apenas três aplicações (Figura 6).

O teor médio de antocianinas nos frutos aumentou de 9,14 para 15,32 mg/100g de massa fresca nas colheitas 1 e 2, respectivamente, evidenciando o aumento da coloração dos frutos com o atraso da colheita (DAR et al., 2019). Contudo, este aumento foi mais expressivo quando os frutos receberam aplicação com altas concentrações de B. Aumento no teor de antocianinas também foi relatado em maçãs 'Anna' tratadas via foliar com diferentes concentrações de H_3BO_3 (KHALIFA et al., 2009) e de bórax (KASSEM et al., 2016). Segundo estes autores, as aplicações com esses fertilizantes também promoveram aumento na concentração de açúcares totais e, conseqüentemente, no teor de sólidos solúveis. LIU et al. (2016), descrevem que o incremento da coloração em maçãs é altamente correlacionado com o aumento dos açúcares nos frutos, uma vez que este é utilizado como substrato para a atividade de enzimas envolvidas na biossíntese de antocianinas (LI et al., 2004). Por outro lado, este resultado também pode ser explicado pelo aumento na produção de etileno em frutos que receberam aplicações com B em pré-colheita (BRACKMANN et al., 2016), devido ao papel desse fitormônio na atividade da enzima fenilalanina amônia-liase (PAL) que é precursora da rota de biossíntese do pigmento (DAR et al., 2019).

Figura 6. Teor de antocianinas totais (mg de cianidina 3-glicosídeo 100 g⁻¹ de epiderme fresca), durante a colheita 1 (A) e 2 (B), na epiderme de maçãs ‘Imperial Gala’ submetidas a três e cinco aplicações com diferentes concentrações de H₃BO₃. Valores médios das safras 2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019. Barras verticais = erro padrão.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

O aumento das concentrações de H₃BO₃ aplicadas promoveu a redução nos valores de h° na região menos colorida do fruto (Tabela 22), resultando em frutos com cor de fundo mais amarelada em ambas as colheitas, porém com aspecto de maturação excessiva em frutos da colheita 2, durante as três safras avaliadas. Houve interação entre concentração e número de aplicações apenas na colheita 1 das safras 2016/2017 e 2018/2019 (Tabela 19).

Durante a safra 2016/2017, frutos da colheita 1 que receberam três e cinco pulverizações com a concentração de 4,5 g L⁻¹, apresentaram, respectivamente, redução de 3 e 8% no valor de h° da cor de fundo (região menos colorida) em relação a frutos controle. Já em frutos da colheita 2, a aplicação desta mesma concentração resultou em 20% de redução no valor. Em ambas as colheitas, a realização de cinco pulverizações resultou em menores valores de h° em relação a apenas três pulverizações. Na safra 2017/2018, frutos da colheita 1 e 2 tiveram, respectivamente, redução de 6 e 19% no valor de h° com a pulverização da maior concentração, não apresentando diferença entre o número de aplicações realizadas. Na safra 2018/2019, em frutos da colheita 1, três e cinco aplicações com a maior dose resultaram, respectivamente, em redução de 2,6 e 8,1% no valor h° na região menos colorida do fruto. O aumento das concentrações aplicadas não resultou em diferenças nos valores de h° em frutos da colheita 2 nesta última safra (Tabela 22).

A cor de fundo mais amarelada em maçãs que receberam aplicações com H₃BO₃ pode ser resultado do estágio de maturação mais avançados destes frutos (WÓJCIK et al., 1999;

BRACKMANN et al., 2016). Segundo Steffens et al. (2006) frutos que receberam aplicações com AVG em pré-colheita tiveram a maturação retardada e mantiveram a cor de fundo mais verde, enquanto que a aplicação com etefom resultou em frutos mais maduros e com coloração de fundo mais amarelada. Estes autores relacionam a mudança de cor de fundo com a maior degradação de clorofilas, sendo um efeito indireto estimulado pela maior produção de etileno, e conseqüentemente, maior atividade das clorofilases (JOHNSTON et al., 2002).

Tabela 22. Valor de h° da cor de fundo na epiderme de maçãs ‘Imperial Gala’ submetidas a três e cinco pulverizações com diferentes concentrações de H_3BO_3 , durante três safras de produção.

Concentração de H_3BO_3 (g L ⁻¹)	h° - cor de fundo					
	Colheita 1		MÉDIA	Colheita 2		MÉDIA
	3 aplicações	5 aplicações		3 aplicações	5 aplicações	
	<i>2016/2017</i>					
0	106,7		106,7	101,8		101,8
1,5	103,2	104,6	103,9	92,2	89,6	90,9
3,0	105,9	104,6	105,3	90,2	85,2	87,7
4,5	103,5	97,9	100,7	82,8	82,2	82,5
Média	104,8 A	103,5 B		91,7 A	89,7 B	
Linear	*	***	***	***	***	***
Quadrática	ns	ns	ns	ns	**	**
C.V. (%)	1,7	3,8	3,0	7,9	8,8	8,3
	<i>2017/2018</i>					
0	106,8		106,8	99,5		99,5
1,5	103,0	102,6	102,8	92,6	97,5	95,1
3,0	101,9	97,5	99,7	92,2	92,6	92,4
4,5	90,6	92,5	91,5	87,9	86,7	87,3
Média	100,6 A	99,8 A		93,0 A	94,0 A	
Linear	***	***	***	***	***	***
Quadrática	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	6,8	6,1	6,4	5,5	6,3	5,8
	<i>2018/2019</i>					
0	109,1		109,1	101,9		101,9
1,5	106,8	106,0	106,4	83,7	90,9	87,3
3,0	106,0	104,0	105,0	91,3	92,2	91,8
4,5	106,3	100,3	103,3	95,4	83,6	89,5
Média	107,0 A	104,8 B		93,1 A	92,1 A	
Linear	**	***	***	ns	***	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	1,5	3,4	2,8	17,5	7,7	13,4

Contrastes ortogonais polinomiais para efeitos de doses em cada nível de número de aplicações: (ns) não significativo e (*, **, ***) significativo a 5, 1 e 0,1%.

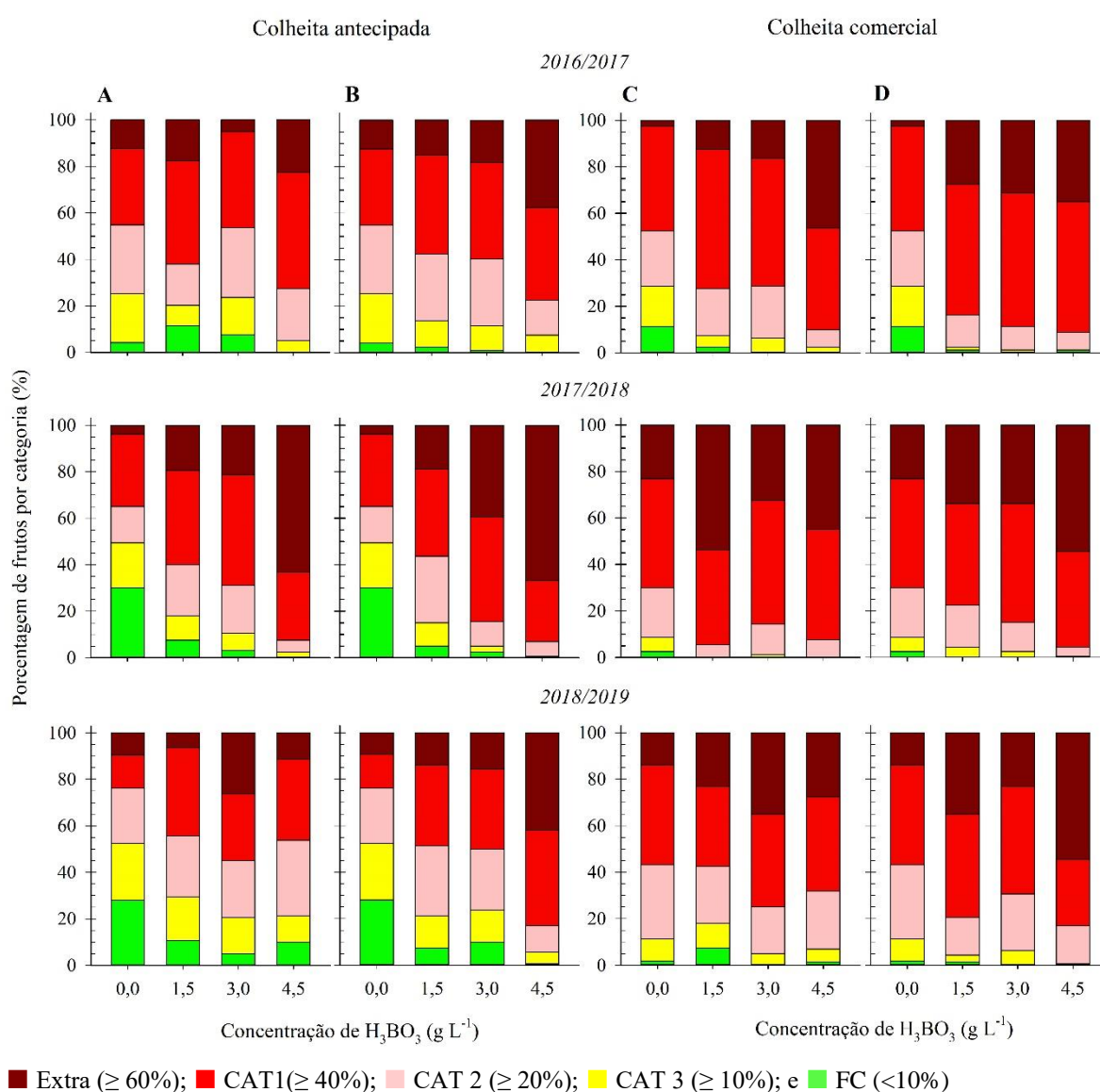
Letras iguais, dentro de cada colheita, não diferem entre si quanto ao efeito de número de aplicações ($p < 0,05$) pelo teste F.

Todos os tratamentos nas safras 2016/2017 e 2018/2019 receberam aplicação com AVG (62,5 mg L⁻¹).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Com o incremento da coloração vermelha nas maçãs, as aplicações com H_3BO_3 aumentaram a quantidade de frutos classificados nas categorias Extra e Cat. 1, ambas com maior valor agregado no mercado consumidor (Figura 7). Por consequência do aumento de frutos nestas categorias, a aplicação das maiores concentrações do fertilizante reduziu a quantidade de frutos com menor valor comercial, classificados com Cat. 2 e Cat. 3, e daqueles fora de categoria (FC), que seriam destinados apenas para a indústria de sucos e doces.

Figura 7. Porcentagem de frutos por categoria de coloração, em maçãs ‘Imperial Gala’ pulverizadas três (A e C) e cinco vezes (B e D) com diferentes concentrações de H_3BO_3 .



Todos os tratamentos nas safras 2016/2017 e 2018/2019 receberam aplicação com AVG (62,5 $g L^{-1}$); Os frutos foram classificados conforme a IN 05/2006 Brasil (2006);

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Durante a safra 2016/2017, a aplicação da concentração de $4,5 \text{ g L}^{-1}$ resultou em 78% dos frutos da colheita 1 e em 90% dos frutos da colheita 2, classificados nas categorias Extra e Cat. 1, enquanto que plantas que não receberam pulverizações com H_3BO_3 apresentaram apenas 45 e 48% dos frutos classificados nestas categorias, em cada uma destas colheitas, respectivamente (Figura 7).

Na safra 2017/2018, não foi realizada aplicação com AVG e por isso os resultados com a aplicação de H_3BO_3 foram muito mais expressivos em relação aos demais anos de avaliação (Figura 7). Nesta safra, independentemente do número de pulverizações, a aplicação da maior concentração resultou em 93% dos frutos da colheita 1 e 94% dos frutos da colheita 2, classificados nas categorias Extra e Cat. 1, evidenciando que o atraso na colheita, embora aumente a cor, não apresenta ganhos quanto à categorização dos frutos nesta situação. Contudo, o atraso da colheita, nesta safra, causou incremento na coloração dos frutos que não receberam aplicação com H_3BO_3 , os quais passaram de 35% dos frutos da colheita 1 para 70% dos frutos da colheita 2, classificados nas categorias de melhor coloração (Figura 7).

Na safra 2018/2019, novamente foi realizada aplicação com AVG, resultando em menor resposta ao tratamento com H_3BO_3 , principalmente nos frutos que receberam apenas três pulverizações (Figura 3). Nesta safra, a pulverização de três e cinco aplicações da concentração $4,5 \text{ g L}^{-1}$ resultaram, respectivamente, em 46 e 83% dos frutos da colheita 1, e em 69 e 84% dos frutos da colheita 2, enquadrados nas categorias Extra e Cat. 1. Da mesma forma que na safra anterior, o atraso na colheita aumentou a coloração dos frutos que não foram pulverizados com H_3BO_3 , os quais passaram de apenas 27% dos frutos na colheita 1, para 57% dos frutos da colheita 2, classificados nestas categorias.

Embora os frutos que receberam aplicação com H_3BO_3 tenham apresentado incremento do volume nas categorias de maior coloração, é importante salientar que os mesmos foram classificados apenas pela porcentagem de cor vermelha que recobre a epiderme, e não por outros atributos, tais como defeitos, injúrias e tamanho dos frutos. Desta forma, os resultados apresentados no presente trabalho podem superestimar o volume de frutos que é classificado nas categorias de maior valor agregado no mercado (Extra e Cat.1), fato que não é muito comum de ser encontrado em lotes de maçã desta cultivar nas empresas embaladoras, devido a maior gama de atributos utilizados para classificar os frutos.

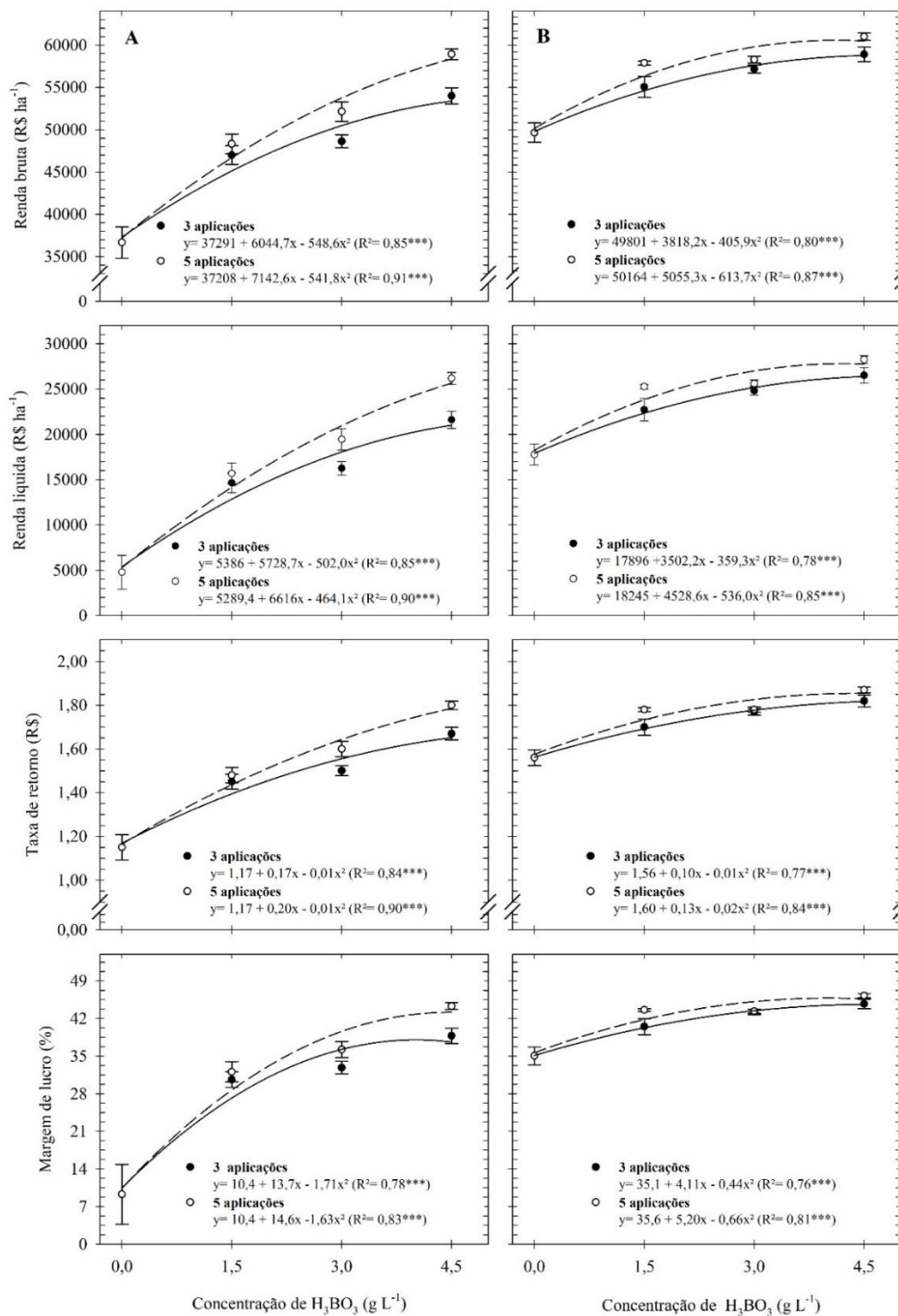
Devido as pulverizações com H_3BO_3 apresentarem maior quantidade dos frutos classificados nas categorias de maior coloração e, conseqüentemente, com maior valor agregado no mercado consumidor, o aumento das concentrações aplicadas resultou em maior rendimento financeiro ao produtor (Figura 8). Na média das três safras avaliadas, as pulverizações nas concentrações 1,5; 3,0 e 4,5 g L⁻¹, quando comparadas a não aplicação de H_3BO_3 , resultaram durante a colheita 1, em aumento da renda bruta de 28, 33 e 47%, quando foram realizadas três aplicações, e de 32, 42 e 61% quando realizadas cinco aplicações. Nos frutos da colheita 2, que permaneceram por um maior período no pomar, a aplicação destas mesmas concentrações resultou em aumento da renda bruta de 11, 15 e 19%, quando realizadas apenas três aplicações, e em 17, 17 e 23%, quando realizadas cinco aplicações (Figura 8).

Quando os valores da renda bruta foram descontados do custo fixo total, resultado da soma dos custos fixos com os custos extras das aplicações de H_3BO_3 , o aumento das concentrações aplicadas resultou em elevação da renda líquida obtida na colheita dos frutos (Figura 4). A aplicação das concentrações 1,5, 3,0 e 4,5 g L⁻¹ resultaram em aumento dos ganhos de 206, 240 e 351%, quando realizadas três pulverizações, e de 228, 306 e 447%, quando realizadas cinco aplicações, em frutos que foram colhidos antecipadamente, na colheita 1. Já, quando os frutos foram colhidos mais tarde, durante a colheita 2, os ganhos foram menores. Nesta colheita, a aplicação das mesmas doses resultou em elevação de 28, 40 e 49% quando realizadas três pulverizações, e de 42, 44 e 59% quando realizadas cinco pulverizações, em relação ao tratamento sem pulverização com H_3BO_3 . Contudo, deve-se salientar que o aumento expressivo obtido pela aplicação de H_3BO_3 durante a colheita 1 é apenas ilustrativo, uma vez que os frutos que não receberam aplicação com o fertilizante ainda estavam imaturos e que nas condições de campo não seriam colhidos. Porém, quando foram colhidos na colheita 2, todos os frutos estavam maduros, e mesmo assim o aumento das concentrações aplicadas resultou em maior ganho econômico.

Similarmente aos demais resultados, o aumento das concentrações aplicadas resultou em maior taxa de retorno e, conseqüentemente, em maior margem de lucro pela venda de frutos tratados com H_3BO_3 (Figura 8). Quando colhidos antecipadamente, frutos que receberam três e cinco pulverizações com a concentração 4,5 g L⁻¹, resultaram respectivamente, em aumento de R\$ 0,52 e R\$ 0,65 na taxa de retorno, com margem de lucro 317 e 376% maiores em relação aos frutos que não receberam pulverizações com H_3BO_3 . Já quando estes frutos foram colhidos na colheita 2, a aplicação desta mesma dose resultou em aumento de R\$ 0,26 e R\$ 0,31 na taxa de retorno, e com margem de lucro 28 e 32% maiores em relação à venda de frutos não tratados.

Resultados semelhantes foram encontrados por Pesteanu (2017), com a aplicação de etefom em maçãs 'Gala Must'. Segundo o autor, a aplicação do regulador de crescimento influenciou positivamente a maturação e a coloração dos frutos, ocasionando rentabilidade 27% maior em relação à venda de frutos não tratados.

Figura 8. Rendimento financeiro em função da categorização pela porcentagem de cor que recobre a epiderme, durante a colheita 1 (A) e colheita 2 (B), em maçãs ‘Imperial Gala’ submetidas a três e cinco aplicações com diferentes concentrações de H_3BO_3 . Valores médios das safras 2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019.



Valores médios pagos ao produtor, obtidos durante a safra 2018: Cat.1: 1,50; Cat.2: 0,90; Cat.3: 0,45 e FC: 0,19.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Embora as maiores concentrações de H_3BO_3 resultem em aumento da coloração e consequentemente em maior retorno financeiro, principalmente quando os frutos são colhidos tardiamente, deve-se tomar cuidado com o avanço exacerbado da maturação. Frutos neste estágio apresentam a coloração de fundo muito amarelada, o que é indesejado pelo consumidor e pelas empresas de armazenamento, em função do menor potencial de armazenamento, alto risco de perdas pós-colheita e de frutos com textura de polpa farinácea, ocasionando, consequentemente, perda de rentabilidade devido à baixa qualidade dos frutos. Desta forma, a colheita de frutos que receberam aplicações com altas concentrações H_3BO_3 deve ter prioridade de comercialização para aproveitar os melhores preços de venda no período com menor oferta e evitar possíveis perdas pós-colheita que resultam em menor rendimento econômico em razão do baixo valor pago pela indústria de sucos e doces.

2.4 – CONCLUSÕES

O aumento no número de aplicações e na concentração de H_3BO_3 resulta em frutos mais vermelhos em função do maior teor de antocianinas na epiderme dos frutos. Quando os frutos recebem aplicação de AVG em pré-colheita, cinco aplicações na concentração de 4,5 g H_3BO_3 L⁻¹ são mais eficientes em aumentar a quantidade de frutos classificados nas categorias de maior coloração, enquanto que em safras onde não ocorre aplicação com AVG, apenas três aplicações de H_3BO_3 são eficientes em aumentar a cor dos frutos em áreas cobertas com tela antigranizo. O maior retorno econômico ocorreu em frutos que receberam cinco pulverizações com a dose de 4,5 g L⁻¹ devido a maior quantidade de frutos classificados nas categorias Extra e Cat.1.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O emprego de H_3BO_3 mostrou-se uma boa ferramenta para antecipação da maturação e da melhoria da coloração de maçãs 'Imperial Gala', podendo ser uma alternativa para minimizar os efeitos negativos ocasionados pela aplicação de AVG e pela cobertura dos pomares com tela antigranizo sobre a qualidade dos frutos. Contudo, ainda são necessários estudos, principalmente a nível molecular, sobre a atuação do B na biossíntese do hormônio etileno e no desenvolvimento de cor em maçãs, pois ainda não se pode afirmar que este nutriente é essencial para desencadear estes eventos, ou se apenas atua como um agente estressor nos frutos, promovendo a produção do fitormônio e culminando indiretamente em frutos mais coloridos. Além disso, a eficiência do H_3BO_3 deve ser estudada em comparação ao etefom, já que este vem sendo utilizado para esta finalidade por mais tempo pelos produtores.

Por outro lado, embora existam inúmeros trabalhos relatando os padrões de preferência do consumidor sobre a qualidade de maçãs, não se conhece o padrão brasileiro de aceitabilidade do fruto. Este seria um fator primordial que poderia coordenar a aplicabilidade ou não de manejos utilizados na cultura, já que a maior parte da produção nacional é destinada ao consumo pelo mercado interno.

REFERÊNCIAS

- AGLAR, E.; YILDIZ, K.; OZKAN, Y.; OZTURK, B.; ERDEM, H. The effects of aminoethoxyvinylglycine and foliar zinc treatments on pre-harvest drops and fruit quality attributes of 'Jersey Mac' apples. **Scientia Horticulturae**, v. 213, p. 173–178, 2016.
- AHMAD, W., ZIA, M.H., MALHI, S.S., NIAZ, A. AND S. Boron Deficiency in Soils and Crops: A Review. **Crop Plant**, v. 47, n. 3, p. 77–114, 2012.
- AHMAD, W.; NIAZ, A.; KANWAL, S.; KHALID RASHEED, M. Role of boron in plant growth: a review. **Journal of Agricultural Research**, v. 47, n. 3, p. 329–338, 2009.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVEZ, J. L. DE M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2014.
- AMARANTE, C. V. T. DO; STEFFENS, C. A.; ZANARDI, O. Z.; ALVES, E. DE O. Quantificação de clorofilas em folhas de macieiras 'Royal Gala' e 'Fuji' com métodos ópticos não-destrutivos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 3, p. 590–595, 2008.
- AMARANTE, C. V. T.; STEFFENS, C. A.; ARGENTA, L. C. Yield and fruit quality of 'Gala' and 'Fuji' apple trees protected by white anti-hail net. **Scientia Horticulturae**, v. 129, n. 1, p. 79–85, 2011.
- AMARANTE, C. V. T.; STEFFENS, C. A.; MIQUELOTO, A.; ZANARDI, O. Z.; SANTOS, H. P. Disponibilidade de luz em macieiras 'Fuji' cobertas com telas antigranizo e seus efeitos sobre a fotossíntese, o rendimento e a qualidade de frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 3, p. 664–670, 2009.
- AMARANTE, C. V. T.; STEFFENS, C. A.; MOTA, C. S.; SANTOS, H. P. Radiação , fotossíntese , rendimento e qualidade de frutos em macieiras 'Royal Gala' cobertas com telas antigranizo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 7, p. 925–931, 2007.
- ARGENTA, L. C.; BENDER, R. J.; KREUS, C. L.; MONDARDO, M. Padrões de maturação e índices de colheita de maçãs cvs. Gala, Golden Delicious e Fuji. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 10, p. 1259–1266, 1995.
- ARGENTA, L. C.; MONDARDO, M. Maturação na colheita e qualidade de maçãs 'Gala' após a armazenagem. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 6, n. 2, p. 135–140, 1994.

ARGENTA, L. C.; VIEIRA, M. J.; SOUZA, F. DE; PEREIRA, W. S. P.; EDAGI, F. K. Diagnóstico da qualidade de maçãs no mercado varejista brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 1, p. 48–63, 2015.

ARSENEAULT, M. H.; CLINE, J. A. AVG, NAA, boron and magnesium influence preharvest fruit drop and fruit quality of 'Honeycrisp' apples. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 98, n. 3, p. 741–752, 2018.

ARSLAN, U. Efficacy of boric acid, monopotassium phosphate and sodium metabisulfite on the control of apple scab. **Journal of Phytopathology**, v. 164, p. 678–685, 2016.

ASGHARZADE, A.; VALIZADE, G. A.; BABAEIAN, M. Investigating the effect of boron spray on yield nutrient content, texture and brix index of apple (Sheikh Amir Variety) in Shirvan region. **African Journal of Microbiology Research**, v. 6, n. 11, p. 2682–2685, 2012.

BHADORIA, P.; NAGAR, M.; BHARIHOKE, V.; BHADORIA, A. S. Ethephon, an organophosphorous, a fruit and vegetable ripener: has potential hepatotoxic effects? **Journal of Family Medicine and Primary Care**, v. 7, n. 2, p. 179–183, 2018.

BRACKMANN, A.; THEWES, F. R.; ANESE, R. D. O.; JUNIOR, W. L. Preharvest boron application and its relation with the quality of ' Galaxy ' apples after harvest and controlled atmosphere storage. **Ciência Rural**, v. 46, n. 4, p. 585–589, 2016.

BRASIL. **Regulamento técnico de identidade e qualidade da maçã**. 2006.

BROWN, P. H.; BELLALOU, N.; WIMMER, M. A.; BASSIL, E. S.; RUIZ, J.; HU, H.; PFEFFER, H.; DANIEL, F.; R??MHELD, V. Boron in plant biology. **Plant Biology**, v. 4, n. 2, p. 205–223, 2002.

BROWN, P.; HU, H. Phloem Mobility of Boron is Species Dependent : Evidence for Phloem Mobility in Sorbitol-rich Species. **Annals of Botany**, v. 77, p. 497–505, 1996.

CEPA. **Mercado agropecuário**. 2019. Disponível em:

<<https://cepa.epagri.sc.gov.br/index.php/produtos/mercado-agricola/>>. .

CLIFF, M.; SANFORD, K.; WISMER, W.; HAMPSON, C. Use of digital images for evaluation of factors responsible for visual preference of apples by consumers. **HortScience**, v. 37, n. 7, p. 1127–1131, 2002.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS RS/SC. **Manual de**

adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016. 376p.

CONAB. **Serie histórica Maçã 2015 a 2018.** 2018. Acesso: 04/04/2019.

COSGROVE, D. J. Growth of the plant cell wall. **Nature Reviews Molecular Cell Biology**, v. 6, n. 11, p. 850–861, 2005.

DAR, G. A. Impact of boron nutrition in fruit crops. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 6, n. 12, p. 4145–4155, 2017.

DAR, J. A.; WANI, A. A.; AHMED, M.; et al. Peel colour in apple (*Malus × domestica* Borkh.): An economic quality parameter in fruit market. **Scientia Horticulturae**, v. 244, p. 50–60, 2019.

ERNANI, P. R.; et al. **Pulverizações com boro em pré-colheita antecipam o amadurecimento de maçãs.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, Natal. Anais. São Paulo: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2010.

FENILI, C. L.; PETRI, J. L.; STEFFENS, C. A.; et al. Alternatives to increase the red color of the peel in ‘Daiane’ and ‘Venice’ apples. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, n. 2, p. 1–11, 2018.

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

GANIE, M. A.; AKHTER, F.; BHAT, M. A.; et al. Boron - a critical nutrient element for plant growth and productivity with reference to temperate fruits. **Current Science**, v. 104, n. 1, p. 76–85, 2013.

GERBER, J. M.; NAVA, G.; ERNANI, P. R.; et al. Quality of ‘Fuji Suprema’ apples influenced by long-term annual addition of phosphorus to the soil. **Ciência Rural**, v. 48, n. 9, 2018.

GONÇALVES, M. W.; ARGENTA, L. C.; DE MARTIN, M. S. Maturity and quality of apple fruit during the harvest period at apple industry. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. 5, p. 1–10, 2017.

GRANELLI, G.; MINGUZZI, A.; UGHINI, V. **Harvest and postharvest apple quality influenced by boron application.** In: International Symposium on Postharvest Handling of Fruit and Vegetables. v.25, p. 405-420, 1988.

- HAFEZ, O.M.; HAGGAG, K.H.E. Quality improvement and storability of apple cv. Anna by pre-harvest applications of boric acid and calcium chloride. **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, v.3, n.3, p,176-183, 2007.
- HARKER, F. R.; KUPFERMAN, E. M.; MARIN, A. B.; GUNSON, F. A.; TRIGGS, C. M. Eating quality standards for apples based on consumer preferences. **Postharvest Biology and Technology**, v. 50, n. 1, p. 70–78, 2008.
- HAWERROTH, F. J.; PETRI, J. L.; LEITE, G. B.; COUTO, M. Uso de aminoetoxivinilglicina na maturação e queda pré-colheita de maçãs 'Imperial Gala'. **Revista Ceres**, v. 58, n. 5, p. 612–618, 2011.
- HUNSCHE, M.; BRACKMANN, A.; ERNANI, R. Efeito da adubação potássica na qualidade pós-colheita de maçãs 'Fuji'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 4, p. 489–496, 2003.
- 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.
- ILIĆ, Z. S.; FALLIK, E. Light quality manipulation improves vegetable quality at harvest and postharvest: A review. **Environmental and Experimental Botany**, v. 139, n. April, p. 79–90, 2017.
- IRELAND, H. S.; GUNASEELAN, K.; MUDDUMAGE, R.; et al. Ethylene regulates apple (*Malus × domestica*) fruit softening through a dose × time-dependent mechanism and through differential sensitivities and dependencies of cell wall-modifying genes. **Plant and Cell Physiology**, v. 55, n. 5, p. 1005–1016, 2014.
- JOHNSTON, J. W.; HEWETT, E. W.; HERTOOG, M. L. A. T. M. 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.
- KASSEM; MARZOUK; EL-KOBBIA. Response of Anna apples yield , quality and storage potential to boron and/or zinc foliar sprays. **International Research Journal of Pure Science, Applied Science and Technology**, v. 1, n. 1, p. 36–47, 2016.
- KHALIFA, R. M.; HAFEZ, O.; ABD-EL-KHAIR, H. Influence of foliar spraying with boron

- and calcium on productivity, fruit quality, nutritional status and controlling os blossom end rot disease of Anna apple trees. **World Journal of Agricultural Sciences**, v. 5, n. 2, p. 237–249, 2009.
- KOBAYASHI, M.; MATOH, T.; AZUMA, J. Two Chains of rhamnogalacturonan II are cross-linked by borate-diol ester bonds in higher plant cell walls. **Plant Physiology**, v. 110, p. 1017–1020, 1996.
- LI, X.-J.; HOU, J.-H.; ZHANG, G.-L.; et al. Comparison of anthocyanin accumulation and morpho-anatomical features in apple skin during color formation at two habitats. **Scientia Horticulturae**, v. 99, n. 1, p. 41–53, 2004.
- LI, Y.; JONES, L.; MCQUEEN-MASON, S. Expansins and cell growth. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 6, n. 6, p. 603–610, 2003.
- LIU, Y.; CHEN, N.; MA, Z.; et al. The changes in color, soluble sugars, organic acids, anthocyanins and aroma components in “Starkrimson” during the ripening period in China. **Molecules**, v. 21, n. 6, 2016.
- LU, Y. Q.; LIU, H. P.; WANG, Y.; ZHANG, X. Z.; HAN, Z. H. Synergistic roles of leaf boron and calcium during the growing season in affecting sugar and starch accumulation in ripening apple fruit. **Acta Physiol Plant**, v. 35, p. 2483–2492, 2013.
- MERIÑO-GERGICHEVICH, C.; PACHECO, E.; REYES-, M. The effect of foliar boron spraying on the fruit features of Brigitta and Legacy highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum*) cultivars. **Ciencia e Investigación Agraria**, v. 43, n. 3, p. 452–463, 2016.
- MIWA, K.; FUJIWARA, T. Boron transport in plants: Co-ordinated regulation of transporters. **Annals of Botany**, v. 105, n. 7, p. 1103–1108, 2010.
- MUPAMBI, G.; ANTHONY, B. M.; LAYNE, D. R. The influence of protective netting on tree physiology and fruit quality of apple : A review. **Scientia Horticulturae**, v. 236, p. 60–72, 2018.
- MUSACCHI, S.; SERRA, S. Apple fruit quality: Overview on pre-harvest factors. **Scientia Horticulturae**, v. 234, p. 409–430, 2018.
- NAGY, P. .; KINCSES, I.; NYÉKI, J.; SOLTÉSZ, M.; SZABÓ, Z. Importance of boron in fruit nutrition. **International Journal of Horticultural Science**, v. 17, p. 39–44, 2011.

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.

NACHTIGALL, G.R.; FREIRE, C.J.S. **Efeito da aplicação foliar de boro na qualidade da maçã**. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2., 1998, Santa Maria, RS. Resumos Expandidos. Santa Maria, RS: NRS-SBCS, 1998. p. 75-78.

NUNES, A. A. DE S. **Aplicação foliar de boro: Antecipação da colheita e conservação de maçãs 'Galaxy' e 'Pink Lady'**, 2016. UDESC. Disponível em: <http://www.cav.udesc.br/arquivos/id_submenu/952/tese_alessandra_sa_final.pdf>. .

NYOMORA, A. M. S.; BROWN, P. H.; KRUEGER, B. Rate and time of boron application increase almond productivity and tissue boron concentration. **Hort Science**, v. 34, n. 2, p. 242–245, 1999.

NYOMORA, A. M. S.; BROWN, P. H.; PINNEY, K.; POLITO, V. S. Foliar application of boron to almond trees affects pollen quality. **Journal American Society for Horticultural Science**, v. 125, n. 2, p. 265–270, 2000.

PAPARNAKIS, A.; CHATZISSAVVIDIS, C.; ANTONIADIS, V. How apple responds to boron excess in acidic and limed soil. **Journal os Soil Science and Plant Nutrition**, , n. 4, p. 787–796, 2013.

PAUL, V.; PANDEY, R.; SRIVASTAVA, G. C. The fading distinctions between classical patterns of ripening in climacteric and non-climacteric fruit and the ubiquity of ethylene-An overview. **Journal of Food Science and Technology**, v. 49, n. 1, p. 1–21, 2012.

PEROSA, J. M. Y.; TARSITANO, M. A. A.; MARTINS, M. I. E. G.; PIGATTO, G.; ANTONANGELO, A. Perfil do consumidor de frutas em cidades do interior do estado de São Paulo - SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p. 1084–1090, 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, 825-840, 1991.

PERYEA, F. J. Comparison of commercial boron spray products applied at the pink flowering stage on 'Fuji' apple. **Hort Science**, v. 40, n. 5, p. 1487–1492, 2005.

PESTEANU, A. Effects of ethephon application on color development of 'Gala Must' apples. **Bulletin of the University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-**

Napoca Horticulture, v. 74, n. 1, p. 26–32, 2017.

PETRI, J. L.; LEITE, G. B.; COUTO, M.; FRANCESCOTTO, P. Avanços na cultura da macieira no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. spe1, p. 48–56, 2011.

PICCHIONI, G. A.; WEINBAUM, S. A.; BROWN, P. H. Retention and the kinetics of uptake and export of foliage-applied, labeled boron by apple, pear, prune, and sweet cherry leaves. **Journal American Society for Horticultural Science**, v. 120, n. 1, p. 28–35, 1995.

SÁ, A. A. D. E.; ERNANI, P. R.; NAVA, G.; AMARANTE, C. V. T.; PEREIRA, A. J. Influência de formas de aplicação de boro na qualidade e no rendimento de maçãs (*Malus domestica*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 2, p. 487–494, 2014.

SÁ, A. A. DE; ERNANI, P. R. Boron leaching decreases with increases on soil pH. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, p. 1–7, 2016.

SCOLARO, A. M. T.; ARGENTA, L. C.; AMARANTE, C. V. T. DO; PETRI, J. L.; HAWERROTH, F. J. Controle da maturação pré-colheita de maçãs ‘Royal Gala’ pela inibição da ação ou síntese do etileno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 1, p. 38–47, 2015.

SILVERMAN, F. P.; PETRACEK, P. D.; NOLL, M. R.; WARRIOR, P. Aminoethoxyvinylglycine effects on late-season apple fruit maturation. **Plant Growth Regulation**, v. 43, n. 2, p. 153–161, 2004.

SOLOMAKHIN, A.; BLANKE, M. M. Coloured hailnets alter light transmission , spectra and phytochrome , as well as vegetative growth , leaf chlorophyll and photosynthesis and reduce flower induction of apple. **Plant Growth Regul**, v. 56, p. 211–218, 2008.

ŠTAMPAR, F.; BIZJAK, J.; VEBERIČ, R.; JAKOPIČ, J. Foliar application of phosphorus improves apple fruit color during ripening. **Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis**, v. 63, n. 4, p. 1195–1200, 2015.

STEFFENS, C. A.; BRACKMANN, A.; PINTO, J. A. V.; EISERMANN, A. C. Taxa respiratória de frutas de clima temperado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 3, p. 313–321, 2007.

STEFFENS, C. A.; GIEHL, R. F. H.; BRACKMANN, A. Maçã ‘Gala’ armazenada em atmosfera controlada e tratada com aminoetoxivinilglicina e etefom. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 9, p. 837–843, 2005.

STEFFENS, C. A.; GUARIENTI, 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.

STOVER, E.; FARGIONE, M. J.; WATKINS, C. B.; IUNGERMAN, K. A. Harvest management of 'Marshall McIntosh' apples: Effects of AVG, NAA, ethephon, and summer pruning on preharvest drop and fruit quality. **HortScience**, v. 38, n. 6, p. 1093–1099, 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. MAX; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal Diversidade vegetal**. 2017.

ULUISIK, I.; KARAKAYA, H. C.; KOC, A. The importance of boron in biological systems. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v. 45, p. 156–162, 2018.

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.

WELLBURN, A.R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal of Plant Physiology**. v.144, p.307-313, 1994.

WHALE, S. K.; SINGH, Z.; BEHBOUDIAN, M. H.; JANES, J.; DHALIWAL, S. S. Fruit quality in 'Cripp's Pink' apple, especially colour, as affected by preharvest sprays of aminoethoxyvinylglycine and ethephon. **Scientia Horticulturae**, v. 115, p. 342–351, 2008.

WIMMER, M. A.; EICHERT, T. Review: Mechanisms for boron deficiency-mediated changes in plant water relations. **Plant Science**, v. 203–204, p. 25–32, 2013.

WOJCIK, P. The studies on redistribution of boron in apple. **Acta Agrobotanica**, v. 51, p. 147–155, 1998.

WOJCIK, P. Effect of postharvest sprays of boron and urea on yield and fruit quality of apple trees. **Journal of Plant Nutrition**, v. 29, p. 441–450, 2006.

WÓJCIK, P. The studies on redistribution of boron in apple trees as a result of leaf boron application. **Acta Agrobotanica**, v. 51, p. 147–155, 1998.

WÓJCIK, P.; CIESLINSKI, G.; MIKA, A. Apple yield and fruit quality as influenced by boron applications. **Journal of Plant Nutrition**, v. 22, n. 9, p. 1365–1377, 1999.

WOJCIK, P.; TREDER, W. Effect of drip boron fertigation on yield and fruit quality in a high-density apple orchard. **Journal of Plant Nutrition**, v. 29, p. 2199–2213, 2006.

WOJCIK, P.; WOJCIK, M.; KLAMKOWSKI, K. Response of apple trees to boron fertilization under conditions of low soil boron availability. **Scientia Horticulturae**, v. 116, p. 58–64, 2008.

WOJCIK, P.; WOJCIK, M.; TREDER, W. Boron absorption and translocation in apple rootstocks under conditions of low medium boron. **Journal of Plant Nutrition**, v. 26, n. 5, p. 961–968, 2003.

XUAN, H.; STREIF, J.; SAQUET, A.; RÖMHELD, V.; BANGERTH, F. Application of boron with calcium affects respiration and ATP/ADP ratio in Conference pears during controlled atmosphere storage. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 80, n. 5, p. 633–637, 2005.

ZHANG, Y.; LI, P.; CHENG, L. Developmental changes of carbohydrates, organic acids, amino acids, and phenolic compounds in 'Honeycrisp' apple flesh. **Food Chemistry**, v. 123, n. 4, p. 1013–1018, 2010.

APÊNDICES

Tabela 23. Teor de antocianinas totais na epiderme de maçãs ‘Imperial Gala’ submetidas a três ou cinco pulverizações com diferentes concentrações de H₃BO₃, durante três safras de produção.

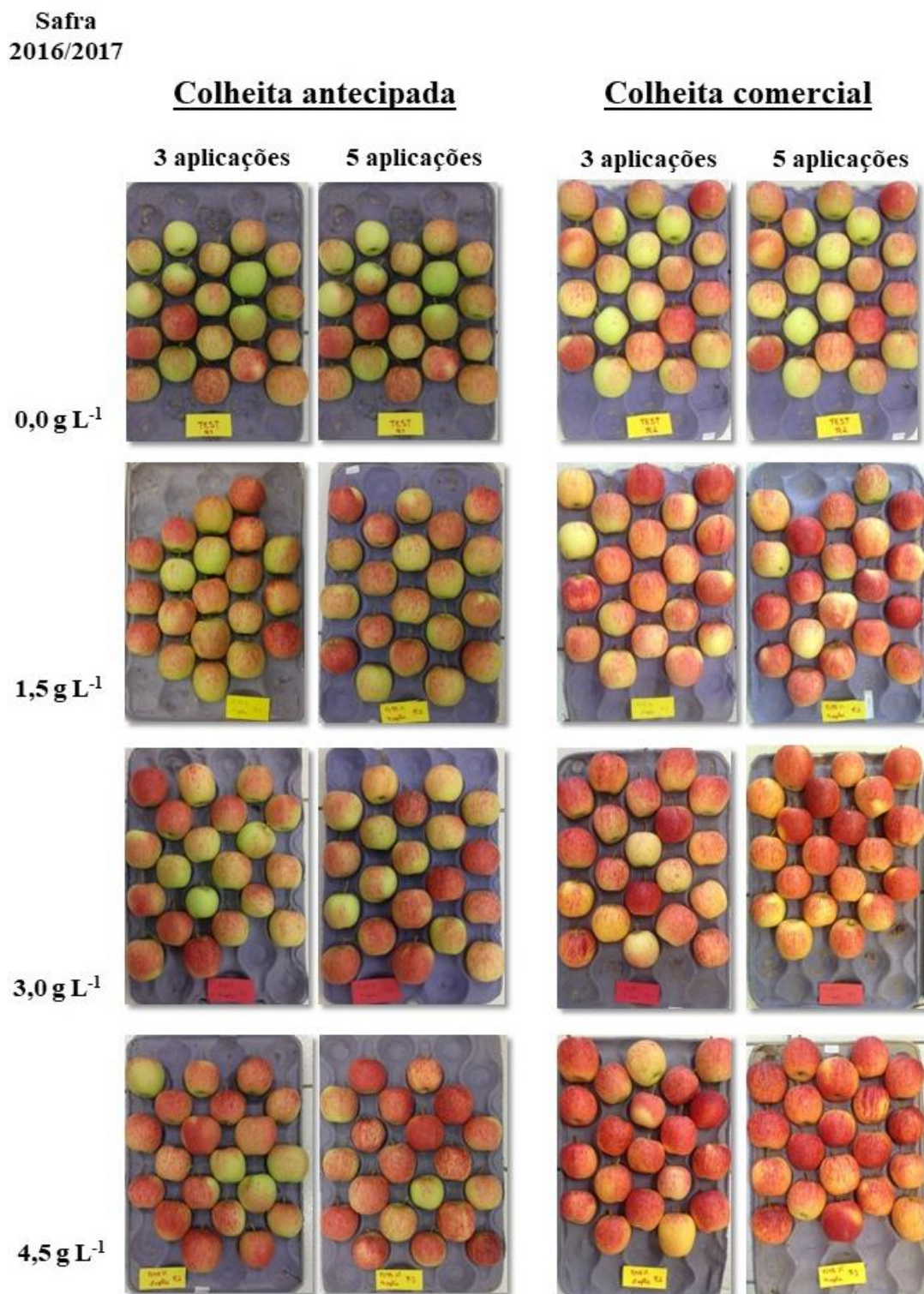
Concentração de H ₃ BO ₃ (g L ⁻¹)	Antocianinas totais (mg 100g ⁻¹)					
	Colheita 1			Colheita 2		
	3 aplicações	5 aplicações	Média	3 aplicações	5 aplicações	Média
2016/2017						
0		3,5	3,5		4,6	4,6
1,5	5,6	6,9	6,2	7,7	8,6	8,1
3,0	5,9	9,0	7,4	7,8	13,2	10,5
4,5	8,7	14,9	11,8	13,9	22,1	18,0
Média	5,9 B	8,6 A		8,5 B	12,1 A	
<i>Linear</i>	***	***	***	***	***	***
<i>Quadrática</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	*
C.V. (%)	36,2	58,4	55,4	47,6	58,5	57,9
2017/2018						
0		9,2	9,2		17,5	17,5
1,5	7,0	9,1	8,0	19,8	18,0	18,9
3,0	7,2	8,7	7,9	15,8	-	15,8
4,5	15,8	13,8	14,5	28,9	28,9	28,9
Média	9,8 A	10,1 A		20,5 A	21,5 A	
<i>Linear</i>	**	*	***	*	-	-
<i>Quadrática</i>	**	*	***	<i>ns</i>	-	-
C.V. (%)	46,2	26,0	37,7	32,1	30,3	30,8
2018/2019						
0		3,5	3,5		13,0	13,0
1,5	7,7	10,6	9,2	12,8	15,5	14,2
3,0	19,4	10,1	14,7	19,2	11,7	15,5
4,5	10,1	17,1	13,6	15,9	25,3	20,6
Média	10,2 A	10,3 A		15,2 A	16,4 A	
<i>Linear</i>	**	***	***	<i>ns</i>	**	***
<i>Quadrática</i>	**	<i>ns</i>	**	<i>ns</i>	*	<i>ns</i>
C.V. (%)	65,6	53,4	58,8	29,0	38,3	34,0

Contrastes ortogonais polinomiais: (ns) não significativo e (*; **; ***) significativo a 5, 1 e 0,1%.

Letras iguais, dentro de cada colheita, não diferem entre si quanto ao número de aplicações (p<0,05) pelo teste F. Todos os tratamentos nas safras 2016/2017 e 2018/2019 receberam aplicação com AVG (62,5 mg L⁻¹).

Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

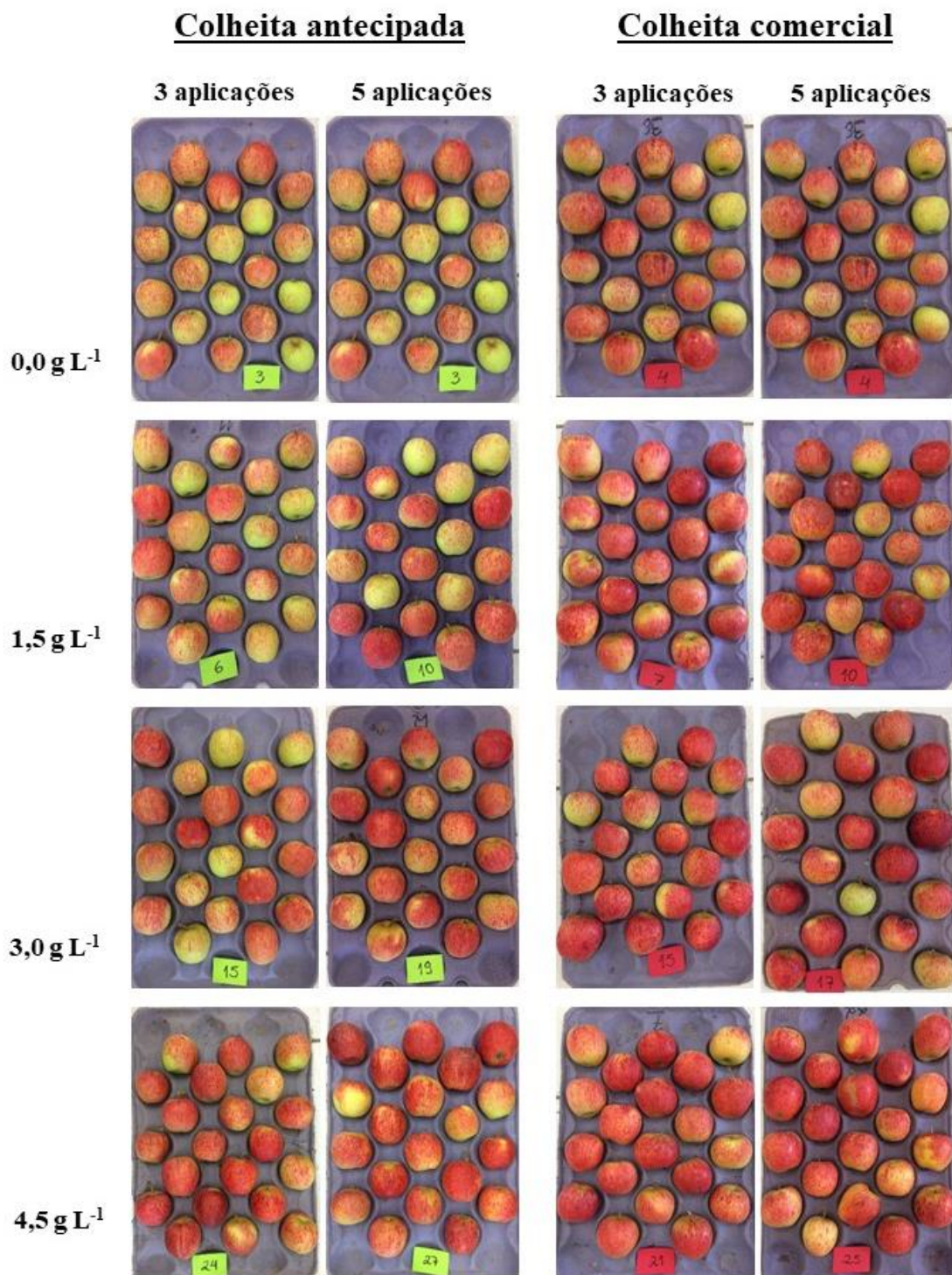
Figura 9. Coloração no lado mais colorido de maçãs ‘Imperial Gala’ submetidas a três e cinco pulverizações com diferentes concentrações de H_3BO_3 durante a pré-colheita. Safra 2016/2017. Todos os tratamentos receberam aplicação com AVG (62,5 mg L⁻¹).



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Figura 10. Coloração no lado mais colorido de maçãs ‘Imperial Gala’ submetidas a três e cinco pulverizações com diferentes concentrações de H_3BO_3 durante a pré-colheita. Safra 2017/2018. Nesta safra não ocorreu aplicação com AVG.

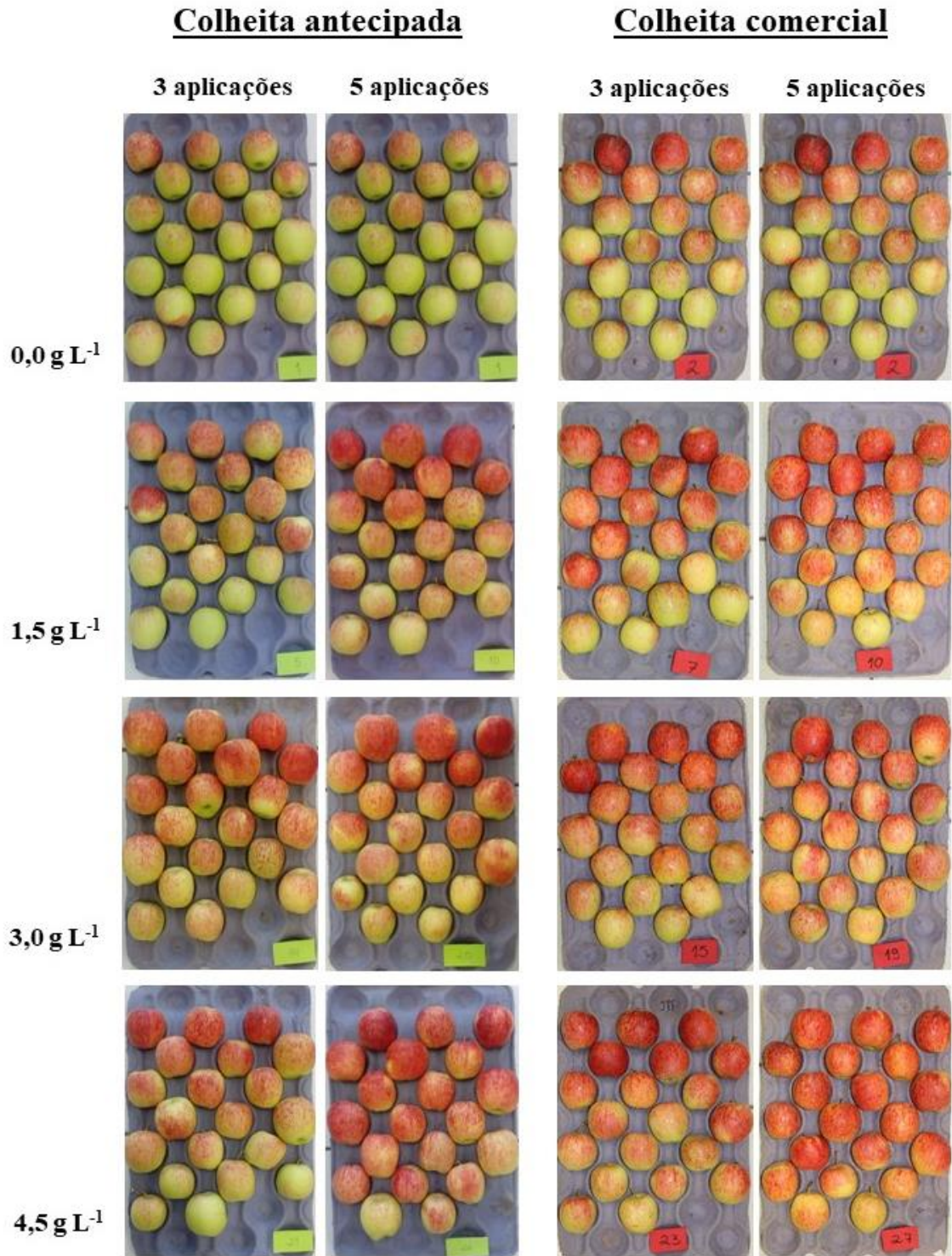
Safra
2017/2018



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Figura 11. Coloração no lado mais colorido de maçãs ‘Imperial Gala’ submetidas a três e cinco pulverizações com diferentes concentrações de H_3BO_3 durante a pré-colheita. Safra 2018/2019. Todos os tratamentos receberam aplicação com AVG ($62,5 \text{ mg L}^{-1}$).

Safra
2018/2019



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.