CHARLE KRAMER BORGES DE MACEDO

USO DE INIBIDORES DE GIBERELINAS EM MACIEIRAS CULTIVADAS EM PLENO SOL E SOB TELA ANTIGRANIZO

Tese apresentada ao Curso de Doutorado em Produção Vegetal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal.

Orientador: Ph.D. Cassandro Vidal Talamini do Amarante

LAGES
2018

Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da

Biblioteca Setorial do CAV/UDESC,

com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Macedo, Charle Kramer Borges de
Uso de inibidores de giberelinas em macieiras cultivadas em pleno sol e sob tela antigranizo / Charle Kramer Borges de Macedo. -- 2018.
183 p.

Orientador: Cassandro Vidal Talamini do Amarante
Tese (doutorado) -- Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2018.

1. Malus domestica Borkh. 2. Regulador de crescimento. 3. Proexadiona cálcica. 4. Trinexapac-etílico. I. Amarante, Cassandro Vidal Talamini do . II. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. III. Título.

CHARLE KRAMER BORGES DE MACEDO

USO DE INIBIDORES DE GIBERELINAS EM MACIEIRAS CULTIVADAS EM PLENO SOL E SOB TELA ANTIGRANIZO

Tese apresentada ao Curso de Doutorado em Produção Vegetal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal.

Banca Examinadora:

Membro:_____

Dr. Cristiano André Steffens
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC
Centro de Ciências Agroveterinárias – CAV

Membro: _____

Dra. Aike Anneliese Kretzschmar
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC
Centro de Ciências Agroveterinárias – CAV

Membro: _____

Dra. Fabiane Nunes Silveira
Bolsista PNPD/CAPES
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal

Membro: _____

Dr. Clenilso Sehnen Mota
Instituto Federal Catarinense – IFC
Campus Rio do Sul – SC

Membro: _____

Dr. Fernando José Hawerroth
Embrapa Uva e Vinho
Estação Experimental de Fruticultura de Clima Temperado (EFCT) – Vacaria – RS

Lages, 28 de setembro de 2018

Dedico aos meus pais, Erlim de Medeiros Macedo e Maria Helena Borges de Macedo e a minha esposa Fernanda Pelizzari Magrin de Macedo.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por iluminar meu caminho, proporcionando-me força e coragem para conquistar meus objetivos.

Aos meus pais, por todo o amor e carinho, e por acreditarem e me incentivarem em cada escolha da minha vida.

À minha esposa, Fernanda Pelizzari Magrin de Macedo, por fazer parte da minha vida, pelo amor, apoio, companheirismo, paciência, carinho e incentivo em todos os momentos.

Ao meu irmão Michel Kramer Borges de Macedo, pela amizade e companheirismo e à minha cunhada Jaqueline Macedo pela amizade e ao meu sobrinho e afilhado João Victor.

À toda minha família, pelo carinho e incentivo nos momentos difíceis.

Ao meu orientador Cassandro Vidal Talamini do Amarante, pelos ensinamentos fornecidos ao longo desta etapa.

Ao pesquisador da Embrapa Uva e Vinho, EFCT, Fernando José Hawerroth, pela amizade e ensinamentos fornecidos ao longo desta etapa sempre com eficiência e clareza.

Ao professor Cristiano André Steffens, pelos ensinamentos e pelo auxílio fornecido na etapa final da Tese.

Ao pesquisador da Embrapa Uva e Vinho, EFCT, Gilmar Ribeiro Nachtigall pelos ensinamentos, amizade e pela colaboração com empréstimos de equipamentos.

Ao professor Fabiano Simões pela amizade, auxílio e disponibilidade.

Aos amigos e colegas do laboratório de Fitotecnia da EFCT da Embrapa Uva e Vinho: Fernanda Pelizzari Magrin de Macedo, Joseane Turquete Ferreira, Danyelle de Sousa Mauta, Giovanni Marcello de Angeli Gilli Cóser, Leonardo Soldatelli Paim, Natália Aparecida de Almeida Goularte, Lisiane Viaceli de Oliveira, Maurício Borges de Vargas, Diana Carolina Lima Freitas, Filipe Medina, Lenir Caroline dos Santos Ruaro Graciano, Brenda Reis Ferreira, Daiane Pereira de Vargas, Lindomar Velho de Aguiar Junior, Daniel Callili, Yan Pinter das Chagas, pela amizade, auxílio, pelos momentos de descontração, pelas viagens, pela companhia na apresentação dos eventos científicos...

Aos funcionários da Embrapa, pelo auxílio na condução e avaliação de experimentos, meu muito obrigado, Marcelo, Celestino, Tiago, Jurandir, João Carlos, Jocemar, Claúdio e João Paulo.

As empresas do setor da maçã que disponibilizaram seus pomares para a realização dos experimentos.

À EFCT, da Embrapa Uva e Vinho, localizada em Vacaria pela infraestrutura.

Aos colegas da UDESC/CAV, pela amizade e à toda equipe do Laboratório de Fisiologia Vegetal e Fisiologia Pós-Colheita da UDESC/CAV, pela amizade e auxílio.

À UDESC e seus professores, pelo ensino gratuito e de qualidade, bem como aos funcionários da Secretaria Administrativa, da Secretaria de Ensino de Pós-Graduação e da Biblioteca.

À CAPES, pela concessão da bolsa de doutorado.

Aos membros que participaram da banca de qualificação e da banca final do Doutorado, pelas contribuições que enriqueceram a Tese.

À todas aquelas pessoas que contribuíram, de forma direta ou indireta, tanto para minha formação quanto para a realização deste trabalho.

Obrigado!

“Sonhos determinam o que você quer. Ação determina o que você conquista.”

Aldo Novak

RESUMO

MACEDO, Charle Kramer Borges de. **Uso de inibidores de giberelinas em macieiras cultivadas em pleno sol e sob tela antigranizo.** 2018. 183 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal). Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2018.

O cultivo de macieira é uma atividade de fundamental importância, uma vez que o Brasil passou de importador para produtor e exportador desta fruta. Nas condições climáticas do Sul do Brasil o crescimento vegetativo das macieiras é excessivo, sendo intensificado pelo uso de tela antigranizo. O adequado balanço entre o desenvolvimento vegetativo e a frutificação nessa cultura é imprescindível. Assim, o manejo do crescimento vegetativo de macieiras pode ser obtido através de meios naturais como a poda ou através da aplicação de inibidores da biossíntese de giberelina, como proexadiona cálcica (PCa) e trinexapaque-etílico (TPE). O efeito da aplicação desses reguladores de crescimento depende da dose, da época e do número de aplicações e do vigor da planta. Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de diferentes doses e épocas de aplicação dos inibidores da biossíntese de giberelinas PCa e TPE sobre o crescimento de ramos e a qualidade dos frutos na colheita e em pós-colheita, nas macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e sob tela antigranizo e nas macieiras 'Cripps Pink' cultivadas sob tela antigranizo, nas condições climáticas de Vacaria, RS. Para tanto, foram realizados três experimentos, descritos como capítulo I, II e III. Nos experimentos do capítulo I e II foram utilizadas macieiras 'Fuji Kiku', enxertadas sob Marubakaido com interenxerto de M.9, cultivadas no experimento I a pleno sol e no experimento II sob tela antigranizo de cor preta. No experimento do capítulo III foram utilizadas macieiras da cultivar Cripps Pink, enxertadas sobre M.9, sob tela antigranizo de cor preta. Ambos os experimentos foram executados nos ciclos 2015/2016 e 2016/2017, onde utilizou-se diferentes doses de TPE e PCa, quando as brotações apresentavam comprimento médio dos ramos do ano de 5 cm. No experimento do capítulo I, PCA e TPE em três aplicações, controlam de forma eficiente o crescimento de ramos em macieiras 'Fuji Kiku' enxertadas sobre Marubakaido/M9, porém a magnitude do efeito é variável em função da carga de frutos. Além disso, não houve diferença entre os reguladores no controle do crescimento de ramos. No experimento do capítulo II, ambos os reguladores de crescimento reduzem o crescimento de ramos de macieiras 'Fuji Kiku' enxertadas sobre Marubakaido/M9, cultivadas sob tela antigranizo, porém a magnitude da eficiência de controle varia entre as diferentes porções do dossel, e ainda é fortemente influenciada pela carga de frutos, sendo que PCa é mais eficiente que TPE. No experimento do capítulo III, PCa e TPE controlam eficientemente o crescimento de ramos em macieiras 'Cripps Pink' enxertadas sobre M.9, cultivadas sob tela antigranizo, com incremento do calibre e da coloração dos frutos. Diante dos resultados verificados, é evidente a eficiência de PCa e TPE no controle do crescimento vegetativo de macieiras, sendo sua efetividade variável de acordo com a carga de frutos e o ambiente de cultivo. Ainda, esses inibidores da biossíntese de giberelinas não interferem negativamente na qualidade dos frutos.

Palavras-chave: *Malus domestica* Borkh. Regulador de crescimento. Proexadiona cálcica. Trinexapac-etílico.

ABSTRACT

MACEDO, Charle Kramer Borges de. **Use of gibberellins inhibitor in apple trees cultivated in full sun and under hail protection net.** 2018. 183 f. Thesis (Doctorate in Crop Production). University of Santa Catarina State. Graduate Program in Crop Production, Lages, 2018.

The cultivation of apple trees is an activity of fundamental importance, since Brazil went from importer to producer and exporter of this fruit. In the climatic conditions of the South of Brazil the vegetative growth of the apple trees is excessive, being intensified by using hail protection net. The proper balance between vegetative development and fruiting in this crop is essential. Thus, the management of vegetative growth of apple trees can be achieved through natural means such as pruning or through the application of inhibitors of gibberellins biosynthesis, such as prohexadione calcium (PCa) and trinexapac-ethyl (TPE). The effect of the application of these growth regulators depends on the dose, the time and number of applications and the vigor of the plant. The objective of the present work was to evaluate the effect of different doses and times of application of inhibitors of gibberellins biosynthesis, PCa and TPE on fruit growth and fruit quality at harvest and post harvest in 'Fuji Kiku' apple trees cultivated in full sun and under hail protection net and in 'Cripps Pink' apple trees cultivated under hail protection net, under the climatic conditions of Vacaria, RS. For that, three experiments were performed, described as chapters I, II and III. In the experiments of chapters I and II 'Fuji Kiku' apple trees, grafted under Marubakaido with intergraft of M.9, were cultivated in experiment I in full sun and in experiment II under hail protection net of black color. In the experiment of chapter III, Cripps Pink apple trees, grafted on M.9, were used under hail protection net of black color. Both experiments were performed in the cycles 2015/2016 and 2016/2017, where different doses of TPE and PCa were used, when the shoots had an average length of 5 cm of the branches of the year. In the experiment of chapter I, PCA and TPE in three applications, efficiently control the growth of branches in 'Fuji Kiku' apple trees grafted on Marubakaido/M9, but the magnitude of the effect is variable as a function of the fruit load. In addition, there was no difference between the regulators in the control of branch growth. In the experiment in chapter II, both growth regulators reduce the growth of 'Fuji Kiku' apple trees grafted on Marubakaido/M9 under hail protection net, but the magnitude of control efficiency varies between different portions of the canopy, and is still strongly influenced by the fruit load, and PCa is more efficient than TPE. In the experiment of chapter III, PCa and TPE efficiently control the growth of branches in 'Cripps Pink' apple trees grafted on M.9, under hail protection net, increasing the size and color of the fruits. In view of the verified results, the efficiency of PCa and TPE in the control of the vegetative growth of apple trees is evident, being their effectiveness variable according to the fruit load and the growing environment. Furthermore, these inhibitors of gibberellins biosynthesis do not negatively interfere in fruit quality.

Keywords: *Malus domestica* Borkh. Growth regulators. Prohexadione calcium. Trinexapac-ethyl.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Esquema simplificado da biossíntese de giberelinas em plantas e pontos de inibição por reguladores de crescimento.....42
Figura 2 - Médias mensais de temperatura máxima e mínima e precipitação obtidas entre agosto a julho, nos ciclos 2015/2016 e 2016/2017 através dos dados coletados na estação meteorológica do INMET (A880). Vacaria, RS. 52
Figura 3 - Medição do comprimento de todos os ramos do ano da macieira, sendo divididos em três porções denominadas de patamar inferior, mediano e superior. Vacaria, RS. 54
Figura 4 - Material da poda das plantas (A) foi medido, obtendo-se o comprimento médio dos ramos (B) e o número médio de gemas (C, D). Detalhe de uma gema (E). Vacaria, RS.....60
Figura 5 - Ramo de macieira com paralisação do crescimento vegetativo, indicado pela seta branca. Vacaria, RS.....61
Figura 6 - Resumo dos dados de frequência de ramos com menos de 20 cm de comprimento nos diferentes patamares da planta, nos ciclos 2015/2016 e 2016/2017, em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa). Vacaria, RS.....116
Figura 7 - Massa total de ramos podados em resposta as aplicações de proexadiona cálcica (PCa) e trinexapaque-etílico (TPE), em macieiras 'Cripps Pink' cultivadas sob tela antigranizo, nos ciclos 2015/2016 e 2016/2017. Vacaria, RS. 149
Figura 8 - Correlação entre a frequência de ramos com menos de 20 cm e a frequência de frutos com mais de 50% da epiderme recoberto por cor vermelha, em macieiras 'Cripps Pink' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com proexadiona cálcica (PCa) e trinexapaque-etílico (TPE), nos ciclos 2015/2016 e 2016/2017. Vacaria, RS.....161

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Concentrações de trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) aplicadas em macieiras 'Fuji Kiku', parceladas em três aplicações, nos ciclos 2015/2016 e 2016/2017. Vacaria, RS. 53
Tabela 2 - Classes de calibre utilizadas na classificação de maçãs. Vacaria, RS. 55
Tabela 3 - Distribuição percentual dos ramos por classes de comprimento, avaliados no patamar inferior da planta, em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS. 65
Tabela 4 - Distribuição percentual dos ramos por classes de comprimento, avaliados no patamar mediano da planta, em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS. 66
Tabela 5 - Distribuição percentual dos ramos por classes de comprimento, avaliados no patamar superior da planta, em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS. 67
Tabela 6 - Distribuição percentual dos ramos de acordo com o comprimento médio, na média de toda a planta, em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS. 69
Tabela 7 - Distribuição percentual dos ramos por classes de comprimento, avaliados no patamar inferior da planta, em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS. 70
Tabela 8 - Distribuição percentual dos ramos por classes de comprimento, avaliados no patamar mediano, em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS. 71
Tabela 9 - Distribuição percentual dos ramos por classes de comprimento, avaliados no patamar superior, em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS. 72
Tabela 10 - Distribuição percentual dos ramos de acordo com o comprimento médio, na média de toda a planta, em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS. 73
Tabela 11 - Assimilação de CO_2 (*A*) e condutância estomática (*gs*) em folhas de macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS. 76

Tabela 12 - Número de frutos por planta (NF), massa de frutos por planta (MF) e massa média de frutos (MMF) em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS. 78
Tabela 13 - Distribuição percentual de frutos em cada categoria de calibre em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS. 79
Tabela 14 - Número de frutos por planta (NF), massa de frutos por planta (MF) e massa média de frutos (MMF) em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS. 80
Tabela 15 - Distribuição percentual de frutos em cada categoria de calibre em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS. 81
Tabela 16 - Diâmetro, comprimento, relação comprimento/diâmetro (C/D) e número de sementes em frutos (NS) de em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS. 83
Tabela 17 - Diâmetro, comprimento, relação comprimento/diâmetro (C/D) e número de sementes em frutos de em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS. 84
Tabela 18 - Firmeza de polpa (FP), conteúdo de sólidos solúveis (SS), índice de degradação do amido (IA) e acidez titulável (AT) dos frutos na colheita, em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS. 86
Tabela 19 - Firmeza de polpa (FP), conteúdo de sólidos solúveis (SS), índice de degradação do amido (IA) e acidez titulável (AT) dos frutos na colheita, em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS. 87
Tabela 20 - Distribuição percentual de frutos de acordo com a coloração vermelha de recobrimento da epiderme em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS. 89
Tabela 21 - Percentagem de frutos de acordo com a coloração vermelha de recobrimento da epiderme em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS. 90
Tabela 22 - Atributos de cor (L^*, C^* e $h°$) na epiderme de frutos de macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS. 91
Tabela 23 - Atributos de cor (L, C e $h°$) na epiderme de frutos de macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS. 92

Tabela 24 - Teores minerais de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na polpa fresca de maçãs 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS. 93
Tabela 25 - Teores minerais de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na polpa fresca de maçãs 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS. 94
Tabela 26 - Valores das relações nitrogênio/cálcio (N/Ca), potássio/cálcio (K/Ca) e potássio e magnésio/cálcio (K+Mg/Ca) na polpa fresca de maçãs 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS. 96
Tabela 27 - Valores das relações nitrogênio/cálcio (N/Ca), potássio/cálcio (K/Ca) e potássio e magnésio/cálcio (K+Mg/Ca) na polpa fresca de maçãs 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS. 97
Tabela 28 - Firmeza de polpa (FP), sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT) de frutos de macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapac-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2015/2016, após o período de armazenamento em atmosfera refrigerada (AR) a 0,5±1ºC e umidade relativa (UR) 90±5%, por um período de 120 dias. Vacaria, RS. 99
Tabela 29 - Firmeza de polpa (FP), sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT) de frutos de macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapac-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2015/2016, após o período de armazenamento em atmosfera refrigerada (AR) a 0,5±1ºC e umidade relativa (UR) 90±5%, por um período de 120 dias mais sete dias de exposição a temperatura de 20ºC. 100
Tabela 30 - Incidência de 'bitter pit' (%) e índice de 'bitter pit' (%) em frutos de macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapac-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2015/2016, após o período de armazenamento em atmosfera refrigerada (AR) a 0,5±1ºC e umidade relativa (UR) 90±5%, por um período de 120 dias. Vacaria, RS. 101
Tabela 31 - Incidência de podridões (%) em frutos de macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapac-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2015/2016, após o período de armazenamento em atmosfera refrigerada (AR) a 0,5±1ºC e umidade relativa (UR) 90±5%, por um período de 120 dias. Vacaria, RS. 103
Tabela 34 - Distribuição percentual dos ramos por classes de comprimento, avaliados no patamar inferior da planta, em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS. 107
Tabela 35 - Distribuição percentual dos ramos por classes de comprimento, avaliados no patamar mediano da planta, em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS. 108

Tabela 36 - Distribuição percentual dos ramos por classes de comprimento, avaliados no patamar superior do dossel, em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS. 109
Tabela 37 - Distribuição percentual dos ramos de acordo com o comprimento médio, na média de toda a planta, em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS. 110
Tabela 38 - Distribuição percentual dos ramos por classes de comprimento, avaliados no patamar inferior da planta, em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS. 111
Tabela 39 - Distribuição percentual dos ramos por classe de comprimento, avaliados no patamar mediano da planta, em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS. 112
Tabela 40 - Distribuição percentual dos ramos por classe de comprimento, avaliados no patamar superior da planta, em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS. 113
Tabela 41 - Distribuição percentual dos ramos de acordo com o comprimento médio, na média de toda a planta, em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS. 114
Tabela 42 - Assimilação de CO_2 (*A*) e condutância estomática (*gs*) em folhas de macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS. 118
Tabela 43 - Número de frutos por planta (NF), massa de frutos por planta (MF) e massa média de frutos (MMF) em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS. 119
Tabela 44 - Número de frutos por planta (NF), massa de frutos por planta (MF) e massa média de frutos (MMF) em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS. 120
Tabela 45 - Percentagem de frutos em cada categoria de calibre em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS. 122
Tabela 46 - Percentagem de frutos em cada categoria de calibre em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS. 123

Tabela 47 - Diâmetro, comprimento, relação comprimento/diâmetro (C/D) e número de sementes em frutos (NS) de macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS. 124
Tabela 48 - Diâmetro, comprimento, relação comprimento/diâmetro (C/D) e número de sementes em frutos (NS) de macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS. 125
Tabela 49 - Firmeza de polpa (FP), conteúdo de sólidos solúveis (SS), índice de degradação do amido (IA) e acidez titulável (AT) dos frutos na colheita, em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS. 126
Tabela 50 - Firmeza de polpa (FP), conteúdo de sólidos solúveis (SS), índice de degradação do amido (IA) e acidez titulável (AT) dos frutos na colheita, em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS. 127
Tabela 51 - Percentagem de frutos de acordo com a coloração vermelha de recobrimento da epiderme em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS. 128
Tabela 52 - Atributos de cor (*L*, *C* e *h*°) na epiderme de frutos de macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS. 129
Tabela 53 - Percentagem de frutos de acordo com a coloração vermelha de recobrimento da epiderme em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS. 130
Tabela 54 - Atributos de cor (*L*, *C* e *h*°) na epiderme de frutos de macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS. 131
Tabela 55 - Teores minerais de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na polpa fresca de maçãs 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) nos ciclos 2015/2016 e 2016/2017. Vacaria, RS. 134
Tabela 56 - Valores das relações nitrogênio/cálcio (N/Ca), potássio/cálcio (K/Ca) e potássio e magnésio/cálcio (K+Mg/Ca) na polpa fresca de maçãs 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) nos ciclos 2015/2016 e 2016/2017. Vacaria, RS. 136
Tabela 57 - Firmeza de polpa (FP), sólidos solúveis (SS) e incidência de podridões (%) em frutos de macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapac-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2016/2017, após o período de armazenamento em atmosfera controlada (AC) a 0,5±1ºC e umidade relativa (UR) 90±5%, por um período de 240 dias. Vacaria, RS. 137

Tabela 58 - Firmeza de polpa (FP), sólidos solúveis (SS) e incidência de podridões (%) em frutos de macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapac-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2016/2017, após o período de armazenamento em atmosfera controlada (AC) a 0,5±1ºC e umidade relativa (UR) 90±5%, por um período de 240 dias mais sete dias de exposição a temperatura de 20ºC. 138
Tabela 61 - Distribuição percentual dos ramos por classes de comprimento, avaliados no patamar inferior da planta, em macieiras 'Cripps Pink' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com proexadiona cálcica (PCa) e trinexapaque-etílico (TPE), nos ciclos 2015/2016 e 2016/2017. Vacaria, RS. 143
Tabela 62 - Distribuição percentual dos ramos por classes de comprimento, avaliados no patamar mediano da planta, em macieiras 'Cripps Pink' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com proexadiona cálcica (PCa) e trinexapaque-etílico (TPE), nos ciclos 2015/2016 e 2016/2017. Vacaria, RS. 144
Tabela 63 - Distribuição percentual dos ramos por classes de comprimento, avaliados no patamar superior da planta, em macieiras 'Cripps Pink' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com proexadiona cálcica (PCa) e trinexapaque-etílico (TPE), nos ciclos 2015/2016 e 2016/2017. Vacaria, RS. 145
Tabela 64 - Comprimento médio de ramos (CMR), número médio de gemas por ramo (NMGR) e comprimento médio de entrenós (CME) em resposta as aplicações de proexadiona cálcica (PCa) e trinexapaque-etílico (TPE), em macieiras 'Cripps Pink' cultivadas sob tela antigranizo, nos ciclos 2015/2016 e 2016/2017. Vacaria, RS. 146
Tabela 65 - Número de frutos por planta (NF), massa de frutos por planta (MF) e massa média de frutos (MMF) em resposta as aplicações de proexadiona cálcica (PCa) e trinexapaque-etílico (TPE), em macieiras 'Cripps Pink' cultivadas sob tela antigranizo, nos ciclos 2015/2016 e 2016/2017. Vacaria, RS. 152
Tabela 66 - Diâmetro médio (DM), comprimento médio (CM), relação comprimento/diâmetro (CM/DM) e número de sementes (NS) em resposta as aplicações de proexadiona cálcica (PCa) e trinexapaque-etílico (TPE), em macieiras 'Cripps Pink' cultivadas sob tela antigranizo, nos ciclos 2015/2016 e 2016/2017. Vacaria, RS..... 154
Tabela 67 - Percentagem de frutos em cada categoria de calibre, em resposta as aplicações de proexadiona cálcica (PCa) e trinexapaque-etílico (TPE), em macieiras 'Cripps Pink' cultivadas sob tela antigranizo, nos ciclos 2015/2016 e 2016/2017. Vacaria, RS. 156
Tabela 68 - Firmeza de polpa (FP), conteúdo de sólidos solúveis (SS), índice de degradação do amido (IA) e acidez titulável (AT) dos frutos na colheita, em resposta as aplicações de proexadiona cálcica (PCa) e trinexapaque-etílico (TPE), em macieiras 'Cripps Pink' cultivadas sob tela antigranizo, nos ciclos 2015/2016 e 2016/2017. Vacaria, RS. 158
Tabela 69 - Percentagem de frutos de acordo com a coloração vermelha de recobrimento da epiderme em resposta as aplicações de proexadiona cálcica (PCa) e trinexapaque-etílico (TPE), em macieiras 'Cripps Pink' cultivadas sob tela antigranizo, nos ciclos 2015/2016 e 2016/2017. Vacaria, RS. 160

Tabela 70 - Atributos de cor (*L**, *C** e *h*°) na epiderme de frutos em resposta as aplicações de proexadiona cálcica (PCa) e trinexapaque-etílico (TPE), em macieiras ‘Cripps Pink’ cultivadas sob tela antigranizo, nos ciclos 2015/2016 e 2016/2017. Vacaria, RS. 162

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Assimilação de CO_2
AGAPOMI	Associação Gaúcha dos Produtores de Maçã
Apl.	Aplicação
AR	Atmosfera refrigerada
AT	Acidez titulável
C	Cromaticidade
Ca	Cálcio
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CAV	Centro de Ciências Agroveterinárias
C/D	Relação comprimento/diâmetro
cm	Centímetro
CM	Comprimento médio
CM/DM	Relação comprimento/diâmetro
CME	Comprimento médio de entrenós
CMR	Comprimento médio de ramos
CV	Coeficiente de variação
Dr.	Doutor
Dra.	Doutora
DAPA	Dias após a primeira aplicação
DAPF	Dias após a plena floração
DM	Diâmetro médio
DXP	1-desoxi-D-xilose-5-fosfato
EFCT	Estação Experimental de Fruticultura de Clima Temperado
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
FP	Firmeza de polpa
g	Grama
gs	Condutância estomática
GAs	Giberelinas
GGDP	Geranilgeranil difosfato
Ha	Hectare
IA	Índice de degradação do amido
i.a.	Ingrediente ativo
IC	Iniciação científica
IFC	Instituto Federal Catarinense
I-KI	Iodo-iodeto de potássio
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPP	Isopreno
K	Potássio
K/Ca	Potássio/Cálcio
K+Mg/Ca	Potássio/Magnésio/Cálcio
Kg	Quilograma
Km	Quilômetro
L	Luminosidade
L	Litro
L ha^{-1}	Litro por hectare
Ltda	Limitada
m	Metro

m	Minuto
Mg	Magnésio
MAPA	Ministério de Agricultura Pecuária e Abastecimento
MF	Massa de frutos por planta
MMF	Massa média de frutos
mg	Miligrama
mL	Mililitro
mm	Milímetro
mg kg^{-1}	Miligrama por quilo
mg L^{-1}	Miligrama por litro
N	Normal (concentração de solução química)
N	Newton (unidade de firmeza de polpa)
N	Nitrogênio
N/Ca	Nitrogênio/Cálcio
NF	Número de frutos por planta
NSF	Número de sementes por fruto
ns	Não significativo
NaOH	Hidróxido de sódio
NMGR	Número médio de gemas por ramo
NSF	Número de sementes por fruto
MF	Massa de frutos por planta
MMF	Massa média de frutos
P	Fósforo
PBZ	Paclobutrazol
PCa	Proexadiona cálcica
pH	Potencial hidrogeniônico
Ph.D.	*Philosophiae Doctor*
PNPD	Programa Nacional de Pós Doutorado
RS	Rio Grande do Sul
SAS	Programa estatístico - SAS Institute Inc.
SC	Santa Catarina
SS	Sólidos solúveis
TPE	Trinexapaque-etílico
UDESC	Universidade do Estado de Santa Catarina
UR	Umidade relativa
XTH	Xicoglumato endotransglicosilase/hidroxilase

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Percentagem
°Brix	Graus Brix
°C	Graus Celsius
h°	Ângulo ‘hue’
CO_2	Dióxido de carbono
±	Mais ou menos
º	Hora
’	Minutos
’’	Segundos
®	Marca registrada
≥	Maior ou igual a
≤	Menor ou igual a
>	Maior que
<	Menor que
~	Aproximadamente
1/3	Um terço

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL 33

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 35

2.1 MACIEIRA 35

2.2 CULTIVARES 35

2.3 SISTEMA DE PRODUÇÃO 36

2.4 TELA ANTIGRANIZO 37

2.6 GIBERELINAS 40

2.7 INIBIDORES DA BIOSSÍNTESE DE GIBERELINAS 43

2.8 PROEXADIONA CÁLCICA E TRINEXAPAC-ETÍLICO 44

3 METODOLOGIA GERAL 51

3.1 CAPÍTULO I E II (FUJI KIKU A PLENO SOL E SOB TELA ANTIGRANIZO) 51

3.1.1 Crescimento vegetativo 53

3.1.2 Trocas Gasosas 54

3.1.3 Análises na colheita 55

3.1.4 Análise mineral dos frutos 56

3.1.5 Análises pós-colheita 57

3.1.6 Análise estatística 58

3.2 CAPÍTULO III (CRIPPS PINK) 58

3.2.1 Crescimento vegetativo 60

3.2.2 Análises na colheita 61

3.2.3 Análise estatística 61

4 CAPÍTULO I: USO DE TRINEXAPAQUE-ETÍLICO E PROEXADIONA CÁLCICA NO CONTROLE DO DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO, E SEUS IMPACTOS NA PRODUÇÃO E QUALIDADE DE FRUTOS EM MACIEIRAS 'FUJI KIKU' CULTIVADAS A PLENO SOL 63

4.1 INTRODUÇÃO 63

4.2 MATERIAL E MÉTODOS **64**

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO **65**

4.3.1 Crescimento vegetativo 65

4.3.2 Trocas gasosas 76
4.3.3 Atributos produtivos 77
4.3.4 Atributos de qualidade 85
4.3.5 Análise mineral dos frutos 93
4.3.6 Análises pós-colheita 99
4.4 CONCLUSÕES 104

5 CAPÍTULO II: USO DE TRINEXAPAQUE-ETÍLICO E PROEXADIONA CÁLCICA NO CONTROLE DO DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO, E SEUS IMPACTOS NA PRODUÇÃO E QUALIDADE DE FRUTOS EM MACIEIRAS 'FUJI KIKU' CULTIVADAS SOB TELA ANTIGRANIZO.. 105
5.1 INTRODUÇÃO 105
5.2 MATERIAL E MÉTODOS 106
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 106
5.3.1 Crescimento vegetativo de ramos 106
5.3.2 Trocas gasosas 117
5.3.3 Atributos produtivos 119
5.3.4 Atributos de qualidade 123
5.3.5 Análise mineral dos frutos 132
5.3.6 Análises pós-colheita 137
5.4 CONCLUSÕES 139

6 CAPÍTULO III: INIBIDORES DE BIOSSÍNTESE DE GIBERELINAS NO CONTROLE DO CRESCIMENTO VEGETATIVO DE MACIEIRAS 'CRIPPS PINK' SOB TELA ANTIGRANIZO 141
6.1 INTRODUÇÃO 141
6.2 MATERIAL E MÉTODOS 142
6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 142
6.3.1 Crescimento vegetativo 142
6.3.2 Atributos produtivos 151
6.3.3 Atributos de qualidade 157
6.4 CONCLUSÕES 163

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS 165

REFERÊNCIAS 167

1 INTRODUÇÃO GERAL

A macieira (*Malus domestica* Borkh.) é uma espécie de fundamental importância para a região Sul do Brasil, onde estão inseridas muitas empresas produtoras da fruta, as quais são fonte de emprego e renda. A cadeia produtiva da maçã está em constante busca por melhorias e inserção de tecnologias a fim de produzir com maior qualidade.

No Rio Grande do Sul a produção de maçãs concentra-se na Mesorregião Nordeste Rio-Grandense, em Vacaria, enquanto que em Santa Catarina destacam-se a Mesorregião Oeste Catarinense em Fraiburgo e a Mesorregião Serrana nos municípios de São Joaquim, Bom Jardim da Serra e Urupema (NACHTIGALL et al., 2014). No Paraná destaque para a cidade de Palmas (PETRI et al., 2011).

Atualmente, precipitações de granizo vem ocorrendo com certa frequência na região sul, sendo um dos principais problemas enfrentados na produção de maçãs (AMARANTE et al., 2007). Diversas alternativas já foram utilizadas para evitar as perdas decorrentes do granizo, destacando-se o uso de telas antigranizo, cujo emprego está aumentando em função de ser considerado um método seguro e eficaz de proteção das plantas (BOSCO et al., 2013). Entretanto, em função do alto custo para a implantação desse sistema, muitos produtores estão, aos poucos, convertendo áreas a pleno sol em áreas com cobertura.

O período de desenvolvimento vegetativo de macieiras, nas condições climáticas do Sul do Brasil, é superior ao verificado em outras regiões de clima temperado, proporcionando crescimento vegetativo excessivo (HAWERROTH; PETRI, 2014). Ainda, o uso de tela antigranizo nos pomares também pode intensificar o crescimento dos ramos, devido à redução da radiação solar incidente sobre as plantas, o que estimula o aumento da área foliar (AMARANTE et al., 2009).

O adequado balanço entre o desenvolvimento vegetativo e a frutificação da macieira são fundamentais para garantir eficiência produtiva e qualidade dos frutos, sendo que o crescimento vegetativo excessivo prejudica a formação de gemas floríferas, a frutificação efetiva, a qualidade dos frutos, a conservação dos frutos em pós-colheita, aumentando a incidência de distúrbios fisiológicos e dificultando o manejo de pragas e doenças (GREENE, 2007; PETRACEK et al., 2003; BUBÁN et al., 2004; PRIVÉ et al., 2006; SHARMA et al., 2009).

O controle do crescimento vegetativo pode ser realizado através de meios naturais, através do uso de porta-enxertos ananizantes, poda verde, manejo adequado de fertilizantes nitrogenados e ajuste da carga de frutos (MILLER; TWORKOSKI, 2003; GOREN et al.,

2004). Entretanto, quando essas práticas não podem ser efetuadas ou não são suficientes, pode-se fazer uso de inibidores da biossíntese de giberelinas (GAs), como a proexadiona cálcica (PCa) e o trinexapac-etílico (TPE).

De acordo com Rademacher et al. (2014), os inibidores de GAs têm sido utilizados com eficiência no controle do crescimento dos ramos de macieiras. O PCa vem sendo utilizado com sucesso na redução do crescimento vegetativo em algumas frutíferas, como macieira (HAWERROTH; PETRI, 2014), pereira (PASA; EINHORN, 2014), mangueira (MOUCO et al., 2011) enquanto que o TPE é utilizado com boa eficiência no controle do desenvolvimento vegetativo de gramíneas (ARF et al., 2012; HAWERROTH et al., 2015), e tem sido testado também em frutíferas (RADEMACHER, 2000).

Existem diversos estudos sobre o crescimento vegetativo na cultura da macieira, entretanto inexistem, nas condições da região sul do Brasil, estudos avaliando a aplicação de inibidores da biossíntese de giberelinas em sistema de tela antigranizo. Além disso, faz-se necessário o estabelecimento da relação dose x cultivar.

Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de diferentes doses e épocas de aplicação dos inibidores da biossíntese de giberelinas proexadiona cálcica (PCa) e trinexapac-etílico (TPE) sobre o crescimento de ramos e a qualidade dos frutos na colheita e em pós-colheita, nas macieiras ‘Fuji Kiku’ cultivadas a pleno sol e sob tela antigranizo e nas macieiras ‘Cripps Pink’ cultivadas sob tela antigranizo, nas condições climáticas de Vacaria, RS.

O presente trabalho está estruturado na forma de capítulos, proporcionando informações científicas sobre o uso de trinexapaque-etílico e proexadiona cálcica: em macieiras ‘Fuji Kiku’ cultivadas a pleno sol (Capítulo I) e sobre tela antigranizo (Capítulo II); e em macieiras ‘Cripps Pink’ cultivadas sobre tela antigranizo (Capítulo III).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 MACIEIRA

O Brasil apresenta grande variabilidade de condições climáticas ao longo do seu território, o que possibilita o cultivo de diversas espécies frutíferas, sendo que a região Sul é considerada a de maior variabilidade nos elementos meteorológicos durante o ano, devido à influência determinante da estrutura topográfica, das variações de latitude e longitude, da formação de frentes meteorológicas e da passagem de massas de ar (MACHADO et al., 2010). Nessa região, ocorre o clima temperado úmido, onde as condições climáticas são favoráveis ao cultivo de diversas frutíferas temperadas, como macieira, pereira, ameixeira, pessegueiro, videira. Sendo que, dentre estas, a macieira é a principal espécie cultivada, especialmente, nos locais de maior altitude do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, que representam 95,8% do total produzido de maçãs no Brasil (IBGE, 2018).

A macieira é uma frutífera lenhosa, decídua, temperada e adaptável a diferentes climas. Pertence à ordem Rosales, família Rosaceae, subfamília Pomoideae, gênero Malus e espécie *Malus domestica* Borkhausen (IUCHI, 2006).

Santa Catarina é o maior produtor nacional de maçãs, com 48,9% do total, apresentando como principais polos produtores Fraiburgo e São Joaquim. O Rio Grande do Sul ocupa a segunda posição, com 46,9%, destacando-se o município de Vacaria como o principal produtor (PETRI et al., 2011; IBGE, 2018), caracterizando-se pela predominância de grandes empresas produtoras e comercializadoras da fruta.

2.2 CULTIVARES

No Brasil, ‘Gala’ e ‘Fuji’ são as cultivares mais plantadas (FIORAVANÇO, 2009) e, por apresentarem qualidade organoléptica apreciada pelo consumidor brasileiro, são as principais opções de cultivo (FIORAVANÇO et al., 2010). Entretanto, a diversificação das cultivares é uma medida importante tanto para ampliar o calendário de colheita quanto para escalonar a mão de obra. Sendo assim, existem outras opções disponíveis e, embora de produção menos expressiva, são importantes, como é o caso da ‘Cripps Pink’.

A cultivar Fuji foi obtida através do cruzamento entre ‘Ralls Janet’ x ‘Delicious’, realizado no Japão, em 1939, sendo introduzida no Brasil em 1967 (CAMILO; DENARDI, 2006). As frutas, vermelho-estriadas sobre fundo verde, são doces, com baixa acidez,

crocantes e muito suculentas (BERNARDI; DENARDI; HOFFMANN, 2004). As plantas do grupo ‘Fuji’ caracterizam-se pelo alto vigor, boa precocidade de produção, porém a produção acumulada ao longo dos ciclos é geralmente menor que a de ‘Gala’, a principal cultivar no Brasil, devido à alta alternância de produção (FIORAVANÇO, 2015). Os frutos são de tamanho médio a grande, redondo-oblatos ou oblongos, desuniformes e com um pouco de russeting (CAMILO; DENARDI, 2006). No Rio Grande do Sul, ‘Fuji’ e seus clones são a segunda cultivar mais plantada, com cerca de 23,6% do total (AGAPOMI, 2018).

A cultivar Cripps Pink foi obtida mediante cruzamento realizado entre ‘Lady Williams’ x ‘Golden Delicious’ em 1973 por J. E. L. Cripps. As plantas dessa cultivar são vigorosas, apresentando crescimento denso dos ramos e folhas grandes (CRIPPS et al., 1993). Os frutos são de coloração rosa-avermelhada com fundo verde-amarelado, apresentando formato oblongo-cônico e tamanho médio, sem a presença de russeting (FIORAVANÇO et al., 2011). A incorporação desta cultivar à cadeia produtiva brasileira pode ser vantajosa (FIORAVANÇO et al., 2011), uma vez essa cultivar é muito valorizada no mercado mundial. Entretanto, um problema que vem sendo relatado é a falta de coloração dessas maçãs, proporcionando grandes entraves.

2.3 SISTEMA DE PRODUÇÃO

O cultivo de macieiras em Vacaria, RS teve grande expansão comercial a partir da década de 1980. Os plantios eram realizados com porta-enxertos vigorosos como M.7, MM.111, Marubakaido e M.6, o que impossibilitava a implantação de pomares com densidade de plantas superiores a 2.000 plantas por hectare.

Atualmente, os novos plantios têm preconizado os sistemas de alta densidade de plantas, visando principalmente a precocidade para o início de produção, o aumento de produtividade e a redução dos custos com mão de obra nos pomares (MARINI, 2014; PASA et al., 2016). No entanto, em anos onde há menor produção, seja por problemas de polinização ou por alternância de produção, ocorre alto crescimento vegetativo, que associado a alta densidade de plantio, bem como cobertura dos pomares com tela antigranizo e dias chuvosos durante o ciclo produtivo, proporcionam sombreamento excessivo dentro do dossel da planta (MEDJDOUB et al., 2004).

2.4 TELA ANTIGRANIZO

O granizo forma-se na parte superior de nuvens cúmulo-nimbos cuja temperatura é menor, favorecendo a transformação de gotículas de água em partículas de gelo (MARTINEZ et al., 2001). Os danos causados são variáveis de acordo com alguns fatores, como o tamanho das pedras de gelo, a densidade por área e velocidade de queda das pedras de gelo, a duração do evento, a velocidade do vento e a fase de desenvolvimento das culturas (MOTA, 1981). Na cultura da macieira, os frutos acometidos pelo granizo após a floração tornam-se deformados, enquanto que nos frutos maiores ocorrem lesões favorecendo a entrada de patógenos. Ainda, o granizo pode comprometer as produções futuras, uma vez que ocasiona danos nas folhas e nos ramos das plantas (LEITE et al., 2002).

Na região sul do Brasil, o granizo é um dos principais problemas enfrentados na produção de maçãs (AMARANTE et al., 2007), causando prejuízos financeiros aos produtores e danos às plantas e aos frutos. Dessa forma, uma alternativa que vem sendo cada vez mais empregada é a cobertura das plantas com telas, por ser considerada um método seguro e eficaz contra o granizo (BOSCO et al., 2013).

Entretanto, a interação entre as plantas sob tela antigranizo e o ambiente acontece de forma diferenciada das plantas que são conduzidas a pleno sol em função das mudanças nas variáveis microclimáticas (BOSCO et al., 2015). O emprego das telas antigranizo reduz a radiação solar sobre as plantas, podendo interferir fotossíntese, produção e qualidade dos frutos (AMARANTE et al., 2009). Ainda, Middleton; Mcwaters, (2002) verificaram que plantas sob tela antigranizo podem apresentar maior crescimento vegetativo do que plantas descobertas. Assim, é necessário um manejo diferenciado sob tela antigranizo, uma vez que nesse sistema as condições de microclima, crescimento e desenvolvimento são distintas das plantas conduzidas a pleno sol (HAWERROTH et al., 2017).

O aumento do crescimento vegetativo ocasionado pelo uso das telas antigranizo pode ser minimizado pela aplicação de substâncias reguladoras do crescimento, como os inibidores da biossíntese de giberelinas (GAs), como proexadiona cálcica (PCa) e trinexapac-etílico (TPE).

2.5 CRESCIMENTO VEGETATIVO EXCESSIVO

O controle do crescimento vegetativo é uma grande preocupação para os produtores de maçãs, pois, se for excessivo, causa competição por carboidratos e nutrientes com os frutos,

podendo depreciar sua qualidade (BYERS; YODER, 1999; GREENE, 1999; BASAK; RADEMACHER, 2000; COSTA et al., 2002; MILLER; TWORKOSKI, 2003). Uma consequência do excesso de crescimento vegetativo é o sombreamento no interior da planta, causando a inibição da formação de gemas florais, fazendo com que gradativamente a produção de frutos seja direcionada para as partes mais externas, principalmente na parte superior, onde há maior exposição à radiação solar (WÜNSCHE et al., 1996; HAWERROTH; PETRI, 2016). Ainda, copas densas apresentam condições favoráveis ao desenvolvimento de doenças e dificuldade de penetração dos agroquímicos, o que prejudica a eficiência de controle (HAWERROTH et al., 2012). O excesso de crescimento vegetativo prejudica a formação de gemas floríferas, a frutificação efetiva, a qualidade dos frutos, aumenta a incidência de distúrbios fisiológicos, dificulta o manejo de pragas e pode prejudicar a conservação dos frutos em pós-colheita (GREENE, 2007; PETRACEK et al., 2003; BUBÁN et al., 2004; PRIVÉ et al., 2006; SHARMA et al., 2009).

Nas condições climáticas do Sul do Brasil, o período de desenvolvimento vegetativo de macieiras ‘Gala’ e ‘Fuji’ mostra-se superior ao observado em típicas regiões de clima temperado, ocasionando crescimento excessivo dos ramos, sobretudo em anos de baixa frutificação (HAWERROTH; PETRI, 2014). Além disso, em Vacaria, RS, muitos pomares são cobertos com tela antigranizo, o que pode intensificar o crescimento dos ramos, devido à redução da radiação solar incidente sobre as plantas, o que estimula o aumento da área foliar (AMARANTE et al., 2009). Ainda, plantas de ‘Fuji’ necessitam de 600 a 800 horas abaixo de 7,2ºC para a superação da dormência (FIORAVANÇO et al., 2010). Porém, nos locais de maior cultivo de maçãs no Rio Grande do Sul, como na região de Vacaria, tal acumulado de frio não ocorre mesmo nos melhores anos (CARDODO et al., 2015). Isso ocasiona menor taxa de brotação de gemas e formação de um número menor de ramos, porém com maior comprimento (MARCHI et al., 2017).

Assim, a utilização de práticas culturais que promovam o adequado balanço entre o desenvolvimento vegetativo e a frutificação da macieira são fundamentais para garantir eficiência produtiva e qualidade dos frutos. Dentre os métodos utilizados para controlar o crescimento dos ramos, destacam-se o uso de porta-enxertos ananizantes, a poda verde, o manejo adequado de fertilizantes nitrogenados e o ajuste da carga de frutos (MILLER; TWORKOSKI, 2003; GOREN et al., 2004).

O uso de porta-enxertos como M.9 e G.213, que conferem baixo vigor a cultivar copa, constitui o principal método de regulação do crescimento vegetativo do pomar (DENARDI, 2006; FAZIO et al., 2017; PETRI; LEITE, 2008). Entretanto, para que a escolha do genótipo

seja acertada, deve-se considerar diversos aspectos, como a cultivar copa, a densidade de plantio, o sistema de condução, o nível tecnológico e as condições edafoclimáticas (WEBSTER, 2002; HAWERROTH; PETRI, 2014; FIORAVANÇO et al., 2016). Ainda, em algumas situações o uso de porta-enxertos de baixo vigor não é possível e, nestas condições, uma alternativa encontrada tem sido o uso de interenxerto (Marubakaido/M.9), o qual permite reduzir o vigor da copa, sem comprometer a eficiência produtiva (DI VAIO et al., 2008; FIORAVANÇO et al., 2016).

Outra prática cultural é a poda de inverno, a qual é fundamental nos pomares para direcionar o crescimento da planta, controlar o tamanho e o volume da copa, proporcionar equilíbrio entre o crescimento vegetativo e a produção de frutos e, consequentemente, melhorar a qualidade dos frutos (MARINI, 2014). Embora as podas verde e de inverno sejam essenciais na cultura da macieira (CLINE et al., 2008), apresentam alta demanda de mão de obra para a sua execução, principalmente, em condições onde são utilizados porta-enxertos que induzem maior crescimento vegetativo, refletindo em elevado custo para sua realização (PRIVÉ et al., 2006).

A adubação também exerce grande efeito sobre o crescimento vegetativo da macieira, principalmente, quando se trata de fontes nitrogenadas. Embora o nitrogênio seja um nutriente essencial para macieiras, a aplicação de doses excessivas causa aumento no crescimento vegetativo (CHENG; FUCHIGAMI, 2002; NAVA, 2010). Isso pode refletir negativamente sobre os aspectos qualitativos dos frutos (SOUZA et al., 2013).

Outro ponto importante relacionado com o crescimento vegetativo, é a carga de frutos. Altas cargas de frutos reduzem o crescimento dos ramos e o calibre de frutos, além disso, inibem a formação de gemas florais para o ciclo seguinte. As sementes presentes nos frutos jovens contêm uma quantidade relativamente grande de hormônios (auxinas, giberelinas), tais hormônios são transportados aos meristemas das gemas, causando o efeito inibitório da indução floral de forma quantitativa (SRINIVASAN; MULLINS, 1981; NEILSEN; DENNIS, 2000). Já, a baixa carga de frutos proporciona maior calibre dos frutos, mas o crescimento vegetativo pode ser excessivo (SMITH; SAMACHI, 2013; CASTRO et al., 2015), assim, prejudicando a formação de gemas florais para o próximo ciclo. Diversos estudos propuseram que a indução floral ocorreria quando o crescimento dos ramos vegetativos cessasse (WILLIAMS; RENNISON, 1963; ABBOTT, 1970). O crescimento vegetativo e formação da flor apresentam uma relação negativa, por essa razão, é mais provável que fatores que induzam a parada do crescimento de ramos e brotos mais precocemente, favoreçam um

aumento na formação de gemas florais (FORSHEY, 1989; FORSHEY; ELFVING, 1989; HIRST; FERREE, 1995).

A carga de frutos é utilizada como um meio natural de controle de vigor. Porém, em ciclos onde ocorrem problemas de frutificação como, por exemplo, em consequência de condições climáticas desfavoráveis durante a floração (dias chuvosos, temperaturas muito altas ou muito baixas, dias ventosos, umidade relativa muito baixa), o crescimento de ramos pode se tornar excessivo, causando sombreamento no interior da copa e redução na formação de gemas florais (ROBINSON, 2008).

O controle do desenvolvimento vegetativo deve ser realizado, prioritariamente, por meios naturais. No entanto, se essas soluções não são passíveis de serem implementadas, pelo alto custo para sua execução, ou não são suficientes para restringir o desenvolvimento vegetativo, o controle químico através de reguladores de crescimento torna-se uma alternativa viável para limitar o tamanho das plantas, a fim de equilibrar o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo (MILLER, 2002).

Dentre os reguladores de crescimento empregados na cultura da macieira, os inibidores de giberelinas (ácido giberélico) têm apresentado efetivo controle de crescimento vegetativo (UNRATH, 1999; RADEMACHER, 2000; MILLER, 2002), como chlormequat, daminozide, etefom, paclobutrazol (PBZ), PCa e TPE (SHARMA et al., 2009; PETRI et al., 2016).

2.6 GIBERELINAS

As GAs, dentre suas várias funções, coordenam o elongamento de entrenós (OWENS; STOVER, 1999). Sua inibição faz com que a distância entre as gemas vegetativas/floríferas se torne menor, reduzindo o comprimento dos ramos e diminuindo a necessidade de intervenções para controle do crescimento vegetativo.

As giberelinas mais ativas biologicamente são GA_1, GA_3, GA_4 e GA_7 (TAIZ; ZEIGER, 2013). A giberelina regula uma grande diversidade de processos associados com o crescimento e desenvolvimento da planta (XU et al., 2014), sendo que, o efeito da sinalização da GA na altura de plantas é de importância vital para produção agrícola (ZANGH et al., 2016).

Uma extensa rede de hormônios vegetais, sinalizando compostos intermediários em muitos níveis, regulam o crescimento e o alongamento no dossel das plantas, sendo necessário não somente giberelina, mas também auxina (STAMM; KUMAR, 2010).

As giberelinas possuem efeitos no alongamento de caules e folhas em plantas intactas mediante o estímulo tanto da divisão quanto do alongamento celular (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2007). Dayan et al. (2012) revelaram que a presença de folhas é essencial para o acúmulo de giberelinas bioativas e seus precursores imediatos, agindo no alongamento do caule, proliferação cambial e diferenciação das fibras de xilema, sendo de fundamental importância na regulação do crescimento secundário.

A indução do alongamento celular pelas giberelinas pode estar limitada às células meristemáticas e jovens, porque suas microfibrilas estão orientadas transversalmente. Sob a influência do ácido giberélico essa orientação transversa é mantida por uma distância considerável, ampliando assim a zona de alongamento do órgão (TAIZ; ZEIGER, 2013). Segundo o mesmo autor, as mitoses aumentam de modo notável na nervura principal e no meristema de plantas em roseta sob dias longos, após o tratamento com GA bioativo.

O estímulo significativo do alongamento do entrenó em arroz irrigado, quando submerso ou quando tratado com GA, é devido, em parte, ao aumento da divisão celular no meristema intercalar. O GA diminui a força mínima que causará a extensão da parede. Assim, auxina e giberelina parecem exercer seus efeitos modificando as propriedades das paredes celulares (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Estudos de metabolismo, utilizando isótopos estáveis e radioativos demonstram, de modo conclusivo, que o gene LE codifica uma enzima que realiza a 3-B-hidroxilação do GA_{20}, produzindo GA_1. Ao mesmo tempo, foi confirmado que caules altos contêm mais GA_1 do que caule de plantas anãs (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Há evidências, por exemplo, de que a enzima xicoglumato endotransglicosilase/hidroxilase (XTH) está envolvida na extensão da parede promovida por GA. A função da XTH pode ser a de facilitar a entrada das expansinas na parede celular. Essas expansinas causam o afrouxamento da parede celular em condições de acidez, pelo enfraquecimento das pontes de hidrogênio entre os polissacarídeos (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A diluição reduz giberelina a nível de uma célula, o que resulta em um aumento na concentração de DELLA. As proteínas DELLA são repressores chave de crescimento, e, por conseguinte, o aumento na sua concentração pode explicar a redução da taxa de alongamento celular visto experimentalmente que as células movam-se em direção ao fim da zona de alongamento (BAND et al., 2012).

Na escala molecular, as proteínas são DELLA central para GA sinalização porque eles agem como reguladores negativos do crescimento das plantas, reprimindo a expressão de genes a jusante (HAUVERMALE et al., 2012).

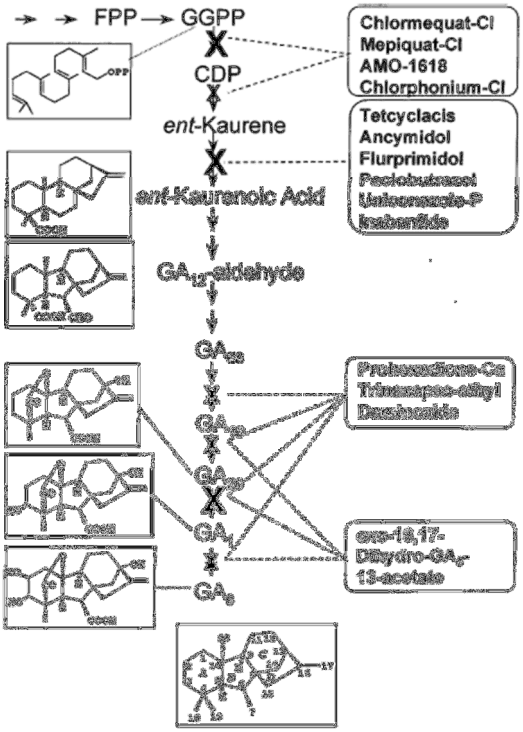
A remoção de repressivo proteínas DELLA permite que os genes promotores do crescimento para estimular o desenvolvimento da planta (LIU et al., 2011).

Expressão da biossíntese de GA genes está associada com os tecidos em crescimento, o que sugere que a biossíntese é o primeiro passo regulador controlar GA níveis e, consequentemente, o crescimento das plantas (CLAEYS; BODT; INZE, 2014).

A síntese de ácido giberélico ocorre a partir da rota dos terpenos, que são compostos formados por unidades de isopreno (IPP) e envolve diversas organelas celulares (SALAZAR-CEREZO et al., 2018). Segundo o mesmo autor, o IPP, pode ser formado através da rota do ácido mevalônico ou pela rota do 1-desoxi-D-xilose-5-fosfato (DXP). Na rota do mevalonato, três moléculas de Acetil-CoA são ligadas em sequência, formando um composto de seis carbonos, que é pirofosforilado, descarboxilado e desidratado, formando isopentenil difosfato (IPP*). Na rota DXP, que ocorre no plastídio, o IPP é sintetizado pela ligação de gliceraldeído-3-fostato + Piruvato, formando DXP, que é reduzido a 2-C-metil-D-eritritol-4-fosfato, o qual é posteriormente convertido em IPP (SALAZAR-CEREZO et al., 2018).

A síntese de GAs inicia no plastídio com a ligação de quatro moléculas de IPP, formando um composto de 20 carbonos, o geranilgeranil difosfato (GGDP), que é transformado através de duas etapas em *ent*-caureno (SALAZAR-CEREZO et al., 2018).

Figura 1 - Esquema simplificado da biossíntese de giberelinas em plantas e pontos de inibição por reguladores de crescimento.



Fonte: Rademacher (2000)

O segundo estágio ocorre no retículo endoplasmático, onde *ent*-caureno é transformado na GA_{12}, a primeira giberelina formada e que apresenta a mesma rota de síntese em todos as espécies estudadas (Figura 1).

Na terceira etapa, que ocorre no citosol, ocorrem duas rotas: 1) a GA_{12} é hidroxilada no carbono 13, formando GA_{53} → GA_{44} → GA_{19} → GA_{20} → GA_1 (ativa) (Figura 1); 2) na rota sem hidroxilação, GA_{12} → GA_{15} → GA_{24} → GA_9→ GA_4 (ativa).

2.7 INIBIDORES DA BIOSSÍNTESE DE GIBERELINAS

Inibidores da rota de biossíntese de GAs são utilizados na fruticultura para reduzir o crescimento dos ramos e facilitar o manejo dos pomares. Todavia, podem ser utilizados na agricultura em geral.

Os principais são o cloreto de chlormequat, ethephon, PBZ, PCa e TPE (OWENS; STOVER, 1999; MARCH et al., 2013). Todos apresentam registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento como regulador de crescimento (MAPA, 2018).

Os inibidores de GAs atuam em diferentes pontos na rota biossintética, sendo classificados em (MARCH et al., 2013): Classe A: substâncias que agem na etapa final de síntese de GAs, inibindo a hidroxilação da GA_{20}, como exemplo PCa e TPE; Classe B: agem na rota da giberelina que ocorre no retículo endoplasmático, inibindo a conversão de *ent*-caureno para *ent*-caurenol e impedindo a formação de qualquer GA, como exemplo desta classe o flurprimidol e o paclobutrazol. Outros inibidores como cloreto de chlormequat e cloreto de mepiquat inibem a transformação de GGPP em copalil difosfato, o qual é utilizado para a formação de *ent*-caureno (RADEMACHER, 2000).

O chlormequat, o PBZ e o daminozide inibem o crescimento dos ramos, porém apresentam efeito persistente na planta, o que é indesejável (OWENS; STOVER, 1999).

Já a PCa e o TPE atuam nas etapas finais de síntese de giberelina, inibindo a formação de GA_1 (ativa) e acumulando GA_{20} (inativa), com efeito menos persistente, que tem resultado em maior utilização em frutíferas de clima temperado para o controle do crescimento vegetativo (OWENS; STOVER, 1999; RADEMACHER, 2000; ILIAS; AJAPAKSE, 2005; KIM et al., 2007).

2.8 PROEXADIONA CÁLCICA E TRINEXAPAC-ETÍLICO

A PCa apresenta estrutura química semelhante ao ácido ascórbico e ácido 2-oxoglutarato. Como as dioxigenases envolvidas na biossíntese de GA utilizam o ácido 2-oxoglutarato e, também, a ACC oxidase envolvida na síntese de etileno utiliza o ácido ascórbico, como substrato para a reação, a PCa compete pelos sítios de ligação inibindo estas rotas biossintéticas (RADEMACHER; KOBER, 2003). O ingrediente ativo do TPE apresenta estrutura química semelhante a PCa e, possivelmente, o mesmo modo de ação (RADEMACHER, 2014).

No Brasil, o Viviful® (PCa) é um regulador de crescimento indicado para uso nas culturas da maçã, batata, begônia, crisântemo, kalanchoe e poinsétia e como maturador na cultura do algodão (MAPA, 2018). Enquanto que o Moddus® (TPE), é indicado para aplicação na cultura da cana de açúcar para aceleração dos processos de maturação e acúmulo de sacarose no colmo, e em trigo e cevada, para reduzir o crescimento das plantas e fortalecimento dos entrenós basais (MAPA, 2018).

Os inibidores de GAs têm sido utilizados com eficiência para o controle do crescimento dos ramos em macieiras (RADEMACHER et al., 2014). PCa e TPE em suas formas ativas bloqueiam a ação das enzimas dioxigenases (GA_{20}-oxidase e GA_3-oxidase), impedindo a biossíntese de GAs ativas e de etileno, e alterando o padrão de flavonoides (HECKMAN et al., 2002; DAVIES, 2004; RADEMACHER et al., 2006). Com a redução da atividade de GAs o elongamento dos ramos se torna menor, a incidência de luz no interior da copa é maior, e reduz a necessidade de intervenções através da poda.

Outra vantagem é que PCa e TPE provocam efeito pouco persistente, permitindo controlar o crescimento em períodos específicos (RADEMACHER et al., 2000). Como consequência do modo de ação das GAs na promoção do crescimento de ramos, a aplicação de inibidores de biossíntese de GAs afeta o alongamento de entrenós, tornando-os mais curtos. Este efeito foi confirmado por Maxson; Jones (2002), Ramírez-Rodríguez et al. (2003), Medjdoub et al. (2004), Ramirez et al. (2006), Kiessling-Davison et al. (2007), Hawerroth et al. (2012), Çetinbaş et al., (2015).

A aplicação de PCa em macieira 'Stayman'/MM.111 mostrou eficiência em reduzir o crescimento de ramos terminais em cerca de 40% quando dividida em 5 parcelas: 125 mg L^{-1} em pós-floração, quando os brotos atingiram cerca de 7 cm; mais 250 mg L^{-1} 40 dias após a primeira aplicação (DAPA); mais 50 mg L^{-1} aos 62 DAPA; mais 50 mg L^{-1} aos 91 DAPA; mais 50 mg L^{-1} aos 120 DAPA (MILLER, 2007). Entretanto, Miller (2007) não observou

efeito da PCa sobre o rendimento e tamanho dos frutos, porém a aplicação aumentou a incidência de frutos com rachaduras, sendo este efeito potencializado quando utilizados determinados adjuvantes na calda, especialmente aqueles organosiliconados.

Diferente de Miller (2007), Atay, Koyuncu (2017) não observaram nenhum efeito negativo sobre os aspectos qualitativos dos frutos de 'Golden Delicious'/M.9 em consequência da aplicação de 75 mg L^{-1} de PCa na queda de pétalas e 50 mg L^{-1} três semanas após, em três ciclos consecutivos nas mesmas plantas. O tratamento com PCa causou redução do comprimento de entrenó e redução do comprimento dos ramos em cerca de 40 a 43%, sem provocar qualquer efeito sobre o retorno floral, a frutificação efetiva e a produtividade de frutos (ATAY; KOYUNCU, 2017).

Em aplicação de 125 mg L^{-1} durante a plena floração, Greene (2007) observou redução de mais de 30% no comprimento dos brotos de macieiras 'McIntosh'/M.7. O autor observou ainda um aumento na frutificação efetiva na maioria dos experimentos, porém destaca que este efeito tem sido controverso na literatura, com variações entre diferentes cultivares.

Embora o aumento de frutificação possa ser interessante em anos específicos, onde problemas climáticos limitam a frutificação, a PCa pode inibir o efeito de raleantes químicos e causar redução no tamanho dos frutos em consequência da maior carga por planta (GREENE, 2007). Por consequência, um tratamento mais agressivo de raleantes químicos deveria ser realizado para o ajuste eficiente da carga de frutos ou a aplicação de PCa no período próximo da floração deveria ser realizada em dose mais baixa.

Cline et al. (2007) observaram que a dose de 75 mg L^{-1}, aplicada quando as brotações apresentavam cerca de 5 cm, seguida de outra aplicação cerca de 20 dias após, foi efetiva em reduzir o crescimento das brotações de 'Empire'/M.9 e 'Royal Court'/M.26 em cerca de 18%, sem que houvesse diferença em relação a dose 125 mg L^{-1}. A utilização de surfactante junto a calda potencializou o efeito da PCa. Os autores observaram ainda que a aplicação de PCa causou redução da coloração dos frutos e maior frequência de frutos com diâmetro inferior a 60,3 mm em relação ao controle. Nenhuma das cultivares apresentou aumento na frequência de rachaduras como relatado por Miller (2007).

Em regiões onde as condições climáticas favorecem o crescimento vegetativo, a dose e o número de aplicações necessárias para controlar o crescimento das brotações apresenta-se normalmente maior. Em macieiras 'Imperial Gala' e 'Fuji Suprema' enxertadas sobre Marubakaido/M.9, a aplicação única de 330 mg L^{-1} de PCa foi efetiva em reduzir o número de ramos podados e a frequência de ramos em classes com maior comprimento, porém somente quando aplicado até os 28 dias após a plena floração (HAWERROTH et al., 2012;

HAWERROTH; PETRI, 2014). De acordo com os autores esta dose é insuficiente em situações onde há crescimento demasiado. Já a produção de frutos e os aspectos qualitativos não foram afetados pela PCa.

Por apresentar efeito menos persistente na planta, a efetividade da PCa no número de ramos podados é maior quando este fitorregulador é aplicado em menores concentrações e em múltiplas aplicações ao longo do ciclo, em comparação ao uso de uma única aplicação em maior concentração (MILLER, 2002; BUBÁN et al. 2004). Em razão da degradação relativamente rápida da PCa (RADEMACHER; KOBER, 2003), o aumento do número de aplicações poderia intensificar o controle do crescimento vegetativo (ELFVING et al., 2003).

A PCa, em uma única aplicação, a 330 g ha^{-1}, aplicado até 28 dias após a plena floração (DAPF) comparado a aplicação aos 178 DAPF, pode reduzir o número, a massa e o comprimento médio dos ramos podados em macieiras 'Fuji Suprema', porém, sob condições que favoreçam o demasiado crescimento vegetativo, o efeito mostra-se nulo (HAWERROTH; PETRI, 2014).

Diversos estudos com frutíferas de clima temperado, quando usam mais de uma aplicação de PCa por ciclo, apresentam em sua metodologia que a primeira aplicação é realizada quando as brotações dos ramos do ano apresentam entre 2,5 e 10 cm de comprimento (BASAK, 2004; HAWERROTH et al. 2012; CLINE et al., 2015; CARRA et al. 2016). Estudos de metabolismo, utilizando isótopos estáveis e radioativos demonstram, de modo conclusivo, que o gene LE codifica uma enzima que realiza a 3-B-hidroxilação do GA_{20}, produzindo GA_1. Ao mesmo tempo, foi confirmado que caules altos contêm mais GA_1 do que caule de plantas anãs (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Assim, pode-se inferir que, em aplicação mais precoce, quando o crescimento vegetativo é menor, é mais eficiente no controle do crescimento vegetativo, todavia, o efeito sofre influência de fatores climáticos, por essa razão, é necessária a realização de mais de uma aplicação por ciclo.

Ainda, apesar de ser evidente que a primeira aplicação deve ser realizada de forma precoce, o intervalo de aplicação é variável, pois a resposta ao uso de PCa depende do padrão sazonal do crescimento da parte aérea, a qual é influenciada pela cultivar, porta-enxerto, manejo das plantas e por fatores ambientais, como a temperatura e a precipitação (PRIVÉ et al. 2006).

O uso do PCa pode trazer também outros benefícios ao produtor além da redução de crescimento vegetativo. Silveira et al. (2012) observaram que macieiras 'Catarina' sobre Marubakaido e 'Fuji' sobre Marubakaido/M.9, tratadas com PCa 319 mg ha^{-1}, sendo dividida

em duas aplicações, a primeira na queda de pétalas e a segunda após 20 dias, exibiram redução na incidência de 'bitter pit'. Esse distúrbio fisiológico acomete maçãs e os sintomas caracterizam-se por manchas de coloração escura na casca dos frutos, que desidratam, formando pequenas depressões na epiderme dos frutos (FERGUSON; WATKINS, 1989; AMARANTE et al., 2006). De acordo com Silveira et al. (2012), a redução da incidência de 'bitter pit' foi consequência da redução na relação (K+Mg+N)/Ca observada nos frutos. Por outro lado, a aplicação de GA_3 aumentou a incidência do distúrbio fisiológico, possivelmente em consequência do aumento da relação (K+Mg+N)/Ca (SILVEIRA et al., 2012).

Outro benefício da aplicação de PCa e TPE em macieira foi a redução da incidência de doenças. Spinelli et al. (2010) observaram que além da redução do crescimento dos ramos, as aplicações de 250 mg L^{-1} de PCa e 500 mg L^{-1} de TPE reduziram em cerca de 20 a 50% a incidência de sarna da macieira (*Venturia inaequalis*) em condições de campo, além de aumentarem o rendimento em 'Golden Delicious' em dois de três ciclos avaliados.

O TPE é utilizado com boa eficiência no controle do desenvolvimento vegetativo de gramíneas (ARF et al., 2012; HAWERROTH et al., 2015), porém tem sido também testado em frutíferas visando o controle do crescimento vegetativo (RADEMACHER, 2000).

O TPE é um regulador vegetal do grupo químico das ciclohexanodionas, com estrutura química similar a dos herbicidas graminicidas sethoxydim e clethodim (JOHNSON, 1993; HECKMAN et al., 2001). Em suas fórmulas ácidas, TPE e PCa são idênticas em relação ao modo de transporte na planta, ponto de interferência na síntese de giberelina e etileno, persistência do efeito e interferência no metabolismo de flavonoides (RADEMACHER, 2000; RADEMACHER, 2014).

Porém, TPE é apresentado na formulação éster, enquanto a PCa é apresentado como sais de cálcio, o que reflete em grandes alterações na ação biológica entre as duas moléculas (RADEMACHER, 2014). Enquanto a PCa é inicialmente transportada de forma acropetal e seu efeito ocorre rapidamente, o TPE é mais facilmente absorvido por consequência de sua formulação éster e seu efeito é mais duradouro, porém quantidades significativas são transportadas para as raízes e geralmente são necessárias doses mais elevadas para o controle do crescimento de ramos (RADEMACHER, 2014).

O uso de TPE têm mostrado eficiência no controle do crescimento vegetativo em macieira. Em 'Fuji Suprema' enxertada sobre Marubakaido/M.9 a aplicação de 400 mg L^{-1} de TPE, quando as brotações atingiram cerca de 5 cm de comprimento, proporcionou redução 51,5 e 45,3%, em dois ciclos avaliados (MEYER et al., 2014). As plantas tratadas apresentaram ainda frutos com maior firmeza de polpa, maior teor de sólidos solúveis e não

foi detectado resíduo do produto no período de colheita dos frutos. Contudo, o diâmetro e o comprimento dos frutos foram reduzidos, assim como a produtividade foi prejudicada. De acordo com Rademacher (2014), o efeito negativo do TPE sobre o rendimento de frutos estaria relacionado à redução da intensidade de floração, consequência do persistente efeito inibidor do TPE sobre a síntese de etileno.

Os trabalhos com aplicação de TPE ou PCa têm apontado para a necessidade de estudos específicos para estabelecer a relação dose x cultivar. Por exemplo, na cultivar 'Rubinite', 25 mg L^{-1} de PCa provocaram grande redução no comprimento dos ramos, enquanto que doses de até 200 mg L^{-1} de TPE não foram eficientes (RADEMACHER, 2014). Já em outras cultivares como 'Braeburn', 'Red Boskoop', 'Fuji Nagafu 6' e 'Jonagold' foram necessárias doses de 200 mg L^{-1} de TPE para provocar efeito semelhante na redução de crescimento dos ramos ao observado com 50 mg L^{-1} de PCa (RADEMACHER, 2014).

Observa-se uma grande variabilidade nas doses de PCa e TPE para o controle do crescimento de ramos em macieiras. Variações observadas nas doses entre diferentes autores parecem associados às variações nas condições experimentais, como diferentes combinações copa/porta-enxerto, condições edafoclimáticas, época de aplicação, dentre outros.

Ainda, na região sul do Brasil ocorrem frequentes precipitações de granizo, que ao acometerem os frutos causam sérias deformações, aumentando a incidência de pragas e inviabilizando a comercialização dos frutos (LEITE et al., 2002).

Como alternativa, têm-se empregado telas antigranizo sob os pomares de macieiras para evitar os riscos de perdas. A utilização desse sistema necessita de um manejo diferenciado, já que as condições de microclima são afetadas, como a redução da radiação solar, o que por consequência favorece o crescimento dos ramos para aumentar a captação de luz (HAWERROTH et al., 2017). Porém, faltam ainda muitos estudos para nortear o manejo de macieiras em pomares cultivados sob tela.

Assim, apesar de existirem vários estudos no controle do crescimento vegetativo para cultura da macieira no mundo, inexistem avaliações no Brasil comparando o efeito da aplicação de inibidores da biossíntese de giberelinas em 'Cripps Pink' e 'Fuji' em áreas cobertas com tela antigranizo. Além disso, sabe-se muito pouco a respeito do efeito que essas Gas podem causar em relação as trocas gasosas.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de diferentes doses e épocas de aplicação dos inibidores da biossíntese de giberelinas PCa e TPE sobre o crescimento de ramos e a qualidade dos frutos na colheita e em pós-colheita, nas macieiras 'Fuji Kiku'

cultivadas a pleno sol e sob tela antigranizo e nas macieiras ‘Cripps Pink’ cultivadas sob tela antigranizo, nas condições climáticas de Vacaria, RS.

3 METODOLOGIA GERAL

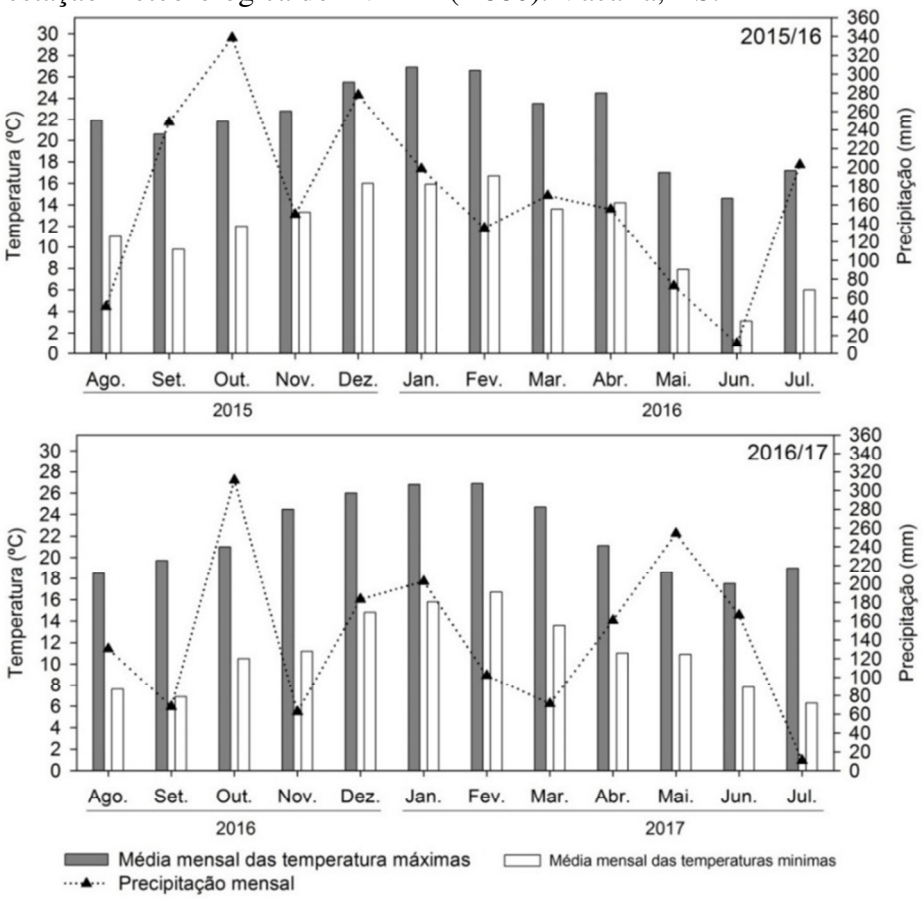
3.1 CAPÍTULO I E II (FUJI KIKU A PLENO SOL E SOB TELA ANTIGRANIZO)

Os experimentos dos capítulos I e II foram conduzidos em um pomar comercial de maçãs na fazenda Guabiju, pertencente à empresa Rasip Agropastoril S/A, localizada em Vacaria, RS [Experimento do capítulo I: latitude 28º26'06.43"S, longitude 50º51'54.50"O e altitude de 923 metros (m); Experimento do capítulo II: latitude 28º27'11.89"S, longitude 50º50'49.94"O e altitude de 939 m], nos ciclos 2015/2016 e 2016/2017. Os dois experimentos foram realizados na mesma fazenda, todavia, em setores diferentes, sendo um instalado em uma quadra localizada no início da fazenda e outro no final, com distância entre os mesmos de 2,7 quilômetros (Km).

O município de Vacaria, RS situa-se no extremo nordeste do Rio Grande do Sul (CARDOSO et al., 2012). O clima verificado na região é o temperado (Cfb 1), de acordo com a classificação de Köppen (MORENO, 1961). Foram utilizadas macieiras 'Fuji Kiku', enxertadas sob Marubakaido com interenxerto de M.9, cultivadas no experimento I a pleno sol e no experimento II sob tela antigranizo, de cor preta, com abertura de malha de 4,0 x 7,0 milímetros (mm), que ocasiona redução na radiação fotossinteticamente ativa de ~25% (AMARANTE et al., 2007). O pomar apresenta espaçamento de 4,0 m x 1,40 m, resultando em densidade de plantio de 1.786 plantas ha^{-1}, sendo conduzido no sistema 'solaxe' (Experimento do capítulo I e II). As práticas de manejo fitossanitário foram executadas pela empresa seguindo as recomendações do sistema de produção integrada para a cultura da macieira (SANHUEZA et al., 2006).

O acúmulo de frio verificado no período hibernal (01 de abril e 31 de agosto) foi de 257 horas ≤ 7,2ºC no ciclo 2015/2016 e de 824 horas ≤ 7,2ºC no ciclo 2016/2017 (Figura 2). As médias mensais de temperatura e precipitação podem ser verificadas na Figura 2, obtidas dos dados coletados na estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (A880) (latitude 28º30'49.18"S, longitude 50º52'57.93"O e altitude de 971 m), em Vacaria, RS. O local onde os experimentos foram instalados encontra-se a 8,8 Km de distância da estação onde os dados foram coletados.

Figura 2 - Médias mensais de temperatura máxima e mínima e precipitação obtidas entre agosto a julho, nos ciclos 2015/2016 e 2016/2017 através dos dados coletados na estação meteorológica do INMET (A880). Vacaria, RS.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Utilizaram-se diferentes concentrações dos reguladores de crescimento TPE e PCa, parceladas em três épocas de aplicação no período de desenvolvimento vegetativo das plantas, conforme a Tabela 1.

No experimento do capítulo I, no ciclo 2015/2016 a primeira aplicação deu-se quando as brotações das macieiras apresentavam comprimento médio dos ramos do ano de 5 centímetros (cm), a segunda e a terceira aplicações foram realizadas aos 41 e 62 dias após a primeira aplicação (DAPA), respectivamente. Enquanto que no ciclo 2016/2017 a primeira aplicação deu-se quando as brotações das macieiras apresentavam comprimento médio dos ramos do ano de 5 cm, a segunda e a terceira aplicações foram realizadas aos 30 e 60 dias após a primeira aplicação (DAPA), respectivamente.

No experimento do capítulo II, no ciclo 2015/2016 a primeira aplicação deu-se quando as brotações das macieiras apresentavam comprimento médio dos ramos do ano de 5 cm, a segunda e a terceira aplicações foram realizadas aos 41 e 61 dias após a primeira aplicação (DAPA), respectivamente. Enquanto que no ciclo 2016/2017 a primeira aplicação

deu-se quando as brotações das macieiras apresentavam comprimento médio dos ramos do ano de 5 cm, a segunda e a terceira aplicações foram realizadas aos 30 e 59 dias após a primeira aplicação (DAPA), respectivamente.

Salienta-se que a diferença entre as datas de aplicação entre um ciclo e outro deve-se a impossibilidade de aplicação em dias pré-determinados em função de fatores climáticos.

Tabela 1 - Concentrações de trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) aplicadas em macieiras 'Fuji Kiku', parceladas em três aplicações, nos ciclos 2015/2016 e 2016/2017. Vacaria, RS.

Tratamentos	Doses totais (i.a)	Aplicações		
		1ª	2ª	3ª
1) Testemunha	0 mg L^{-1}		Sem aplicação	
2) Trinexapaque-etílico	110 mg L^{-1}	36,66 mg L^{-1}	36,66 mg L^{-1}	36,66 mg L^{-1}
3) Trinexapaque-etílico	220 mg L^{-1}	73,33 mg L^{-1}	73,33 mg L^{-1}	73,33 mg L^{-1}
4) Trinexapaque-etílico	330 mg L^{-1}	110 mg L^{-1}	110 mg L^{-1}	110 mg L^{-1}
5) Trinexapaque-etílico	440 mg L^{-1}	146,66 mg L^{-1}	146,66 mg L^{-1}	146,66 mg L^{-1}
6) Proexadiona cálcica	110 mg L^{-1}	36,66 mg L^{-1}	36,66 mg L^{-1}	36,66 mg L^{-1}
7) Proexadiona cálcica	220 mg L^{-1}	73,33 mg L^{-1}	73,33 mg L^{-1}	73,33 mg L^{-1}
8) Proexadiona cálcica	330 mg L^{-1}	110 mg L^{-1}	110 mg L^{-1}	110 mg L^{-1}
9) Proexadiona cálcica	440 mg L^{-1}	146,66 mg L^{-1}	146,66 mg L^{-1}	146,66 mg L^{-1}

i.a.: ingrediente ativo
Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

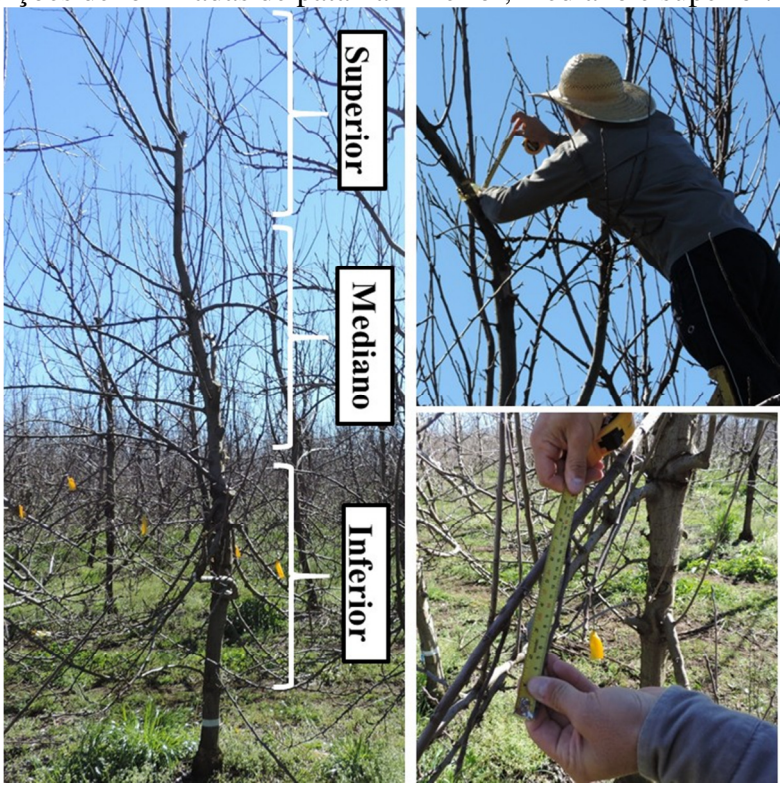
A aplicação dos reguladores de crescimento foi realizada mediante o uso de um pulverizador costal motorizado, utilizando o volume médio de calda de 1000 L ha^{-1}, sendo utilizada como fonte de PCa o produto comercial Viviful® [com 27,5% de ingrediente ativo (i.a.)], e como fonte de TPE o produto comercial Moddus® (com 25% de i.a.). Em todas as aplicações efetuadas fez-se uso do adjuvante Break-Thru®, na concentração de 0,03% de produto comercial.

3.1.1 Crescimento vegetativo

O efeito dos reguladores de crescimento foi mensurado através do crescimento anual dos ramos. Para isso, no período de dormência das plantas, utilizando uma trena, foi mensurado o comprimento de todos os ramos da planta (Figura 3). Para tanto, cada planta foi dividida em três porções: patamar inferior (dos ramos mais basais até aproximadamente 1,86 m acima); patamar mediano (do patamar inferior até 1,50 m acima; patamar superior (do patamar mediano até aproximadamente 1,30 m acima) conforme esquema na figura 3. Para facilitar a avaliação utilizou-se como base os intervalos definidos pelos arames do sistema de

espaldeira. Após, os ramos foram agrupados nas seguintes classes, conforme seu comprimento: 1) < 20 cm; 2) ≥ 20 cm e < 40 cm; 3) ≥ 40 cm e < 60 cm; e 4) ≥ 60 cm.

Figura 3 - Medição do comprimento de todos os ramos do ano da macieira, sendo divididos em três porções denominadas de patamar inferior, mediano e superior. Vacaria, RS.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

3.1.2 Trocas Gasosas

Com o auxílio de um analisador de gás por infravermelho (IRGA) portátil da Li-Cor, modelo LI-6400XT, equipado com fonte de luz modelo LI-6400-02B e operando em sistema aberto, foram avaliadas a assimilação de dióxido de carbono (CO_2) e a condutância estomática.

As avaliações foram realizadas em condições de céu sem nuvens entre os horários de 8 e 12 horas, no dia 5 de janeiro de 2016, utilizando sempre uma folha não sombreada pelo dossel (exposta à radiação solar) e oposta aos frutos. As estabilidades das leituras foram estáveis entre 3-4 minutos, sendo registrada pelo equipamento. As diferentes concentrações de CO_2 foram obtidas a partir de cartuchos contendo 12 gramas (g) de CO_2, sendo controladas automaticamente pelo injetor de CO_2 do LI-6400.

3.1.3 Análises na colheita

Quando no ponto de colheita comercial, procedeu-se a colheita manual dos frutos que, em seguida, foram acondicionados em caixas plásticas e levados ao laboratório de Fitotecnia da Embrapa Uva e Vinho, Estação de Fruticultura de Clima Temperado, em Vacaria, RS. Separou-se então os frutos em duas partes, onde determinou-se os atributos qualitativos na colheita e após o período de armazenamento em câmara refrigerada.

Na colheita determinou-se: distribuição de frutos de acordo com o calibre; área de recobrimento da epiderme dos frutos com coloração vermelha; comprimento, diâmetro e relação comprimento/diâmetro dos frutos; firmeza de polpa (FP), índice de degradação do amido (IA); teor de sólidos solúveis (SS); acidez titulável (AT); número de sementes por fruto (NSF); atributos da coloração da epiderme (atributos L^*, C^* e $h°$).

O calibre dos frutos foi determinado a partir de uma amostra de 100 frutos por repetição, sendo posteriormente agrupados nas seguintes classes: 1) ≤ 80; 2) 90-100; 3) 110-120; 4) 135-165 e 5) ≥ 180. A definição dos calibres baseou-se no número de frutos contidos em uma caixa modelo Mark IV, com capacidade para 18 quilogramas (kg) do produto, conforme instrução normativa 50/2002 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (Tabela 2).

Tabela 2 - Classes de calibre utilizadas na classificação de maçãs. Vacaria, RS.

Calibre	Massa - Limite Inferior (g)	Massa - Limite Superior (g)
≤ 80	≥ 212,5	
90-100	171,5	211,49
110-120	141,50	171,49
135-165	104,50	141,49
≥ 180	< 104	

Fonte: Adaptado do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2002).

Ainda da amostra de 100 frutos, determinou-se visualmente a percentagem de recobrimento da epiderme com coloração vermelha, em quatro classes: 1) < 25%; 2) ≥ 25% a < 50%; 3) ≥ 50% a < 75%; e 4) ≥ 75%.

As determinações do comprimento, diâmetro e relação comprimento/diâmetro foram efetuadas com paquímetro digital, utilizando uma amostra de 60 frutos por repetição.

As análises de FP, SS, AT, IA, NSF e cor de fundo da epiderme (atributos L^*, C^* e $h°$) foram realizadas em uma amostra de 20 frutos por repetição.

A FP (N) foi avaliada mediante o uso de penetrômetro manual, com ponteira de 11 mm de diâmetro, sendo efetuadas duas leituras, em lados opostos, na região equatorial dos frutos, após retirada de uma pequena porção da casca, com auxílio de um objeto cortante.

O conteúdo de SS (ºBrix) foi mensurado a partir do suco extraído de todos os frutos da amostra, utilizando um refratômetro digital de bancada, marca Instrutherm® (modelo RTD-45), com compensação automática de temperatura.

A AT foi analisada através da titulação, utilizando uma amostra de 5 mililitros (mL) de suco, obtido de todos os frutos da amostra e centrifugado em multiprocessador de alimentos marca Phillips Wallita (modelo RI 7625). Após, a amostra foi diluída em 45 mL de água destilada e titulada com a solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1 N até atingir pH 8,1, utilizando o titulador automático TitroLine® easy, da Schott Instruments.

O IA (escala de 1 a 9) foi obtido através de dois cortes transversais na secção equatorial de cada fruto, de forma a obter-se uma pequena fatia que foi imersa em solução de iodo-iodeto de potássio (I-KI), por cerca de 1 minuto (m). Após 10 m foi estimado, de forma visual, a escala na qual cada fatia pertencia de acordo com Bender; Ebert (1985).

O NSF foi obtido mediante a contagem do número de sementes visualmente bem formadas, existentes em cada fruto.

Os atributos de cor foram avaliados utilizando colorímetro, marca Minolta® (modelo CR-400), sendo as leituras realizadas nos dois lados do fruto (no lado de maior e menor exposição à radiação solar, correspondendo ao lado mais e menos vermelho, respectivamente), na região equatorial, nos quais os resultados foram expressos nos atributos L^*, C^* e h°. O L^* (*ligthness*) indica a luminosidade, variável de zero (preto) até 100 (branco). O C^* determina a cromaticidade ou pureza da cor, sendo que quanto maior, mais intensa é a definição de cor. O $h°$ (ângulo *hue*) determina a tonalidade da cor, sendo 0°: vermelho; 90°: amarelo e 180°: verde.

3.1.4 Análise mineral dos frutos

Para determinar os teores minerais na polpa fresca de maçãs, foram utilizados 10 frutos por repetição. A casca dos frutos foi removida, na região equatorial, retirando aproximadamente dois centímetros desta. Em seguida, com auxílio de um perfurador de rolhas com 8 mm de diâmetro, introduziu-se na região equatorial até cerca 20 mm de profundidade, da parte externa do fruto para parte interna, em direção as sementes, retirando-se pequenas porções da polpa ao longo da circunferência do fruto.

As amostras de polpa fresca de maçãs foram coletadas, identificadas, armazenadas e, posteriormente, encaminhadas ao Laboratório de Ensaio Químico da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), localizado na Estação Experimental de Caçador para execução das análises, sendo que as concentrações minerais foram determinadas conforme metodologia descrita por Schveitzer; Suzuki (2013). Foram determinados os teores minerais de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na polpa fresca de maçãs. A partir da determinação desses teores minerais foram obtidas as relações entre os nutrientes: nitrogênio/cálcio (N/Ca), potássio/cálcio (K/Ca) e potássio/magnésio/cálcio (K+Mg/Ca).

3.1.5 Análises pós-colheita

Os frutos do experimento I, colhidos no ciclo 2015/2016 foram armazenados em câmara com atmosfera refrigerada (AR) a 0,5±1ºC e umidade relativa (UR) 90±5%, por um período de 120 dias. Os frutos do experimento II, colhidos no ciclo 2016/2017 foram armazenados em câmara com atmosfera controlada (AC) a 0,5±1ºC e umidade relativa (UR) 90±5%, por um período de 240 dias.

Após o período de armazenagem, os frutos de ambos os experimentos foram avaliados na saída da câmera e mantidos por sete dias em temperatura ambiente, para simulação do período de prateleira. Para determinar a qualidade dos frutos em pós-colheita foi utilizado uma amostra de 20 frutos por repetição, sendo avaliado FP, SS e AT.

A partir de uma amostra de 80 frutos por repetição determinou-se também a incidência de podridões e de 'bitter pit'.

A determinação da firmeza de polpa dos frutos foi realizada com um penetrômetro eletrônico (GÜSS Manufacturing Ltda., África do Sul). Para determinar o teor de sólidos solúveis (SS; ºBrix) foi utilizado um refratômetro digital modelo PR201α (Atago, Japão).

O índice de 'bitter pit' foi determinado utilizando uma escala de 6 níveis de danos visuais na casca: nenhuma mancha (0), uma mancha (1), duas manchas (2), três manchas (3), quatro manchas (4), cinco manchas (5) e mais que cinco manchas (6) de 'bitter pit'. Para o cálculo do índice foi utilizado a seguinte fórmula, descrita por Pesis et al. (2009):

$$\text{Índice de "bitter pit"} = \sum_{0}^{6} \frac{(\text{nível do índice}) \times (\text{n}^{\circ}\ \text{frutos a este nível})}{(\text{n}^{\circ}\ \text{total de frutos})}$$

A incidência de podridões foi determinada através da contagem de frutos com lesão de podridão causada por fungos fitopatogênicos, avaliando tanto podridões na epiderme dos frutos quanto no interior dos mesmos, sendo os resultados foram expressos em %.

3.1.6 Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com nove tratamentos e quatro repetições. Cada unidade experimental foi composta por quatro plantas úteis. A normalidade e a homogeneidade de variâncias dos dados foram verificadas pelo teste Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965) e Bartlett (BARTLETT, 1937), respectivamente. Os dados de percentagem de frutos de acordo com a coloração vermelha de recobrimento da epiderme, percentagem de frutos em cada categoria de calibre e percentagem de ramos de acordo com o comprimento médio não atenderam os pressupostos de homogeneidade das variâncias e normalidade dos resíduos, sendo necessária sua transformação em $\text{arco.sen}\sqrt{x/100}$, para então serem submetidos à análise de variância. Analisou-se um contraste linear para cada variável, sendo: (TPE 110 mg L^{-1}; TPE 220 mg L^{-1}; TPE 330 mg L^{-1}; TPE 440 mg L^{-1}) x (PCa 110 mg L^{-1}; PCa 220 mg L^{-1}; PCa 330 mg L^{-1}; PCa 440 mg L^{-1}). O comportamento das variáveis em relação a dose de TPE ou PCa foi ajustado através de análises de regressão linear ou polinomial. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa estatístico SAS (SAS INSTITUTE, 2002).

3.2 CAPÍTULO III (CRIPPS PINK)

O experimento foi realizado em pomar comercial de maçãs, pertencente à empresa Agropecuária Schio Ltda, localizado em Vacaria, RS (latitude 28º29'S, longitude 50º45'O e altitude de 945 m), durante os ciclos 2015/2016 e 2016/2017. O clima na região é o temperado (Cfb 1), de acordo com a classificação de Köppen (MORENO, 1961). O acúmulo de frio (horas ≤ 7,2ºC) nos ciclos 2015/2016 e 2016/2017, durante o período hibernal, foi de 257 e 824 horas, respectivamente. As médias mensais de temperatura (máxima e mínima) e a precipitação mensal observada ao longo dos referidos ciclos produtivos são as mesmas apresentadas nos capítulos dos experimentos I e II (Figura 2).

Para realização do estudo foram utilizadas macieiras da cultivar Cripps Pink, enxertadas sobre M.9, com espaçamento de 3,5 m x 0,6 m (4.762 plantas ha^{-1}), conduzidas no

sistema de líder central, sob tela antigranizo de coloração preta, com abertura de malha de 4,0 x 7,0 mm, que ocasiona redução na radiação fotossinteticamente ativa de ~25% (AMARANTE et al., 2007). O pomar foi manejado de acordo com as recomendações do sistema de produção integrada para a cultura da macieira (SANHUEZA et al., 2006).

Foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro repetições e nove tratamentos. Cada unidade experimental foi composta por duas plantas úteis. O experimento consistiu da avaliação dos inibidores de biossíntese de giberelinas PCa e TPE, em diferentes programas de aplicação, variando dose e número de aplicações, durante o período de desenvolvimento vegetativo das plantas, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Programas de aplicação de proexadiona cálcica (PCa) e trinexapaque-etílico (TPE) em macieiras 'Cripps Pink', nos ciclos 2015/2016 e 2016/2017. Vacaria, RS.

Programa	1ª aplicação	2ª aplicação	3ª aplicação	4ª aplicação
	Concentração em cada aplicação			
Programa 1 (Testemunha)	-	-	-	-
Programa 2. PCa	55mg L^{-1}	55mg L^{-1}	55mg L^{-1}	-
Programa 3. PCa	55mg L^{-1}	55mg L^{-1}	55mg L^{-1}	55mg L^{-1}
Programa 4. PCa	165mg L^{-1}	165mg L^{-1}	-	-
Programa 5. PCa	110mg L^{-1}	110mg L^{-1}	110mg L^{-1}	-
Programa 6. TPE	55mg L^{-1}	55mg L^{-1}	55mg L^{-1}	-
Programa 7. TPE	55mg L^{-1}	55mg L^{-1}	55mg L^{-1}	55mg L^{-1}
Programa 8. TPE	165mg L^{-1}	165mg L^{-1}	-	-
Programa 9. TPE	110 mg L^{-1}	110 mg L^{-1}	110 mg L^{-1}	-

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

No ciclo 2015/2016 a primeira aplicação deu-se quando as brotações das macieiras apresentavam comprimento médio dos ramos do ano de 5 cm, sendo a segunda, terceira e quarta aplicações realizadas aos 33, 63 e 96 dias após a primeira aplicação (DAPA), respectivamente. Enquanto que no ciclo 2016/2017 a primeira aplicação deu-se quando as brotações das macieiras apresentavam comprimento médio dos ramos do ano de 5 cm, a segunda, terceira e quarta aplicações foram realizadas aos 28, 60 e 88 DAPA, respectivamente. Entretanto, os fatores climáticos impossibilitaram que as datas de aplicação fossem as mesmas entre um ciclo e outro. Os dois ciclos de avaliação foram conduzidos sobre as mesmas plantas.

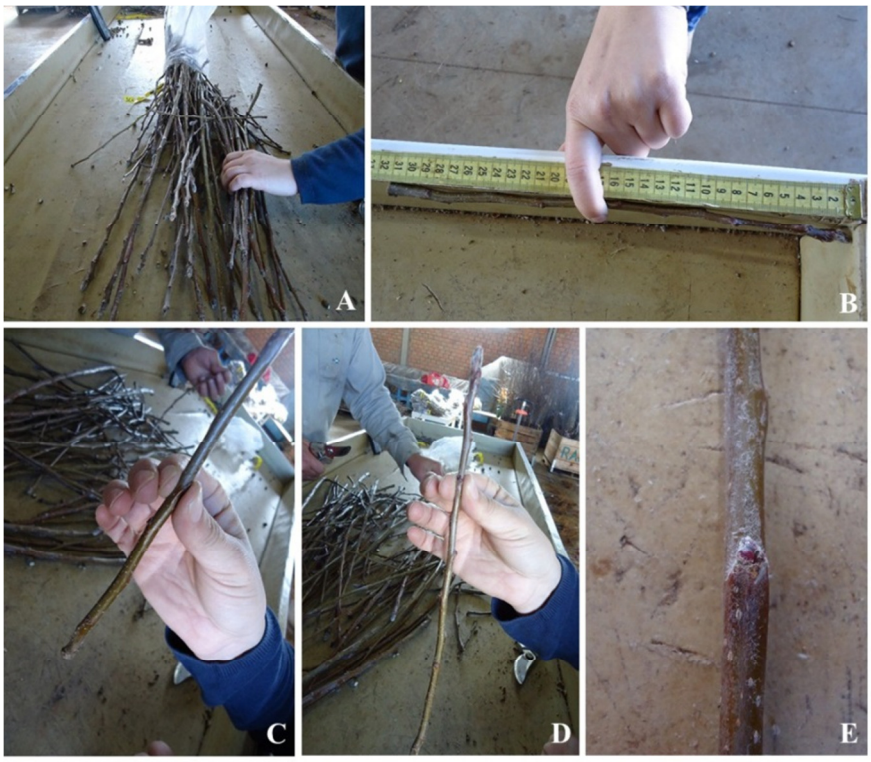
A aplicação foi realizada com pulverizador costal motorizado, com volume de calda equivalente a 1000 L ha^{-1}. Como fonte de PCa e TPE foram utilizados os produtos comerciais Viviful® (27,5% de i.a.) e Moddus® (25% de i.a.), respectivamente. Em todas as aplicações utilizou-se o adjuvante Break-Thru®, na concentração de 0,03% de produto comercial.

3.2.1 Crescimento vegetativo

No inverno, durante o período de dormência das plantas, foi realizada a medição de todos os ramos formados durante o ciclo produtivo, utilizando trena graduada em centímetros. Para tanto, cada planta foi dividida em três porções: patamar inferior (dos ramos mais basais até 1,0 m acima); patamar mediano (do patamar inferior até 0,80 m acima); patamar superior (do patamar mediano até 0,80 m acima). Cada ramo foi então classificado conforme seu comprimento: 1) < 20 cm; 2) ≥ 20 cm e < 40 cm; 3) ≥ 40 cm e < 60 cm; e 4) ≥ 60 cm.

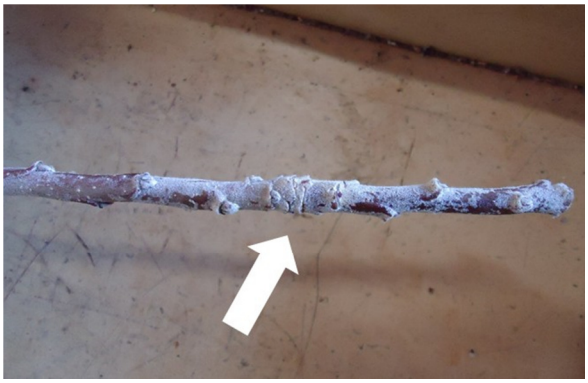
Posteriormente, ainda no período de inverno, foi executada a poda das plantas e obtida a massa total de ramos podados (g planta^{-1}), a taxa de ramos com paralisação do crescimento (%) através da contagem dos pontos de paralisação do crescimento verificados nos ramos, o comprimento médio de ramos (cm), o número médio de gemas e o comprimento médio de entrenós (cm), como apresentado nas figuras 4 e 5.

Figura 4 - Material da poda das plantas (A) foi medido, obtendo-se o comprimento médio dos ramos (B) e o número médio de gemas (C, D). Detalhe de uma gema (E). Vacaria, RS.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Figura 5 - Ramo de macieira com paralisação do crescimento vegetativo, indicado pela seta branca. Vacaria, RS.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

3.2.2 Análises na colheita

As análises na colheita foram realizadas conforme descrito no tópico 3.1.3.

3.2.3 Análise estatística

A normalidade e a homogeneidade de variâncias dos dados obtidos para cada variável foram verificadas, respectivamente, pelos testes Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965) e Bartlett (BARTLETT, 1937). Os dados de percentagem de frutos de acordo com a coloração vermelha de recobrimento da epiderme, percentagem de frutos em cada categoria de calibre e percentagem de ramos de acordo com o comprimento médio não atenderam os pressupostos de homogeneidade das variâncias e normalidade dos resíduos, sendo necessária sua transformação em $\text{arco.sen}\sqrt{x/100}$, para então serem submetidos à análise de variância. Para cada ciclo produtivo dois contrastes lineares foram avaliados, sendo [PCa (todas as doses e número de aplicações) x TPE (todas as doses e número de aplicações)] e [(testemunha) x PCa e TPE (todas as doses e número de aplicações, para ambos produtos)]. Todas as análises estatísticas foram executadas com o auxílio do software SAS (SAS INSTITUTE, 2002). A associação entre variáveis foi verificada através da correlação de Pearson.

4 CAPÍTULO I: USO DE TRINEXAPAQUE-ETÍLICO E PROEXADIONA CÁLCICA NO CONTROLE DO DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO, E SEUS IMPACTOS NA PRODUÇÃO E QUALIDADE DE FRUTOS EM MACIEIRAS 'FUJI KIKU' CULTIVADAS A PLENO SOL

4.1 INTRODUÇÃO

A macieira 'Fuji' e seus clones estão entre as principais cultivares plantadas no Brasil (AGAPOMI, 2018). As plantas do grupo 'Fuji' caracterizam-se pelo alto vigor, boa precocidade de produção porém, podem apresentar alternância de produção (FIORAVANÇO, 2015). A necessidade de frio para superação da dormência varia de 600 a 800 horas abaixo de 7,2ºC (FIORAVANÇO et al., 2010).

Na região sul do Brasil, as condições climáticas (precipitação e temperatura) favorecem o crescimento vegetativo por longos períodos durante o ano, tornando o excesso de vigor um problema nos pomares (HAWERROTH; PETRI, 2014). Este problema é agravado quando associado a fatores como porta-enxertos vigorosos e baixas cargas de frutos (EVANS et al., 1999). Além disso, nos locais do Rio Grande do Sul com maior expressão no cultivo de maçãs, como na região de Vacaria, a necessidade de frio para a superação da dormência de gemas em macieiras 'Fuji' não é suprida (CARDODO et al., 2015). Como consequência, o número de brotação por planta é reduzido e o vigor individual destas brotações é maior, formando ramos mais compridos (MARCHI et al., 2017).

O excesso de crescimento vegetativo é indesejado em pomares de macieira, pois prejudica a formação de gemas floríferas, a frutificação efetiva, a qualidade dos frutos, proporcionando condições favoráveis a ocorrência de pragas e distúrbios fisiológicos (GREENE, 2007; PETRACEK et al., 2003; BUBÁN et al., 2004; PRIVÉ et al., 2006; SHARMA et al., 2009).

O controle do vigor das plantas ocorre principalmente pelo uso de porta-enxertos ananizantes, além de práticas complementares como a poda verde, a fertilização equilibrada e a regulação da carga de frutos (MILLER, TWORKOSKI, 2003; BASAK, 2004; RADEMACHER et al., 2004). Entretanto, em alguns ciclos a carga de frutos pode ser extremamente baixa em consequência de falhas no processo de polinização, o que favorece o maior crescimento de ramos (SMITH; SAMACH, 2013; ROBINSON, 2008; SERRA et al., 2016). Nestes casos, a alternativa é o uso de reguladores de crescimento, como proexadiona cálcica (PCa) e trinexapaque-etílico (TPE) (SHARMA et al., 2009; PETRI et al., 2016).

Os inibidores de giberelinas (GAs) têm sido utilizados em diferentes cultivos, proporcionando controle efetivo do crescimento de ramos (RADEMACHER et al., 2014). PCa e TPE atuam em pontos específicos da rota de síntese de GAs, bloqueiam enzimas dioxigenases, como GA_{20}-oxidase e GA_3-oxidase, e impedindo a biossíntese de GAs ativas (HECKMAN et al., 2002; DAVIES, 2004). PCa e TPE podem inibir também outras dioxigenases, como a ACC oxidase (ácido aminociclopropanocarboxílico oxidase), o que causa inibição na síntese de etileno, e a flavonoide-3-hidroxylase, alterando o padrão de flavonoides no tecido (RADEMACHER et al., 2006).

Proexadiona cálcica (PCa) e trinexapaque-etílico (TPE) atuam na fase final de biossíntese de GAs, causando redução na elongação de entrenós, com a vantagem de o efeito ser pouco persistente, o que permite interferir em períodos específicos durante o ciclo de crescimento (RADEMACHER et al., 2000). Porém, a efetividade no controle de crescimento dos ramos depende vários fatores, como a dose e a época de aplicação, assim como o vigor e a carga de frutos da planta (SILVA; FARIA JR, 2011).

Outro benefício da aplicação de inibidores de GAs é a redução da alocação de cálcio nos ramos, o que pode permitir o maior acúmulo do nutriente nos frutos, podendo diminuir também a ocorrência do distúrbio fisiológico 'bitter pit', principalmente em cultivares de maior suscetibilidade como a 'Fuji' (BANGERTH, 1976; SILVEIRA et al., 2012). Este distúrbio, que deprecia a qualidade dos frutos, está associado com fatores que causam desequilíbrio na relação do cálcio com magnésio, potássio e nitrogênio, com por exemplo o excesso de crescimento vegetativo (FERGUSON; WATKINS, 1989; SAURE, 2005).

Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os inibidores da biossíntese de giberelina, PCa e TPE, no controle do desenvolvimento vegetativo e na qualidade de frutos de macieiras 'Fuji Kiku' no período de colheita e após o armazenamento refrigerado, nas condições edafoclimáticas de Vacaria, RS.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O material e métodos foi realizado conforme descrito no tópico 3.1

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Crescimento vegetativo

Os inibidores de GAs não alteraram o comprimento dos ramos da macieira 'Fuji Kiku' no ciclo 2015/2016 (Tabelas 3, 4 e 5).

Entre TPE e PCa nenhuma diferença significativa foi observada com relação à distribuição dos ramos nas diferentes classes de comprimento, apenas algumas diferenças entre as doses de cada produto foram detectadas (Tabela 3). O aumento na dose de PCa provocou redução linear da frequência de ramos na classe ≥ 20 e < 40 cm de comprimento, proporcionando principalmente o aumento na frequência de ramos na classe < 20 cm.

Tabela 3 - Distribuição percentual dos ramos por classes de comprimento, avaliados no patamar inferior da planta, em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS.

Tratamentos	< 20 cm [(1)]	≥ 20 e < 40 cm [(1)]	≥ 40 e < 60 cm [(1)]	≥ 60 cm [(1)]
Testemunha	45,2	27,0	14,8	13,1
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	50,4	30,7	11,8	7,1
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	51,6	21,9	16,2	10,3
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	56,8	28,5	9,9	4,8
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	51,4	31,0	11,4	6,2
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	42,7	36,6	13,2	7,5
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	41,0	30,7	19,9	8,5
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	57,5	25,6	10,6	6,3
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	51,5	18,2	17,2	13,1
Média	49,8	27,8	13,9	8,5
CV (%)	18,7	14,2	26,8	38,1
		Contraste linear		
TPE	52,5±10,4	28,0±6,6	12,3±3,9	7,1±4,9
PCa	48,2±14,5	27,8±6,4	15,2±7,2	8,8±6,6
TPE x PCa	ns	ns	ns	ns
		Contrastes ortogonais polinomiais		
TPE				
Linear	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns
PCa				
Linear	ns	*	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

[(1)] variável transformada pela equação $\text{arco.sen}\sqrt{x/100}$; Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 41 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 62 DAPA.

No patamar mediano, os inibidores de GAs também não alteraram a frequência de ramos com menos de 20 cm de comprimento (Tabela 4).

Entre TPE e PCa, nenhuma diferença foi observada, no entanto, houve variações entre as concentrações de TPE, onde a frequência de ramos com menos de 20 cm reduziu de forma quadrática em resposta ao aumento de dose. Para a PCa não houve ajuste de nenhum modelo de regressão entre a frequência de ramos nas diferentes classes e doses.

Tabela 4 - Distribuição percentual dos ramos por classes de comprimento, avaliados no patamar mediano da planta, em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS.

Tratamentos	< 20 cm [(1)]	≥ 20 e < 40 cm [(1)]	≥ 40 e < 60 cm [(1)]	≥ 60 cm [(1)]
Testemunha	47,2	32,7	11,5	8,5
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	68,4	21,3	6,4	4,0
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	57,8	24,0	9,1	9,1
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	61,3	25,3	10,3	3,1
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	56,7	21,3	11,3	10,6
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	49,0	27,4	11,7	11,9
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	47,3	30,1	11,6	11,0
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	60,1	24,5	8,0	7,4
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	54,4	21,7	11,8	12,0
Média	55,8	25,4	10,2	8,6
CV (%)	15,3	23,8	28,7	53,9
		Contraste linear		
TPE	61,0±9,1	23,0±7,9	9,3±4,1	6,7±3,9
PCa	52,7±16,3	25,9±15,4	10,8±6,0	10,6±9,5
TPE x PCa	ns	ns	ns	ns
		Contrastes ortogonais polinomiais		
TPE				
Linear	ns	ns	ns	ns
Quadrática	*	ns	ns	ns
PCa				
Linear	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

[(1)] variável transformada pela equação $\text{arco.sen}\sqrt{x/100}$; Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 41 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 62 DAPA.

Na porção superior da planta novamente não foram observadas diferenças na frequência de ramos em diferentes classes em função da aplicação de TPE ou PCa (Tabela 5).

Entre TPE e PCA nenhuma diferença foi observada, assim como não houve ajuste de modelo linear ou quadrático da frequência de ramos nas diferentes classes em resposta ao aumento de dose.

Tabela 5 - Distribuição percentual dos ramos por classes de comprimento, avaliados no patamar superior da planta, em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS.

Tratamentos	< 20 cm [(1)]	≥ 20 e < 40 cm [(1)]	≥ 40 e < 60 cm [(1)]	≥ 60 cm [(1)]
Testemunha	53,0	24,0	15,4	7,6
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	87,3	12,7	0,0	0,0
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	68,0	17,3	10,5	4,2
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	77,2	15,4	3,9	3,4
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	66,3	17,0	9,9	6,8
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	65,7	23,0	8,2	3,0
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	43,0	35,7	15,3	6,1
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	74,1	13,4	12,5	0,0
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	51,9	19,3	8,8	20,0
Média	65,2	19,8	9,4	5,7
CV (%)	27,5	49,3	92,8	109,6
		Contraste linear		
TPE	74,7±20,4	15,6±10,8	6,1±8,7	3,6±4,4
PCa	58,7±22,2	22,9±15,8	11,2±10,4	7,3±7,7
TPE x PCa	ns	ns	ns	ns
		Contrastes ortogonais polinomiais		
TPE				
Linear	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns
PCa				
Linear	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

[(1)] variável transformada pela equação $\text{arco.sen}\sqrt{x/100}$; Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 41 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 62 DAPA.

Considerando a frequência de ramos com < 20 cm, na média de toda a planta, o TPE foi mais efetivo que a PCa em aumentar a frequência de ramos curtos (Tabela 6). Já para PCa o aumento na dose causou aumento linear da frequência de ramos na classe ≥ 20 e < 40 cm.

No ciclo 2015/2016 o volume acumulado de chuva foi mais elevado quando comparado ao ciclo 2016/2017 (Figura 2), além disso, o acúmulo de frio verificado no período hibernal foi de 257 horas ≤ 7,2ºC e 824 horas, respectivamente. A falta de frio hibernal no ciclo 2015/2016 pode acarretar em brotação desuniforme das gemas e, consequentemente, redução da produção por planta. Sendo assim, menor número de pontos de crescimento na planta são formados e a distribuição de fotoassimilados fica restrito a um menor número de ramos, causando desiquilíbrio. Não obstante, associado ao elevado volume de chuvas no período de crescimento vegetativo, intensificado pelo menor número de ramos brotados ocorre um elevado crescimento vegetativo. Fatores como brotação desuniforme, redução de produção, elevada precipitação compõem uma combinação que pode intensificar o

crescimento vegetativo de ramos. Dessa forma, nessas condições o efeito dos fitorreguladores é muito sutil.

O insuficiente acúmulo de frio ao longo do período hibernal proporciona atraso na brotação de gemas vegetativas e floríferas, baixos índices de brotação de gemas, desuniformidade tanto no enfolhamento quanto na floração das plantas (EREZ, 2000), crescimento estimulado, inibindo a brotação de gemas axilares (PETRI et al., 2006) e o aumento da dominância apical (HAWERROTH; PETRI, 2011), resultando em redução da produção e qualidade dos frutos (PETRI et al., 2014). Ainda, a combinação do excesso de precipitação e de temperaturas acima da média proporcionam o excesso de crescimento vegetativo em macieiras (PETRI; SEZERINO, 2015).

A 'Fuji' apresentou alternância de produção no ciclo 2015/2016, sendo que a produção baixa pode ser reflexo do excesso de produção no ciclo anterior. A baixa produção aliada a alguns fatores favorece o crescimento vegetativo dos ramos, pois com menos frutos por planta a relação fonte/dreno é alterada, sobrando mais fotoassimilados para distribuição nos ramos.

Em razão da degradação relativamente rápida de proexadione cálcio (RADEMACHER; KOBER, 2003), o aumento do número de aplicações poderia intensificar o controle do desenvolvimento vegetativo (ELFVING et al., 2003).

No ciclo 2015/2016 avaliando a temperatura média durante os meses de outubro a maio, a média de temperatura foi 1,5ºC acima quando comparado ao mesmo período no ciclo 2016/2017 (Figura 2). Ainda, na mesma condição, observando a precipitação os volumes tiveram variação de 1424 a 1092 mm, respectivamente, apresentando diferença de 332 mm.

Tabela 6 - Distribuição percentual dos ramos de acordo com o comprimento médio, na média de toda a planta, em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS.

Tratamentos	< 20 cm [(1)]	≥ 20 e < 40 cm [(1)]	≥ 40 e < 60 cm [(1)]	≥ 60 cm [(1)]
Testemunha	48,5	27,9	13,9	9,7
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	68,7	21,6	6,0	3,7
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	59,1	21,1	12,0	7,8
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	65,1	23,1	8,0	3,8
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	58,2	23,1	10,9	7,9
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	52,5	29,0	11,1	7,4
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	43,7	32,1	15,6	8,5
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	63,9	21,2	10,3	4,6
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	52,6	19,7	12,6	15,0
Média	56,9	24,3	11,2	7,6
CV (%)	23,6	31,0	50,1	63,3
		Contraste linear		
TPE	62,7±17,7	22,1±10,1	9,2±7,2	5,8±5,9
PCa	53,2±18,6	25,5±10,9	12,4±7,7	8,9±7,0
TPE x PCa	*	ns	ns	ns
		Contrastes ortogonais polinomiais		
TPE				
Linear	ns	ns	ns	ns
Quadrática	*	ns	ns	ns
PCa				
Linear	ns	*	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	*

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

[(1)] variável transformada pela equação $\text{arco.sen}\sqrt{x/100}$; Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 41 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 62 DAPA.

No ciclo 2016/2017, o crescimento vegetativo foi menor em relação ao ciclo 2015/2016, mesmo no tratamento testemunha, possivelmente, em função das médias pluviométricas terem sido menores em 2016/2017 (Figura 2), a temperatura média (outubro a maio) foi 1,5ºC menor em 2016/2017 (Figura 2), assim como o acúmulo de frio constatado no período hibernal foi maior em 2016/2017, com 824 horas ≤ 7,2ºC. Com relação aos inibidores de GAs, a aplicação foi eficiente em reduzir o comprimento de ramos, aumentando a frequência na classe < 20 cm de comprimento (Tabela 7).

Houve também diferença entre os produtos, onde a PCa reduziu a frequência de ramos na classe ≥ 20 e < 40 cm, comparado ao TPE. O aumento nas doses de TPE reduziu de forma quadrática o número de ramos com mais de 60 cm de comprimento. Para PCa, o aumento na dose reduziu de forma linear a frequência de ramos nas classes ≥ 60 cm e ≥ 20 e < 40 cm e aumentou na classe < 20 cm.

Tabela 7 - Distribuição percentual dos ramos por classes de comprimento, avaliados no patamar inferior da planta, em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS.

Tratamentos	< 20 cm [1]	≥ 20 e < 40 cm [1]	≥ 40 e < 60 cm [1]	≥ 60 cm [1]
Testemunha	61,4	28,5	6,2	3,9
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	77,5	19,7	1,9	1,0
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	76,4	19,4	3,5	0,7
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	72,4	23,8	2,9	0,8
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	72,2	25,2	1,4	1,1
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	79,3	18,8	1,5	0,5
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	79,0	17,8	2,5	0,7
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	83,7	13,4	2,3	0,6
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	84,8	11,3	3,4	0,5
Média	55,8	25,4	10,2	8,6
CV (%)	15,3	23,8	28,7	53,9
		Contraste linear		
TPE	74,6±11,1	22,0±8,9	2,4±2,5	0,9±1,1
PCa	81,7±7,1	15,3±5,7	2,4±1,6	0,6±0,8
TPE x PCa	ns	*	ns	ns
		Contrastes ortogonais polinomiais		
TPE				
Linear	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	*
PCa				
Linear	**	**	ns	**
Quadrática	ns	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

[1] variável transformada pela equação $\text{arco.sen}\sqrt{x/100}$; Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 30 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 60 DAPA.

No patamar mediano da planta, nenhuma diferença entre os tratamentos foi observada quanto a frequência de ramos em diferentes classes de comprimento (Tabela 8). Observou-se que mesmo nas plantas testemunha houve alta frequência de ramos nas classes < 20 cm e ≥ 20 e < 40 cm de comprimento e possivelmente por isso não houve redução significativa do comprimento dos ramos em função da aplicação de inibidores de GAs. Não houve diferença entre PCa e TPE, tampouco diferença entre as doses.

Tabela 8 - Distribuição percentual dos ramos por classes de comprimento, avaliados no patamar mediano, em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS.

Tratamentos	< 20 cm [(1)]	≥ 20 e < 40 cm [(1)]	≥ 40 e < 60 cm [(1)]	≥ 60 cm [(1)]
Testemunha	77,0	20,0	2,2	0,8
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	84,1	13,4	2,3	0,2
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	83,0	14,6	1,6	0,8
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	80,6	17,9	1,4	0,2
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	74,4	22,8	1,9	1,0
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	76,0	19,7	2,3	2,0
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	86,3	12,3	1,2	0,2
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	86,4	11,2	2,4	0,0
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	77,1	20,2	1,4	1,3
Média	80,5	16,9	1,9	0,7
CV (%)	7,8	20,9	68,8	70,5
		Contraste linear		
TPE	80,5±4,1	17,2±4,0	1,8±1,7	0,5±0,5
PCa	81,5±5,9	15,8±5,7	1,8±1,8	0,9±1,1
TPE x PCa	ns	ns	ns	ns
		Contrastes ortogonais polinomiais		
TPE				
Linear	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns
PCa				
Linear	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

[(1)] variável transformada pela equação $\text{arco.sen}\sqrt{x/100}$; Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 30 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 60 DAPA.

No patamar superior da planta, novamente a frequência de ramos nas classes de comprimento não diferiu em função dos tratamentos (Tabela 9).

Em relação ao TPE, o aumento das doses reduziu a frequência de ramos na classe ≥ 40 e < 60 cm. Não houve diferença entre as doses de PCa.

Tabela 9 - Distribuição percentual dos ramos por classes de comprimento, avaliados no patamar superior, em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS.

Tratamentos	< 20 cm [(1)]	≥ 20 e < 40 cm [(1)]	≥ 40 e < 60 cm [(1)]	≥ 60 cm [(1)]
Testemunha	70,6	26,6	2,8	0,0
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	82,6	17,4	0,0	0,0
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	80,8	18,2	0,2	0,9
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	89,1	10,9	0,0	0,0
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	74,2	21,9	2,2	1,6
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	72,6	23,3	2,8	1,4
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	69,2	25,8	5,0	0,0
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	85,1	10,9	3,0	1,0
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	61,9	32,0	6,0	0,0
Média	76,2	20,8	2,4	0,5
CV (%)	18,1	39,9	80,1	100,3
		Contraste linear		
TPE	81,7±12,8	17,1±13,6	0,6±0,7	0,6±0,7
PCa	72,2±16,8	23,0±11,4	4,2±7,0	0,6±1,1
TPE x PCa	ns	ns	ns	ns
		Contrastes ortogonais polinomiais		
TPE				
Linear	ns	ns	ns	*
Quadrática	ns	ns	**	ns
PCa				
Linear	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

[(1)] variável transformada pela equação $\text{arco.sen}\sqrt{x/100}$; Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 30 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 60 DAPA.

Na média de todos os patamares da planta, PCa e TPE reduziram o crescimento dos ramos (Tabela 10). A resposta ao aumento nas doses de PCa e TPE foi quadrática para a frequência de ramos em diferentes classes. Da mesma forma que no ciclo anterior, a maior frequência de ramos com menos de 20 cm foi observada na dose de TPE 110 mg L^{-1} (3x). Já o aumento da dose de PCa ocasionou resposta quadrática para a frequência de ramos na classe com menos de 20 cm, sendo que o melhor resultado foi observado na dose 330 mg L^{-1} (3x).

Tabela 10 - Distribuição percentual dos ramos de acordo com o comprimento médio, na média de toda a planta, em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS.

Tratamentos	< 20 cm [(1)]	≥ 20 e < 40 cm [(1)]	≥ 40 e < 60 cm [(1)]	≥ 60 cm [(1)]
Testemunha	69,6	25,1	3,7	1,6
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	81,4	16,8	1,4	0,4
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	80,1	17,4	1,7	0,8
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	80,7	17,5	1,4	0,3
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	73,6	23,3	1,8	1,2
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	76,0	20,6	2,2	1,3
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	78,2	18,6	2,9	0,3
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	85,1	11,8	2,6	0,5
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	74,6	21,2	3,6	0,6
Média	77,7	19,1	2,4	0,8
CV (%)	13,2	29,4	92,4	137,1
		Contraste linear		
TPE	78,9±17,5	18,7±11,1	1,6±6,9	0,69±6,6
PCa	78,5±18,0	18,0±11,5	2,8±7,1	0,69±6,6
TPE x PCa	ns	ns	ns	ns
		Contrastes ortogonais polinomiais		
TPE				
Linear	ns	ns	ns	ns
Quadrática	**	*	*	*
PCa				
Linear	ns	ns	ns	ns
Quadrática	*	*	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

[(1)] variável transformada pela equação $\text{arco.sen}\sqrt{x/100}$; Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 30 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 60 DAPA.

O uso de inibidores de GAs tem sido empregado no cultivo de macieiras por décadas no intuito de reduzir o crescimento vegetativo e facilitar o manejo das plantas. Dentre as opções disponíveis, TPE e PCa têm sido utilizados, principalmente pela alta eficiência no controle de crescimento, pelo efeito pouco persistente, o que permite interferir em épocas específicas, e pela ausência de resíduos nos frutos (RADEMACHER et al., 2000; RADEMACHER et al., 2014; MEYER et al., 2014).

Privé et al. (2006) observaram que a aplicação de PCa controlou o crescimento de ramos independente da cultivar avaliada. Contudo, os autores destacaram que o programa de aplicações a ser empregado deve levar em conta o vigor da planta, onde as plantas com intenso crescimento vegetativo devem receber as aplicações mais precocemente, logo após a queda de pétalas, repetindo-se as aplicações até a supressão do crescimento. Privé et al. (2006) destacaram que as decisões sobre as aplicações devem considerar também a carga de frutos na planta.

A eficiência das aplicações de inibidores de GAs na redução do crescimento vegetativo pode ser extremamente variável em função de diversos fatores. Miller (2002) observou que a aplicação de PCa provocou redução do comprimento dos ramos da ordem de 21 a 71%, dependendo do ano, da combinação copa/porta-enxerto, da dose ou do número de aplicações. O autor destacou que aplicação precoce é mais eficiente em conter o crescimento dos ramos, como ressaltado por Privé et al. (2006).

Em macieiras 'Starcrimson'/MM.111, as aplicações de PCa 125 mg L^{-1} em duas épocas, quando as brotações estavam com 5 cm e três semanas após, reduziram em 33,2 e 43,6% o comprimento médio de ramos em dois ciclos, sem qualquer efeito negativo sobre a qualidade dos frutos (ÇETINBAŞ et al., 2015).

Medjdoub; Blanco (2004) observaram que a aplicação de PCa 100-200 mg L^{-1} foi efetiva no controle do crescimento dos ramos de 'Smoothee Golden Delicious'/M.9 quando realizada entre 12 e 20 dias após a plena floração (DAPF), sendo necessária uma segunda aplicação 6 a 8 semanas após para evitar a retomada de crescimento. Os autores verificaram ainda que a redução no comprimento de ramos foi linear em resposta ao aumento na dose de PCa de 100 a 400 mg L^{-1}.

Medjdoub et al. (2005) observaram efetividade no controle de crescimento de ramos em resposta à aplicação de PCa 125 mg L^{-1} realizada aos 20 e aos 50 DAPF em macieiras 'Royal Gala'.

Em 'Royal Gala' e 'Fuji' os programas de aplicações de PCa 250 mg L^{-1} na plena floração + 100 mg L^{-1} 40 DAPF ou PCa 150 mg L^{-1} na plena floração + 150 mg L^{-1} 40 DAPF + 50 mg L^{-1} 57 DAPF foram eficientes em reduzir o crescimento de ramos.

As aplicações em dose única de PCa também podem ser efetivas em reduzir o crescimento de ramos. Em 'Imperial Gala' e 'Fuji Suprema', a aplicação de PCa 330 mg L^{-1} até 28 DAPF foi eficiente em reduzir o crescimento vegetativo, porém pode ser ineficaz em situação de alto crescimento vegetativo (HAWERROTH et al., 2012; HAWERROTH; PETRI, 2014).

Em relação ao TPE, de uma forma geral, a eficiência em reduzir o crescimento de ramos em mudas de macieira foi menor comparado com PCa (RADEMACHER, 2014). Da mesma forma, Meyer et al. (2014) observaram que apenas as doses de TPE de 250 mg L^{-1} provocaram redução de crescimento de ramos semelhante a dose PCA 125 mg L^{-1}. Já Rufato et al. (2017) observaram que o efeito da aplicação de TPE 225 mg L^{-1} ou de PCa 250 mg L^{-1}, aos 7 DAPF, provocaram efeito semelhante, reduzindo o crescimento dos ramos.

No presente experimento, os inibidores de GAs foram aplicados em três épocas. Nos dois ciclos avaliados, o efeito de TPE e PCa esteve associado com a carga de frutos. No ciclo 2015/2016, houve baixa produção de frutos e intenso crescimento vegetativo, onde PCa e TPE reduziram o crescimento de ramos, porém de forma mais pronunciada. Ainda, pode-se relacionar a diferença de indução floral x carga de frutos verificada em cada ciclo (que foi baixo no ciclo 2015/2016 e alto no ciclo 2016/2017) com a diferença no acúmulo de frio no período hibernal, que foi de 257 horas ≤ 7,2ºC no ciclo 2015/2016 e de 824 horas ≤ 7,2ºC no ciclo 2016/2017. No primeiro ciclo, o acúmulo de frio foi muito inferior ao recomendado sendo que, de acordo com Petri et al. (2011), a cultivar Fuji necessita de mais de 600 horas de frio (≤ 7,2ºC) para obter brotação e florescimento uniforme. Já no ciclo 2016/2017, a carga de frutos foi muito elevada e o crescimento de ramos foi baixo. Neste ciclo, os inibidores de GAs reduziram o crescimento de ramos, porém o efeito variou entre os patamares da copa, sendo mais efetivo o controle na parte inferior. A redução do crescimento dos ramos em 2016/2017, em resposta à aplicação de inibidores de Gas, indica que essas substâncias minimizam a formação de fortes drenos vegetativos, reduzindo o desenvolvimento excessivo do dossel, resultado também verificado por Hawerroth; Petri (2014). Destacaram-se nos dois ciclos, o TPE 110 mg L^{-1} (3x) e PCa nas doses mais elevadas, de 330 mg L^{-1} (3x) e 440 mg L^{-1} (3x), como os mais efetivos em reduzir o crescimento de ramos.

A dose de PCa que provocou o melhor desempenho está de acordo com os outros trabalhos citados, porém o TPE mostrou-se eficiente em uma dose muito inferior ao observado por outros autores.

O efeito dos produtos sobre a redução do crescimento dos ramos pode estar ligada também ao efeito de PCa e TPE sobre a frutificação efetiva. Aumento da taxa de frutificação de macieiras em resposta à aplicação de PCa tem sido relatado por alguns autores (RADEMACHER et al., 2006; KOBER, 2003; GREENE, 2007; GREENE, 2008; RUFATO et al., 2017).

No presente experimento, foi observada uma alta correlação entre a carga de frutos e o tamanho de ramos no ciclo 2015/2016, onde o aumento no número de frutos por planta foi relacionado com a redução da frequência de ramos com mais de 40 cm de comprimento. No ciclo 2016/2017, esta relação não foi observada e mesmo na testemunha o crescimento de ramos foi menor, onde na média da copa apenas 5,3% ultrapassou 40 cm de comprimento.

O efeito da carga de frutos sobre a redução do vigor tem sido largamente demonstrado em macieiras, onde as plantas com maior número de frutos exibem maior competição entre os diferentes órgãos dreno, causando redução de crescimento vegetativo (INGLESE et al., 2002; ROBINSON, 2008; SMITH; SAMACH, 2013; CASTRO et al., 2015).

Desta forma, a redução do crescimento dos ramos em resposta à PCa ou TPE, além de ser causada pela inibição de GAs, pode estar relacionada também com efeito dos produtos sobre o aumento na frutificação, pois estes produtos atuam também como inibidores de etileno (RADEMACHER, 2014).

4.3.2 Trocas gasosas

A avaliação da assimilação de CO_2 apresentou valores médios superiores em folhas de plantas que receberam a aplicação de TPE ou PCa, porém a diferença não foi significativa (Tabela 11). Já os valores de condutância estomática foram, em média, menores que os da testemunha, porém também não houve diferença significativa.

Tabela 11 - Assimilação de CO_2 (*A*) e condutância estomática (*gs*) em folhas de macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS.

Tratamentos	*A* µmol CO_2 m^{-2} s^{-1}	*gs* mol H_2O m^{-2} s^{-1}
Testemunha	15,75 ns	0,441 ns
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	16,76	0,349
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	16,86	0,344
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	17,32	0,318
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	17,14	0,367
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	16,12	0,300
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	16,45	0,344
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	17,20	0,329
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	16,99	0,337
Média	16,73	0,348
CV (%)	10,88	24,68

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.
ns: não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro.°Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 41 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 61 DAPA.

Os valores de assimilação de CO_2 e de condutância estomática no presente experimento podem ser considerados elevados e estão de acordo com observado por outros autores para plantas com folhas com boa exposição à radiação solar (MOON et al., 1990; MIEROWSKA et al., 2002, LI; LAKSO, 2004).

Os estudos avaliando trocas gasosas em folhas de macieiras em resposta à aplicação de TPE ou PCa são ainda escassos. Medjdoub et al., (2007) observaram que a aplicação de PCa aumentou a condutância estomática e a assimilação de CO_2 em macieira 'Royal Gala'. Sabatini et al. (2003) verificaram também que a aplicação de PCa 50 mg L^{-1} repetida em quatro épocas aumentou a assimilação de CO_2 em folhas de macieiras. Glenn; Miller (2005) não observaram alteração na taxa de assimilação de CO_2 em todo o dossel, em macieiras tratadas com PCa 124 mg L^{-1}, em aplicação na queda de pétalas e repetido duas semanas após. Porém, estudos têm mostrado que a aplicação de inibidores de GAs como a PCa podem reduzir a área foliar, o que pode ter efeito negativo sobre a interceptação de luz (SILVEIRA et al., 2012; GLENN; MILLER, 2005). Por outro lado, a redução no crescimento de ramos melhora a distribuição de luz no dossel e poderia estimular o aumento de fotossíntese nas folhas, compensando a redução de área foliar (GLENN; MILLER, 2005).

Em outras espécies a alteração na assimilação de CO_2 em resposta à PCa tem sido verificada. Em pereira 'Abate Fetel', a aplicação de PCa 50 mg L^{-1} repetida em quatro épocas, aumentou o conteúdo de clorofilas e a assimilação de CO_2 (SABATINI et al., 2003). Em fava (*Vicia fava*) a aplicação de doses de PCa elevou também os teores de clorofilas em folhas e de carboidratos em ramos (BEKHETA et al., 2009). Em morango também houve aumento de assimilação em resposta à PCa (REEKIE et al., 2005).

Desta forma, observa-se uma tendência de aumento na taxa de assimilação de CO_2 em folhas de macieiras que receberam aplicações de PCa, porém mais trabalhos são necessários para confirmar esta tendência.

4.3.3 Atributos produtivos

A aplicação dos inibidores de GAs, embora tenha elevado em média os valores de massa e número de frutos por planta, não provocou alterações significativas em relação à testemunha (Tabela 12). Já entre os produtos, o NF foi superior nas plantas que receberam aplicações de TPE, enquanto plantas tratadas com PCa exibiram valores semelhantes à testemunha.

A MMF foi inferior nas plantas tratadas com PCa e TPE (contraste) (Tabela 12). A diferença ocorreu principalmente em função dos baixos valores observados em resposta a aplicação de TPE. Já as plantas tratadas com PCa exibiram MMF similar à testemunha.

Tabela 12 - Número de frutos por planta (NF), massa de frutos por planta (MF) e massa média de frutos (MMF) em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS.

Tratamentos	NF (frutos planta^{-1})	MF (kg planta^{-1})	MMF (g fruto^{-1})
Testemunha	162,6	19,4	117,9
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	221,8	25,0	111,4
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	200,3	22,8	113,2
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	236,9	25,1	104,1
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	242,4	24,4	101,9
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	210,1	23,7	114,3
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	140,8	16,9	115,4
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	196,9	21,4	109,3
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	139,5	17,0	121,5
Média	194,6	21,8	112,1
CV (%)	26,4	29,0	5,0
		Contraste linear	
TPE	225,3±67,1	24,3±7,3	107,6±7,0
PCa	171,8±33,1	19,7±4,7	115,1±8,4
TPE x PCa	**	ns	**
		Contrastes ortogonais polinomiais	
TPE			
Linear	ns	ns	**
Quadrática	ns	ns	ns
PCa			
Linear	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	*

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 41 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 62 DAPA.

A alteração na MMF refletiu também na distribuição de frutos em diferentes classes de calibre (Tabela 13). As plantas tratadas com TPE exibiram também menor frequência de frutos com maior calibre (< 80) e maior de frutos com menor calibre (> 180) em relação àquelas tratadas com PCa.

O aumento das doses de TPE reduziu de forma linear a frequência de frutos na classe < 80 e aumentou de forma quadrática a frequência de frutos menores > 180.

Tabela 13 - Distribuição percentual de frutos em cada categoria de calibre em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS.

Tratamentos	Frutos por categoria de calibre (%)				
	< 80 [(1)]	90-100 [(1)]	110-120 [(1)]	135-165 [(1)]	> 180 [(1)]
Testemunha	9,3	13,0	16,8	33,5	27,5
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	5,0	13,0	20,0	32,8	29,3
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	7,3	14,5	15,0	29,5	33,8
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	5,5	14,8	12,3	27,8	39,8
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	2,0	14,3	23,3	37,5	23,0
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	4,8	13,5	21,0	36,8	24,0
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	8,8	13,5	24,6	32,8	20,3
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	7,0	15,0	21,5	40,6	15,8
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	9,0	15,8	20,0	32,8	22,4
Média	6,5	14,2	19,4	33,8	26,2
CV (%)	23,4	20,9	14,3	8,9	18,1
			Contraste linear		
TPE	4,9±1,5	14,1±5,7	17,6±5,0	31,9±4,6	31,4±8,4
PCa	7,4±3,9	14,5±5,0	21,8±4,1	35,7±4,5	20,6±9,1
TPE x PCa	*	ns	*	*	**
			Contrastes ortogonais polinomiais		
TPE					
Linear	**	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	*	*
PCa					
Linear	ns	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

[(1)] variável transformada pela equação $\text{arco.sen}\sqrt{x/100}$; Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 41 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 62 DAPA.

No ciclo 2016/2017, a carga de frutos foi elevada em todos os tratamentos (Tabela 14). Entre os produtos, TPE exibiu menor NF e menor MF em relação à PCa.

A MMF foi superior na testemunha em relação aos inibidores de GAs e entre TPE e PCa não houve diferença. Com relação as doses, MF e MMF reduziram linearmente em resposta ao aumento na dose de TPE, enquanto que apenas a MMF reduziu de forma linear em resposta ao aumento na doses de PCa.

Tabela 14 - Número de frutos por planta (NF), massa de frutos por planta (MF) e massa média de frutos (MMF) em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS.

Tratamentos	NF (frutos planta^{-1})	MF (kg planta^{-1})	MMF (g fruto^{-1})
Testemunha	262,2	37,65	145,6
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	205,9	29,8	146,0
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	253,7	34,6	138,2
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	225,7	30,4	135,3
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	198,3	26,2	133,4
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	220,2	30,8	141,2
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	289,5	41,3	143,2
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	267,0	34,2	130,1
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	274,2	37,5	137,7
Média	244,1	33,65	139
CV (%)	19,1	17,9	3,8
		Contraste linear	
TPE	220,9±43,3	30,3±11,6	138,2±5,7
PCa	262,7±46,5	35,9±12,1	138,0±4,8
TPE x PCa	*	*	ns
		Contrastes ortogonais polinomiais	
TPE			
Linear	ns	*	**
Quadrática	ns	ns	ns
PCa			
Linear	ns	ns	**
Quadrática	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 30 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 60 DAPA.

A distribuição dos frutos por classe de calibre mostrou pouca diferença entre os tratamentos (Tabela 15). Na média das doses, plantas tratadas com PCa e TPE produziram maior frequência de frutos menores (> 180).

Tabela 15 - Distribuição percentual de frutos em cada categoria de calibre em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS.

Tratamentos	Frutos por categoria de calibre (%)				
	< 80 [(1)]	90-100 [(1)]	110-120 [(1)]	135-165 [(1)]	> 180 [(1)]
Testemunha	9,8	30,3	35,5	23,0	1,5
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	10,8	28,0	34,5	24,3	2,5
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	5,8	21,6	35,6	31,8	5,3
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	8,3	23,5	28,0	33,3	7,0
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	6,8	22,3	37,8	29,0	4,3
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	10,8	28,3	30,8	26,6	3,5
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	11,3	30,5	29,3	27,3	1,8
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	2,8	19,0	38,5	36,0	3,8
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	6,8	26,3	32,5	29,5	5,0
Média	8,1	25,5	33,6	29,0	3,8
CV (%)	20,7	14,3	10,1	12,3	34,9
			Contraste linear		
TPE	7,9±3,1	23,8±7,2	34,0±5,7	29,6±6,3	4,8±3,0
PCa	7,9±3,0	26,0±5,8	32,8±6,4	29,8±6,2	3,5±1,6
TPE x PCa	ns	ns	ns	ns	ns
			Contrastes ortogonais polinomiais		
TPE					
Linear	ns	ns	ns	*	*
Quadrática	ns	ns	ns	ns	ns
PCa					
Linear	**	ns	ns	*	*
Quadrática	ns	ns	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

[(1)] variável transformada pela equação $\text{arco.sen}\sqrt{x/100}$; Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 30 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 60 DAPA.

Em relação aos produtos, não houve diferença significativa entre TPE e PCa na média das doses (Tabela 15). Entre as doses, para os dois produtos houve aumento linear da frequência de frutos nas classes 135-165 e > 180 em resposta ao aumento na dose. Para PCa houve também redução da frequência de frutos na classe < 80 em resposta ao aumento da dose.

Na literatura, a alteração dos componentes de rendimento da macieira em função de inibidores de GAs tem sido relatada. Rufato et al. (2017) observaram aumento no NF e redução de MMF em 'McIntosh', em resposta à aplicação de TPE 225 mg L^{-1}, quando os brotos estavam com 5 cm. Aumento no NF também foi observado por Medjdoub et al., (2005) em 'Royal Gala', com aplicação de PCa 375 mg L^{-1} na PF, porém com redução na MMF e sem efeito sobre MF. Em 'Delicious', PCa 250 mg L^{-1} aumentou a frutificação somente quando aplicada até 14 DAPF (UNRATH, 1999). Já em 'Fuji', as aplicações de PCa na PF não alteraram a carga de frutos, porém houve aumento linear na MMF em resposta ao aumento na dose (MEDJDOUG et al., 2005).

Como demonstrado, o aumento da frutificação, e consequentemente da carga de frutos, em resposta à PCa tem sido observado principalmente quando as aplicações iniciam precocemente. A PCa pode interferir por diferentes vias na frutificação. Por um lado, a inibição do crescimento de ramos reduz o consumo de carboidratos, aumentando a disponibilidade para a formação dos frutos (RADEMACHER et al., 2006). Por outro lado, a PCa inibe a biossíntese de etileno, reduzindo a abscisão dos frutos (COSTA et al., 2004; RADEMACHER et al., 2005). Da mesma forma, TPE e sua formação ativa pode intervir no metabolismo pelas mesmas vias (RADEMACHER, 2014).

No presente trabalho, apenas TPE alterou de forma significativa a carga de fruto, aumentando no ciclo 2015/2016 e reduzindo no ciclo 2016/2017. Possivelmente, esta redução na carga de frutos esteja relacionada à alternância de produção. Já PCa em nenhum dos ciclos alterou a carga de frutos.

Outros autores não observaram efeito de PCa sobre a carga de frutos quando aplicado quando os brotos estavam com 5 a 12 cm (MILLER, 2002); aos 12 DAPF (MEDJDOUG, 2004), aos 20 DAPF (HAWERROTH; PETRI, 2014) ou aos 28 DAPF (HAWERROTH et al., 2012).

PCa e TPE podem também causar efeitos negativos sobre o rendimento do ciclo seguinte. Além do efeito sobre o aumento da carga de frutos que ocorre em algumas condições, a inibição da biossíntese de etileno provocada por PCa e TPE também pode reduzir a formação de gemas florais (COSTA et al., 2004; RADEMACHER et al., 2006). A redução de retorno floral foi apontada por Silveira et al. (2014), em macieiras 'Fuji' que receberam aplicação de PCa (319 mg L^{-1}) na queda de pétalas e por Meyer et al. (2014) em 'Fuji Suprema' tratada com TPE 200 a 500 mg L^{-1} quando as brotações estavam com 5 cm. A redução do retorno floral também foi observada por Costa et al. (2004) quando aplicado PCa 250 mg L^{-1} quando os brotos estavam com 10 cm, em 'Fuji'. Porém, os autores verificaram que com doses menores, em duas aplicações, o retorno floral não foi influenciado.

Já a redução na MMF e na frequência de frutos em classes de maior calibre, observadas no presente trabalho e também por outros autores, parece ligada ao efeito de PCa ou TPE sobre a carga de frutos na planta. Em macieiras, o aumento no número de frutos na planta eleva também a produção, porém a MMF dos frutos reduz proporcionalmente (STOPAR et al., 2002; SALVADOR et al., 2006; SERRA et al., 2016. Isso estaria de acordo com o observado no presente trabalho, onde tanto a MMF quanto a frequência de frutos com mais de 172,5 g, que correspondem as classes de calibre < 80 e 90-100 somadas, exibiram redução dos valores associado com o aumento na carga de frutos por planta.

Outro efeito observado foi a redução na produção do ciclo 2016/2017 em tratamentos que apresentaram maior número de frutos no ciclo 2015/2016. Em macieiras, a alternância de produção entre os ciclos pode ocorrer quando a carga de frutos é demasiada em relação a capacidade da planta.

Em elevadas cargas de frutos, ocorre alta competição por fotoassimilados e nutrientes entre os órgãos dreno, causando escassez de carboidratos e redução do crescimento vegetativo, além de redução do tamanho final dos frutos e do retorno floral do ciclo seguinte (STOVER et al., 2001; INGLESE et al., 2002; SMITH; SAMACH, 2013).

Desta forma, como a aplicação de TPE incrementou a carga de frutos de forma significativa no ciclo 2015/2016, é difícil determinar se a redução na produção do ciclo 2016/2017 foi consequência do aumento da carga de frutos, do efeito direto de inibição da biossíntese de etileno e redução de floração ou de ambos os fatores atuando simultaneamente.

Embora a produção tenha sido influenciada pelos tratamentos no ciclo 2015/2016, não foram detectados efeitos significativos dos inibidores de GAs sobre o comprimento, o diâmetro, a relação C/D e o número de sementes por fruto (Tabela 16). Observou-se porém um aumento linear no número de sementes por fruto em resposta ao aumento na dose de PCa.

Tabela 16 - Diâmetro, comprimento, relação comprimento/diâmetro (C/D) e número de sementes em frutos (NS) de em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS.

Tratamentos	Diâmetro (cm)	Comprimento (cm)	Relação C/D	NS fruto^{-1}
Testemunha	69,4	58,2	0,84	5,1
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	69,3	58,3	0,84	5,5
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	66,4	76,0	1,18	5,9
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	68,7	55,0	0,80	5,5
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	70,6	56,5	0,80	6,2
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	71,4	57,9	0,81	5,8
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	69,9	58,8	0,84	5,6
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	69,4	58,6	0,85	5,5
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	70,7	57,0	0,81	6,7
Média	69,5	59,6	0,86	5,8
CV (%)	22,5	3,5	25,5	11,8
		Contraste linear		
TPE	68,7±1,9	61,5±11,4	0,91±0,19	5,8±0,65
PCa	70,3±1,9	58,1±1,5	0,83±0,02	5,9±0,57
TPE x PCa	ns	ns	ns	ns
		Contrastes ortogonais polinomiais		
TPE				
Linear	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns
PCa				
Linear	ns	ns	ns	*
Quadrática	ns	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 41 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 62 DAPA.

No ciclo 2016/2017 novamente não foram detectadas diferenças significativas nas variáveis relativas ao formato dos frutos (Tabela 17). Porém, houve redução linear o comprimento dos frutos em resposta ao aumento na dose de PCa e TPE. Já o número de sementes por fruto foi superior em resposta a aplicação de PCa e TPE.

Tabela 17 - Diâmetro, comprimento, relação comprimento/diâmetro (C/D) e número de sementes em frutos de em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS.

Tratamentos	Diâmetro (cm)	Comprimento (cm)	Relação C/D	NS fruto^{-1}
Testemunha	72,2	61,2	0,85	6,1
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	72,8	62,9	0,87	6,9
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	71,1	60,4	0,85	7,2
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	70,6	59,6	0,84	7,1
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	71,9	59,2	0,82	7,2
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	72,5	60,9	0,84	6,5
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	73,0	60,9	0,84	7,1
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	71,0	59,3	0,84	7,1
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	71,3	59,6	0,84	6,7
Média	71,8	60,4	0,84	6,9
CV (%)	1,9	2,1	2,6	12,0
		Contraste linear		
TPE	71,6±1,9	60,5±1,8	0,85±0,03	7,1±0,78
PCa	72,0±1,2	60,2±0,9	0,84±0,01	6,9±0,70
TPE x PCa	ns	ns	ns	ns
		Contrastes ortogonais polinomiais		
TPE				
Linear	ns	*	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns
PCa				
Linear	ns	**	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.
Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 30 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 60 DAPA.

De uma forma geral, a alteração do formato dos frutos em resposta à aplicação de PCa ou TPE não têm sido observada. Em macieiras 'Gala' (BYERS; YODER, 1999; ZADRAVEC et al., 2008), 'Golden Delicious' (ATAY; KOYUNCU, 2017), 'Elstar' (BASAK, 2004), 'Fuji Suprema' (MEYER et al., 2014); 'Royal Gala' e 'Fuji' (MATA et al., 2006) nenhuma alteração foi observada no diâmetro, no comprimento ou na relação C/D dos frutos de plantas tratadas com PCa. Çetimbas et al., (2015) e Medjdoub et al., (2004),

avaliando respectivamente ‘Starcrimson’ e ‘Golden Delicious’, relataram aumento no diâmetro e no comprimento dos frutos em resposta à PCa. Já Meyer et al. (2014) observaram redução no diâmetro e no comprimento dos frutos de ‘Fuji Suprema’ em resposta a aplicação de TPE.

As GAs atuam coordenando diversos processos fisiológicos, por exemplo, induzindo o aumento de frutificação em macieiras com tendência de partenocarpia (WATANABE et al., 2008; KHANDAKER et al., 2013). Aplicações de GA_3 de GA_{4+7} podem alterar o formato dos frutos, tornando-os mais alongados (WATANABE et al., 2008). Porém, o efeito sobre o formato do fruto depende do tipo de GA e da época de aplicação. Além disso, o efeito de GAs produzidas pela planta sobre o formato dos frutos não é bem relatado.

A aplicação de inibidores de inibidores de GAs, como o Uniconazol, em diferentes épocas no período próxima a floração não influenciou o formatos frutos (WATANABE et al., 2008).

No presente experimento, corroborando com a maioria dos trabalhos citados, não houve alteração significativa no formato dos frutos em resposta à aplicação de diferentes inibidores de GAs.

4.3.4 Atributos de qualidade

Os atributos qualitativos dos frutos, como FP, SS, IA e AT dos frutos não sofreram qualquer alteração em consequência da aplicação de PCa ou TPE (Tabela 18).

Tabela 18 - Firmeza de polpa (FP), conteúdo de sólidos solúveis (SS), índice de degradação do amido (IA) e acidez titulável (AT) dos frutos na colheita, em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS.

Tratamentos	FP (N)	SS (%)	IA (1-9)	AT (%)
Testemunha	75,7	14,3	8,2	0,348
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	72,5	14,0	8,4	0,336
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	70,6	13,8	8,6	0,359
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	74,0	13,9	8,6	0,361
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	72,5	13,9	8,5	0,342
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	70,9	13,8	8,4	0,364
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	76,9	14,4	8,2	0,372
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	71,8	13,9	8,4	0,392
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	73,9	13,8	8,6	0,378
Média	73,2	14,0	8,4	0,361
CV (%)	5,7	3,6	4,7	15,0
		Contraste linear		
TPE	72,4±3,4	13,9±0,51	8,5±0,34	0,350±0,05
PCa	73,4±4,1	14,0±0,42	8,4±0,33	0,376±0,05
TPE x PCa	ns	ns	ns	ns
		Contrastes ortogonais polinomiais		
TPE				
Linear	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns
PCa				
Linear	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 41 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 62 DAPA.

No ciclo 2016/2017, entre os produtos, houve a redução da FP e do IA e aumento de SS em resposta ao tratamento com TPE em comparação com as plantas que receberam PCa (Tabela 19).

Tabela 19 - Firmeza de polpa (FP), conteúdo de sólidos solúveis (SS), índice de degradação do amido (IA) e acidez titulável (AT) dos frutos na colheita, em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS.

Tratamentos	FP (N)	SS (%)	IA (1-9)	AT (%)
Testemunha	68,4	11,4	6,3	0,238
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	60,3	11,7	5,3	0,258
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	63,8	11,5	5,3	0,252
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	69,9	11,3	5,7	0,258
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	73,1	11,7	4,9	0,279
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	60,5	11,1	6,4	0,260
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	61,4	11,2	6,2	0,246
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	61,0	10,9	6,0	0,234
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	64,0	10,8	6,0	0,246
Média	64,7	11,3	5,8	0,252
CV (%)	7,6	3,9	12,9	8,7
		Contraste linear		
TPE	66,8±4,3	11,6±0,42	5,3±0,83	0,262±0,03
PCa	61,7±3,7	11,0±0,41	6,2±0,61	0,247±0,01
TPE x PCa	**	**	**	ns
		Contrastes ortogonais polinomiais		
TPE				
Linear	ns	ns	ns	ns
Quadrática	*	ns	ns	ns
PCa				
Linear	ns	*	ns	ns
Quadrática	*	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.
Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 30 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 60 DAPA.

A alteração de atributos qualitativos pela aplicação de inibidores de GAs normalmente não tem sido detectada. Nenhuma alteração significativa foi observada de FP, SS e AT em resposta à aplicação de PCa em macieiras 'Royal Gala' (MATA et al., 2006), 'Elstar' (BASAK, 2004), 'Starcrimson' (ÇETIMBAS), 'Smoothee Golden Delicious' (MEDJDOUB et al., 2004), 'Fuji' e 'Catarina' (SILVEIRA et al., 2014). Spinelli et al. (2010) também não observaram qualquer alteração de FP, SS ou AT nos frutos de macieiras 'Golden Delicious' tratadas com TPE ou PCa, em três ciclos avaliados. No entanto, a redução da FP pela aplicação de PCa foi observada por Atay; Koyuncu (2017) em 'Golden Delicious'. Já Mata et al. (2006) observaram aumento de FP pela aplicação de PCa em 'Fuji', enquanto que Meyer et al. (2014) observaram aumento de FP e SS em 'Fuji Suprema' em resposta à aplicação de TPE.

A redução na FP observada no presente experimento em relação ao TPE está de acordo com o observado por Meyer et al. (2014). Os autores observaram que houve aumento linear de FP em resposta ao aumento da dose de TPE de 200 para 500 mg L^{-1}. Os dados

apresentados pelos autores sugerem ainda uma forte associação entre o aumento da FP e SS com a redução da produção por planta, observada em resposta ao TPE. Embora no presente trabalho alguns tratamentos com menor produção tenham exibido também aumento da firmeza de polpa, não foi verificada correlação significativa entre FP e MF. A diferença em relação a Meyer et al. (2014) pode estar relacionada a dose e ao programa de aplicações empregado. Enquanto os autores testaram o efeito de elevadas doses de TPE em única aplicação quando os brotos atingiram 5 cm, no presente experimento testaram-se doses baixas em três aplicações sequenciais, quando os brotos estavam com 5 cm, aos 41 DAPD e aos 62 DAPA.

A alteração das propriedades dos frutos pelo efeito da carga de frutos por planta é conhecida em macieiras. Com a elevação do número de frutos por planta, há redução na MMF, FP, SS, na cor de epiderme e no teor de compostos fenólicos, enquanto que IA aumenta (STOPAR et al., 2002; SERRA et al., 2016).

Sendo assim, a alteração nos aspectos qualitativos dos frutos em resposta aos inibidores de GAs pode ser consequência da mudança na carga de frutos por planta. Porém, deve-se considerar também o efeito da alteração microclimática na copa provocada por PCa e TPE, pois a redução da elongação dos ramos facilita a penetração de luz solar no interior da copa, podendo resultar em grande alteração de temperatura na epiderme dos frutos (WOLF; FERGUNSON, 1990).

O aumento da exposição do frutos à radiação solar em consequência da redução do crescimento dos ramos pode desencadear alterações significativas, como aumento no teor de SS e maior FP no lado exposto (WOLF; FERGUNSON, 1990; OPARA et al., 1997). Além disso, frutos expostos à radiação solar tendem a aumentar os níveis de carotenoides e flavonoides, como por exemplo, cyanidin-3-galactoside, uma antocianina responsável pela coloração vermelha em maçãs (SAURE, 1990; MERZLYAK; CHIVKUNOVA, 2000).

No ciclo 2015/2016, foi observado o aumento na coloração dos frutos, principalmente em resposta a aplicação de PCa, que aumentou a frequência de frutos na classes com mais 75% da epiderme do fruto recoberta por cor vermelha (Tabela 20). Plantas tratadas com TPE não apresentaram alteração na taxa de recobrindo da epiderme.

Tabela 20 - Distribuição percentual de frutos de acordo com a coloração vermelha de recobrimento da epiderme em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS.

Tratamentos	Recobrimento da epiderme com cor vermelha (%)			
	< 25 [(1)]	≥ 25 a < 50 [(1)]	≥ 50 a < 75 [(1)]	≥ 75 [(1)]
Testemunha	4,8	13,8	35,3	46,0
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	5,8	15,2	29,3	49,6
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	6,7	17,6	33,8	41,9
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	2,0	10,4	32,9	54,6
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	4,3	7,9	38,6	49,2
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	3,8	10,1	23,8	62,3
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	2,4	13,0	31,6	52,9
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	1,7	9,7	24,8	63,8
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	5,4	9,7	25,3	59,5
Média	4,1	12,0	30,6	53,3
CV (%)	31,5	32,7	20,5	17,5
	Contraste linear			
TPE	4,7±2,2	12,8±7,0	33,7±9,2	48,8±12,5
PCa	3,3±2,0	10,6±7,5	26,4±8,8	59,6±14,8
TPE x PCa	ns	ns	ns	*
	Contrastes ortogonais polinomiais			
TPE				
Linear	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns
PCa				
Linear	ns	ns	ns	ns
Quadrática	*	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

[(1)] variável transformada pela equação $\text{arco.sen}\sqrt{x/100}$; Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 41 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 62 DAPA.

No ciclo 2016/2017, a frequência de frutos com maior área de epiderme recoberta por cor vermelha da epiderme reduziu drasticamente (Tabela 21). Enquanto no ciclo anterior em média cerca de 84% dos frutos apresentavam mais de 50% da área da epiderme recoberta por cor vermelha, este valor reduziu para cerca de 58% dos frutos no ciclo 2016/2017. Entre os tratamentos nenhuma diferença foi detectada.

Tabela 21 - Percentagem de frutos de acordo com a coloração vermelha de recobrimento da epiderme em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS.

Tratamentos	Recobrimento da epiderme com cor vermelha (%)			
	< 25 [1]	≥ 25 a < 50 [1]	≥ 50 a < 75 [1]	≥ 75 [1]
Testemunha	7,3	37,6	40,3	14,8
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	8,3	35,9	41,4	14,4
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	6,0	40,4	40,0	13,5
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	7,9	30,6	49,5	12,1
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	5,2	32,9	49,8	12,1
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	7,5	36,9	42,1	13,5
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	5,2	36,4	40,7	17,7
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	7,8	33,7	36,5	22,0
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	7,5	29,3	46,9	16,3
Média	7,0	34,9	43,0	15,1
CV (%)	26,4	25,5	19,8	10,5
	Contraste linear			
TPE	6,9±3,9	35,0±9,9	45,2±8,2	13,0±6,4
PCa	7,0±2,9	34,1±11,4	41,6±6,6	17,4±10,6
TPE x PCa	ns	ns	ns	ns
	Contrastes ortogonais polinomiais			
TPE				
Linear	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns
PCa				
Linear	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

[1] variável transformada pela equação $\text{arco.sen}\sqrt{x/100}$; Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 30 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 60 DAPA.

O aumento da frequência de frutos com mais de 75% da epiderme recoberta por cor vermelha, observado em tratamentos com PCa, no ciclo 2015/2016, também foi observado por Rufato et al. (2017) e da mesma forma que no presente experimento, os autores não verificaram efeito de TPE sobre o recobrimento da epiderme. O aumento na área de epiderme recoberta por cor vermelha em resposta à PCa também foi observado por Basak (2004), Medjdoub et al. (2005), Zadravec et al. (2008), Zaliha; Singh (2013). Já Hawerroth et al., (2012) também não observaram alteração do recobrimento de cor vermelha dos frutos por aplicações de PCa.

A diferença na frequência de frutos com epiderme recoberta por cor vermelha entre os dois ciclos foi expressiva e pode estar relacionada também a carga de frutos na planta.

Dentre os vários fatores influenciados pela alta carga de frutos, a redução da coloração de epiderme tem sido bem documentada. Altas cargas de frutos provocam redução do recobrimento de cor vermelha na epiderme dos frutos, depreciando sua aparência (STOPAR

et al., 2002; ROBINSON; WATKINS, 2003; SERRA et al., 2016). As alterações da cor de epiderme estão relacionadas com a redução do teor de compostos que conferem cor aos frutos, como as antocianinas, ao atraso no período de maturação, e também pela redução da penetração de luz solar em plantas com altas cargas de frutos (SERRA et al., 2016). Com a redução da incidência de radiação a formação de pigmentos que conferem cor vermelha na epiderme dos frutos é reduzida (STOPAR et al., 2002).

Assim, os tratamentos com PCa, que foram efetivos em reduzir o crescimento dos ramos, porém pouco influenciaram a carga de frutos, incrementaram a taxa de recobrimento de epiderme e melhoram a aparência dos frutos. Já o TPE reduziu o crescimento de ramos, o que causa aumento na penetração de luz no interior da copa, porém provocaram também grande aumento na carga de frutos e isso pode ter prejudicado a formação de compostos que aumentam a coloração dos frutos.

Embora a área de recobrimento de cor de epiderme tenha aumentado em resposta aos tratamentos no ciclo 2015/2016, as variáveis relativas as características da cor, como o brilho (L*), a pureza da cor (C*) e a tonalidade (h°), não foram afetadas pelos tratamentos no ciclo 2015/2016 (Tabela 22).

Tabela 22 - Atributos de cor (*L**, *C** e *h°*) na epiderme de frutos de macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS.

Tratamentos	Lado exposto			Lado sombreado		
	*L**	*C**	*h°*	*L**	*C**	*h°*
Testemunha	45,5	34,1	53,1	62,7	40,0	86,3
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	44,3	34,2	51,0	61,8	39,8	86,6
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	44,8	33,4	56,0	62,0	40,7	88,4
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	42,5	32,4	49,6	58,2	37,7	84,6
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	44,8	33,4	56,0	61,0	39,5	89,6
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	43,2	33,2	48,9	58,8	38,3	81,3
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	44,9	33,1	55,2	62,7	40,6	90,7
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	43,5	32,6	49,8	58,8	38,9	83,6
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	42,7	33,5	50,6	59,8	39,1	85,3
Média	44,0	33,3	52,2	60,7	39,4	86,3
CV (%)	5,3	3,0	11,8	4,0	4,3	7,2
			Contraste linear			
TPE	44,1	33,4	53,1	60,7	39,4	87,3
PCa	43,6	33,1	51,1	60,0	39,2	85,2
TPE x PCa	ns	ns	ns	ns	ns	ns
			Contrastes ortogonais polinomiais			
TPE						
Linear	ns	*	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns	ns	ns
PCa						
Linear	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 41 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 62 DAPA.

Da mesma forma, no ciclo 2016/2017 também não foram observadas diferenças significativas na coloração dos frutos (Tabela 23).

Tabela 23 - Atributos de cor (*L*, *C* e *h*°) na epiderme de frutos de macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS.

Tratamentos	Lado exposto			Lado sombreado		
	*L**	*C**	*h*°	*L**	*C**	*h*°
Testemunha	50,6	29,3	56,3	64,2	33,0	89,3
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	51,0	29,0	56,4	66,7	35,0	96,7
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	50,4	29,2	55,3	63,5	33,9	90,9
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	50,2	28,6	54,4	64,4	34,0	92,6
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	49,3	29,5	53,5	65,0	34,7	93,7
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	51,6	28,7	59,8	66,4	33,9	95,7
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	51,0	28,9	57,9	64,1	33,0	92,4
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	49,8	28,3	56,2	65,4	33,9	94,8
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	49,0	28,4	53,1	66,6	34,0	97,1
Média	50,3	28,9	55,9	65,1	33,9	93,7
CV (%)	3,4	3,3	11,2	3,1	3,4	5,4
			Contraste linear			
TPE	50,2	29,1	54,9	64,9	34,4	93,5
PCa	50,4	28,6	56,7	65,6	33,7	95,0
TPE x PCa	ns	ns	ns	ns	ns	ns
			Contrastes ortogonais polinomiais			
TPE						
Linear	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns	ns	ns
PCa						
Linear	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.
Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 30 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 60 DAPA.

A alteração dos parâmetros de cor L*, C* e Hue pode ocorrer em resposta a aplicação de inibidores de GAs. Em resposta à aplicação de PCa têm sido observada uma tendência de redução de L*, C* e Hue, porém geralmente em doses maiores que 125 mg L^{-1} (MATA et al., 2006; MEDJDOUB et al., 2005; ÇETINBAŞ et al., 2015). Já Silveira et al. (2014) observaram redução de L* apenas no lado sombreado do fruto.

A redução dos valores indica redução no brilho, da intensidade de cor e aumento da coloração vermelha. Contudo, no presente trabalho não houve alteração significativa nas características de coloração dos frutos em nenhum dos ciclos avaliados.

4.3.5 Análise mineral dos frutos

A composição mineral está relacionada com a qualidade dos frutos na fase de pós-colheita, principalmente em função da possibilidade de ocorrência de distúrbios fisiológicos. A maioria dos distúrbios fisiológicos nos frutos estão relacionados com aspectos nutricionais, principalmente com baixos teores de Ca (MIQUELOTO, 2011). O principal fator predisponente para o desenvolvimento do 'bitter pit' é o baixo teor de Ca nos frutos, assim como a relação deste nutriente com magnésio (Mg), potássio (K) e nitrogênio (N) nos frutos (AMARANTE et al., 2005; AMARANTE et al., 2006a).

No ciclo 2015/2016, os teores minerais de N, P, K, Ca e Mg não sofreram alteração significativa em resposta à aplicação de TPE ou PCa (Tabela 24).

Tabela 24 - Teores minerais de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na polpa fresca de maçãs 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg
			mg Kg^{-1}		
Testemunha	386,89	147,27	1181,48	27,43	37,89
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	342,82	140,75	1142,79	25,01	35,16
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	369,78	152,20	1255,93	23,66	37,02
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	350,02	146,34	1290,80	22,79	37,58
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	346,03	143,12	1117,76	24,69	34,79
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	345,20	140,49	1097,63	21,81	32,64
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	367,92	140,75	1277,62	25,98	38,59
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	346,98	141,21	1122,99	25,84	36,20
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	351,25	144,27	1239,73	23,33	35,27
Média	356,32	144,04	1191,86	24,50	36,13
CV (%)	14,5	8,7	10,8	10,9	13,8
			Contraste linear		
TPE	352,16	145,60	1201,82	24,043,1	36,14
PCa	352,84	141,68	1184,49	24,242,9	35,68
TPE + PCa	ns	ns	ns	ns	ns
			Contrastes ortogonais polinomiais		
TPE					
Linear	ns	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns	ns
PCa					
Linear	ns	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 41 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 62 DAPA.

No ciclo 2016/2017, os teores minerais de N, P, K, Ca e Mg também não sofreram alteração significativa em resposta à aplicação de TPE ou PCa (Tabela 25).

Tabela 25 - Teores minerais de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na polpa fresca de maçãs 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg
			mg Kg^{-1}		
Testemunha	268,27	99,57	743,19	29,43	30,62
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	264,71	110,61	835,93	28,01	33,46
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	324,55	101,76	766,69	31,78	31,01
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	279,76	101,18	786,67	29,55	32,16
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	316,77	112,66	813,24	28,45	31,81
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	315,64	103,06	764,76	33,43	31,39
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	307,98	101,25	736,82	29,99	29,48
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	327,67	101,39	730,25	28,04	32,33
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	260,70	99,16	745,42	25,92	29,47
Média	296,23	103,41	769,22	29,40	31,30
CV (%)	13,1	5,7	13,4	13,6	12,7
			Contraste linear		
TPE	296,45	106,56	800,63	29,45	32,11
PCa	303,00	101,21	744,31	29,35	30,67
TPE + PCa	ns	ns	ns	ns	ns
			Contrastes ortogonais polinomiais		
TPE					
Linear	ns	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns	ns
PCa					
Linear	ns	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 30 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 60 DAPA.

Para a região Sul do Brasil, adotou-se como nível crítico de Ca nos frutos o teor de 40 mg kg^{-1} de massa fresca, dessa forma, abaixo desse nível os riscos tanto de comprometimento da qualidade quanto de ocorrência de distúrbios fisiológicos pós-colheita em maçãs são aumentados (ARGENTA; SUZUKI, 1994; AMARANTE et al., 2012).

Amarante et al. (2006a), não verificaram 'bitter pit' em frutos de maçãs 'Catarina' com concentrações de Ca na polpa fresca maiores que 32 mg kg^{-1}. Em maçãs 'Gala', os frutos com teores médios de 38,8 mg kg^{-1} de Ca não exibiram 'bitter pit', enquanto que sintomas leves foram observados com teores de 29,5 mg kg^{-1} (AMARANTE et al., 2006). Já em 'Fuji', os teores de Ca na polpa não foram associados com a incidência de 'bitter pit', apenas os teores de Ca na polpa.

No presente trabalho, em 2015/2016, verificou-se que TPE e PCa proporcionaram redução dos teores de Ca na polpa em relação à testemunha (Tabela 24). Considerando o valor crítico de 40 mg kg^{-1} de Ca na polpa, os frutos da cultivar 'Fuji Kiku' cultivadas a

pleno sol e tratadas com TPE e com PCa apresentaram teores médios de Ca inferiores ao recomendado, nos ciclos 2015/2016 e 2016/2017 (Tabelas 24 e 25).

Frutos com teores muito altos de N apresentam baixo potencial de conservação durante o armazenamento refrigerado, maior risco de ocorrência de podridões e distúrbios fisiológicos (NEILSEN; NEILSEN, 2009). De acordo com Amarante et al. (2010), as maçãs com teores de N superiores a 500 mg kg^{-1} apresentam maiores riscos de ocorrência do distúrbio fisiológico 'bitter pit'. Dessa forma, os valores de N verificados para todos os tratamentos testados foram inferiores a 500 mg kg^{-1}, sendo adequados para a preservação da qualidade pós-colheita de maçãs 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol (Tabelas 24 e 25). Verificou-se que tanto no ciclo 2015/2016 quanto no ciclo 2016/2017, o contraste linear e os contrastes ortogonais polinomiais não foram significativos (Tabela 24 e 25).

De acordo com Terblanche (1981), o valor crítico de Mg para preservar a qualidade pós-colheita de maçãs é de 40 mg kg^{-1}, sendo que maçãs com teores superiores a esse apresentam maiores riscos de ocorrência do distúrbio fisiológico 'bitter pit'. Assim, levando em consideração essa indicação, verificou-se que para ambos os ciclos avaliados, os tratamentos com aplicação de TPE e PCa apresentaram valores abaixo do considerado crítico. Verificou-se ainda, que os contrastes estudados não foram significativos em nenhum dos ciclos avaliados (Tabelas 24 e 25).

Com relação aos teores de K na polpa fresca, estes necessitam ser menores que 950 mg kg^{-1} para minimizar a incidência de 'bitter pit' em maçãs (TERBLANCHE, 1981). Ademais, para Neuwald et al. (2008), elevados teores de K em maçãs tem sido associados com a degenerescência de polpa. Entretanto, no presente estudo verificou-se que no ciclo 2015/2016 todos os tratamentos apresentaram, em média, teores de K maiores do que os recomendados, indicando alto risco de ocorrência de 'bitter pit' (Tabela 24). No ciclo 2016/2017, houve um comportamento diferenciado, sendo que os teores de K de todos os tratamentos foram inferiores ao valor crítico de 950 mg kg^{-1} (Tabela 25). Possivelmente, isso esteja relacionado à elevada carga de frutos neste ciclo.

Segundo Freitas et al. (2010) o K e o Mg competem pelos sítios de ligação do Ca na membrana plasmática, mas não desempenham a mesma função deste na preservação da integridade da mesma.

Com relação aos teores de P, o mínimo crítico é 100 mg kg^{-1}, sendo que abaixo desse valor, há risco de baixa preservação da qualidade pós-colheita (NEILSEN et al., 2008). No presente trabalho todos os tratamentos apresentaram teores médios de P superiores a 140 mg

kg^{-1} no ciclo 2015/2016 (Tabela 24). No ciclo seguinte, os teores de P foram superiores a 99 mg kg^{-1} (Tabela 25).

Além dos teores absolutos dos nutrientes, a relação de teor entre eles também apresenta grande importância. Não houve diferenças significativa nas relações N/Ca, K/Ca e K+Mg/Ca em função dos tratamentos (Tabela 26). Porém, o aumento das doses de TPE causaram aumento nas relações K/Ca e K+Mg/Ca até a dose de 330 mg L^{-1} (3x).

Tabela 26 - Valores das relações nitrogênio/cálcio (N/Ca), potássio/cálcio (K/Ca) e potássio e magnésio/cálcio (K+Mg/Ca) na polpa fresca de maçãs 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS.

Tratamentos	N/Ca	K/Ca	K+Mg/Ca
Testemunha	14,08	43,12	44,50
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	13,74	45,95	47,35
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	16,06	54,71	56,32
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	15,54	58,19	59,86
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	14,23	46,12	47,56
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	16,11	50,55	52,05
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	14,20	49,33	50,82
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	13,59	44,54	45,96
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	15,33	53,77	55,29
Média	14,76	49,58	51,08
CV (%)	19,6	15,4	15,2
		Contraste linear	
TPE	14,89±2,6	51,24±12,1	52,77±12,5
PCa	14,81±2,9	49,54±6,5	51,03±6,6
TPE x PCa	ns	ns	ns
		Contrastes ortogonais polinomiais	
TPE			
Linear	ns	ns	ns
Quadrática	ns	*	*
PCa			
Linear	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.
Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 41 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 62 DAPA.

Já no ciclo 2016/2017 também houve resposta quadrática em resposta às doses de TPE (Tabela 27). Porém, neste ciclo as relações K/Ca e K+Mg/Ca reduziram, atingindo os valores mais baixos na dose 220 mg L^{-1} (3x) de TPE.

Tabela 27 - Valores das relações nitrogênio/cálcio (N/Ca), potássio/cálcio (K/Ca) e potássio e magnésio/cálcio (K+Mg/Ca) na polpa fresca de maçãs 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS.

Tratamentos	N/Ca	K/Ca	K+Mg/Ca
Testemunha	9,14	25,26	26,30
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	9,70	30,97	32,21
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	10,42	24,93	25,92
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	9,68	26,84	27,93
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	11,40	29,46	30,61
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	9,64	23,61	24,56
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	10,37	24,64	25,63
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	11,91	26,48	27,64
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	10,18	28,96	30,10
Média	10,27	26,79	27,88
CV (%)	17,1	21,3	21,4
		Contraste linear	
TPE	10,30±2,3	28,05±7,5	29,17±7,7
PCa	10,53±1,9	25,92±3,7	26,98±3,8
TPE x PCa	ns	ns	ns
		Contrastes ortogonais polinomiais	
TPE			
Linear	ns	ns	ns
Quadrática	ns	*	*
PCa			
Linear	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.
Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 30 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 60 DAPA.

Os valores da relação N/Ca superiores a 14 apresentam maiores riscos de ocorrência de 'bitter pit' (AMARANTE et al., 2010; 2012). No presente estudo, verificou-se que no ciclo 2015/2016, com exceção de TPE 110 mg L^{-1} (3x) e PCa 330 mg L^{-1} (3x), todos os demais tratamentos apresentaram relação N/Ca superior a 14, apresentando, de acordo com o valor de referência, maior suscetibilidade ao 'bitter pit' (Tabela 26). Por outro lado, no ciclo seguinte todos os tratamentos apresentaram relação N/Ca média menor que 14 (Tabela 27). Além disso, os contrastes realizados não foram significativos (Tabela 27).

Segundo Silveira et al. (2012), a relação N/Ca foi reduzida com o tratamento de PCa (319 mg L^{-1}, no momento em que as brotações estavam com 5-10 cm de comprimento e 20 dias depois) em maçãs da cultivar Fuji em relação ao tratamento controle (pulverizado com água).

Stüpp et al. (2015) pesquisando o manejo convencional e orgânico sobre a composição mineral de maçãs verificaram que 'Fuji', em ambos os sistemas de manejo e 'Royal Gala' no sistema orgânico, tiveram relação K/Ca > 25, evidenciando maior

probabilidade de ocorrência de distúrbios fisiológicos relacionados à deficiência de Ca em pós-colheita. No presente trabalho verificou-se que no ciclo 2015/2016 os valores da relação K/Ca tanto de TPE quanto de PCa ficaram acima de 25, demonstrando maior probabilidade de ocorrência de distúrbios (Tabela 26). Já no ciclo 2016/2017, apenas TPE 220 mg L^{-1} (3x), PCa 110 mg L^{-1} (3x) e PCa 220 mg L^{-1} (3x) tiveram relação K/Ca menor de 25 (Tabela 27). Em relação aos contrastes ortogonais polinomiais, verificou-se comportamento quadrático para TPE em ambos os ciclos (Tabelas 26 e 27). Silveira et al. (2012) verificou que a aplicação de PCa (319 mg L^{-1}, quando as brotações do ano estavam com 5-10 cm de comprimento e repetidas depois de 20 dias) reduziu a relação K/Ca em maçãs da cultivar Catarina em relação ao tratamento controle.

Segundo Amarante et al. (2012), em maçãs, o valor crítico que pode causar o comprometimento da qualidade pós-colheita na relação K+Mg/Ca é superior a 30. Ademais, segundo Amarante et al. (2006b), em frutos de maçãs 'Gala' com relação K+Mg/Ca, na polpa, igual ou superior a 32,8 apresentaram o distúrbio fisiológico 'bitter pit'. Sendo assim, todos os tratamentos testados no ciclo 2015/2016 apresentaram relação média K+Mg/Ca superior a 40 (Tabela 26). Em 2016/2017, apenas os tratamentos TPE 110 mg L^{-1} (3x) e TPE 440 mg L^{-1} (3x) e PCa 440 mg L^{-1} (3x) tiveram relação média K+Mg/Ca superior a 30 (Tabela 27). Para TPE, tanto no ciclo 2015/2016 quanto no ciclo 2016/2017, houve comportamento quadrático para a relação K+Mg/Ca (Tabelas 26 e 27). Segundo Silveira et al. (2012), os valores médios dos atributos minerais de 'Fuji' e 'Catarina' demonstraram que a aplicação de proporcionou menor relação K+Mg/Ca na casca dos frutos em relação ao tratamento controle.

Além da deficiência de Ca, o desenvolvimento do distúrbio fisiológico 'bitter pit' está relacionado com elevados teores de outros nutrientes nos frutos, principalmente Mg, K e N (FERGUSON; WATKINS, 1989; ARGENTA; SUZUKI, 1994; NACHTIGALL; FREIRE, 1998; AMARANTE et al., 2006a). Ainda, diversos autores citam que as altas relações de K/Ca, K+Mg/Ca e N/Ca resultam em frutos com maior susceptibilidade a esse distúrbio (NACHTIGALL; FREIRE, 1998; AMARANTE et al., 2006a). Em maçãs 'Fuji' e 'Catarina', Miqueloto (2011) verificou que frutos com 'bitter pit' apresentaram baixos teores de Ca e elevados teores de N e das relações K/Ca, N/Ca, K+Mg/Ca e K+Mg+N/Ca no tecido da polpa. Do mesmo modo, em maçãs 'Gala', Amarante et al. (2006b) constataram que os frutos com sintomas de 'bitter pit' apresentaram maiores valores das relações K/Ca, Mg/Ca, N/Ca, K+Mg/Ca e K+Mg+N/Ca na casca e na polpa.

4.3.6 Análises pós-colheita

Após o período de armazenamento refrigerado por 120 dias foram observadas alterações pontuais nas propriedades físico-químicas dos frutos. Em AT os valores foram inferiores nos frutos oriundos de plantas tratadas com TPE ou PCa em comparação com a testemunha (Tabela 28). Para os dois produtos, o aumento de doses causou redução linear de AT. As variáveis FP e SS não foram afetadas.

Tabela 28 - Firmeza de polpa (FP), sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT) de frutos de macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapac-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2015/2016, após o período de armazenamento em atmosfera refrigerada (AR) a 0,5±1ºC e umidade relativa (UR) 90±5%, por um período de 120 dias. Vacaria, RS.

Tratamentos	FP (N)	SS (° brix)	AT (%)
Testemunha	65,8	14,2	0,326
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	64,1	13,8	0,316
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	64,7	13,7	0,277
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	70,7	14,1	0,225
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	66,0	14,0	0,242
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	63,8	13,8	0,297
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	67,1	14,2	0,282
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	65,8	14,5	0,267
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	67,3	14,1	0,252
Média	66,1	14,0	0,276
CV (%)	5,6	3,9	9,4
		Contraste linear	
TPE	66,4±4,8	13,9±0,50	0,265±0,05
PCa	66,0±3,1	14,1±0,54	0,275±0,03
TPE x PCa	ns	ns	ns
		Contrastes ortogonais polinomiais	
TPE			
Linear	ns	ns	**
Quadrática	ns	ns	ns
PCa			
Linear	ns	ns	**
Quadrática	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 41 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 62 DAPA.

Após o período de armazenamento refrigerado mais 7 dias a 20ºC nenhuma diferença foi observada para FP, SS e AT (Tabela 29). Apenas para TPE, o aumento de doses apresentou uma tendência de aumento de FP e redução de AT, porém não foi suficiente para diferir significativamente da testemunha.

Tabela 29 - Firmeza de polpa (FP), sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT) de frutos de macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapac-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2015/2016, após o período de armazenamento em atmosfera refrigerada (AR) a 0,5±1ºC e umidade relativa (UR) 90±5%, por um período de 120 dias mais sete dias de exposição a temperatura de 20ºC.

Tratamentos	FP (N)	SS (%)	AT (%)
Testemunha	60,9	14,0	0,272
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	59,0	14,1	0,301
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	59,7	13,8	0,265
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	64,8	14,1	0,233
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	63,2	14,2	0,226
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	59,9	13,8	0,278
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	62,5	14,1	0,266
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	62,3	14,3	0,250
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	62,2	13,5	0,273
Média	61,6	14,0	0,263
CV (%)	3,8	3,8	10,3
		Contraste linear	
TPE	61,7±3,3	14,0±0,56	0,256±0,04
PCa	61,7±2,4	13,9±0,54	0,267±0,03
TPE x PCa	ns	ns	ns
		Contrastes ortogonais polinomiais	
TPE			
Linear	*	ns	**
Quadrática	ns	ns	ns
PCa			
Linear	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 41 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 62 DAPA.

Silveira et al. (2014) que verificaram que macieiras 'Catarina' pulverizadas com PCa (319 g i.a ha^{-1}) apresentaram frutos com maior FP após quatro meses de armazenamento em câmara fria convencional mais sete dias em temperatura ambiente para simulação do período de comercialização. Porém, nenhuma alteração foi verificada em SS e AT. Greene (1999) também constatou que macieiras 'McIntosh' tratadas com PCa apresentaram frutos com maior FP após o armazenamento (cinco meses de armazenamento a 0ºC).

No presente experimento os valores médios de FP foram levemente superiores à testemunha, mas não suficientes para diferir significativamente. Para o TPE, houve aumento na firmeza de polpa à medida que a dose foi aumentada.

A incidência de 'bitter pit' e o índice de 'bitter pit' não apresentaram diferença significativa para o contraste TPE x PCa (Tabela 30). Porém, ao contrário do esperado, PCa aumentou a incidência de 'bitter pit' e o índice de 'bitter pit' à medida em que foi aumentada a dose.

Tabela 30 - Incidência de ‘bitter pit’ (%) e índice de ‘bitter pit’ (%) em frutos de macieiras ‘Fuji Kiku’ cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapac-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2015/2016, após o período de armazenamento em atmosfera refrigerada (AR) a 0,5±1ºC e umidade relativa (UR) 90±5%, por um período de 120 dias. Vacaria, RS.

Tratamentos	Incidência de ‘Bitter pit’ (%)	Índice de ‘Bitter pit’ (%)
Testemunha	0,278	0,017
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	0,623	0,037
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	0,528	0,023
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	0,000	0,000
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	0,524	0,021
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	0,000	0,000
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	0,882	0,032
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	0,869	0,047
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	2,517	0,099
Média	0,691	0,031
CV (%)	80,1	82,3
	Contraste linear	
TPE	0,419±0,57	0,020±0,03
PCa	1,067±1,39	0,044±0,05
TPE x PCa	ns	ns
	Contrastes ortogonais polinomiais	
TPE		
Linear	ns	ns
Quadrática	ns	ns
PCa		
Linear	**	**
Quadrática	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 41 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 62 DAPA.

Segundo diversos autores, o distúrbio fisiológico ‘bitter pit’ está associado ao baixo teor de Ca e elevados teores de Mg, K e N nos frutos (FERGUSON; WATKINS, 1989; AMARANTE et al., 2006; AMARANTE et al., 2011). De acordo com Freitas et al. (2010), o Mg e o K competem com o Ca pelos mesmos sítios de ligação na membrana plasmática, porém estes não apresentam função como a do Ca na manutenção da integridade da membrana plasmática. No presente trabalho, na remoção do armazenamento, o tratamento PCa 440 mg L^{-1} (3x) (Tabela 30) apresentou maior incidência e índice de ‘bitter pit’, possivelmente, em função do baixo teor de Ca, alto teor de K, além das elevadas relações de N/Ca, K/Ca e K+Mg/Ca na polpa de maçãs ‘Fuji Kiku’ cultivadas a pleno sol (Tabelas 24 e 26).

Esse resultado difere do Medjdoub (2003), que constatou que em macieiras ‘Golden Smoothee’/M.9 tratadas com PCa e armazenadas a 4ºC por 3 meses tiveram redução na incidência de ‘bitter pit’ nas doses de 200 e 400 mg L^{-1}, comparado com a

testemunha. Silveira (2015), trabalhando com PCa 165, 330 e 495 mg L^{-1}, com cada dose dividida em três aplicações em macieiras, verificou que o aumento nas doses desse regulador de crescimento reduziu linearmente a incidência de 'bitter pit' nos frutos da cultivar 'Fuji'/Marubakaido/M.9, após o período de armazenamento de em câmara fria convencional, por quatro meses, mais cinco dias de comercialização simulada. Silveira et al. (2012) verificaram também que, após a armazenagem, a incidência de 'bitter pit' em 'Fuji' e 'Catarina' foi significativamente menor no tratamento com PCa em comparação ao tratamento controle. De acordo com os autores, considerando a média das duas cultivares, houve redução de 14% na incidência e 40% no índice de 'bitter pit' no tratamento com PCa em relação ao controle. O PCa pode ser uma nova alternativa no controle de 'bitter pit', em função da redução no índice do distúrbio pelo uso desse fitorregulador (SILVEIRA, 2011).

Ainda, existem relatos na literatura da redução de 'bitter pit' com a aplicação de outros reguladores de crescimento. Segundo Greene (1991), a aplicação de paclobutrazol em macieiras 'Gardiner Delicious'/MM.106 aumentou a vida de armazenamento dos frutos uma vez que reduziu a incidência de 'bitter pit' bem como de outros distúrbios fisiológicos.

Em relação a percentagem de podridões na remoção dos frutos do armazenamento refrigerado, frutos de plantas tratadas com TPE e PCa apresentaram menor incidência que a testemunha (Tabela 31). Este efeito ocorreu principalmente em resposta ao TPE, onde o aumento na dose provocou efeito quadrático na incidência de podridões, com os menores valores observados nas doses 110 mg L^{-1} (3x) e 330 mg L^{-1} (3x). Já após 7 dias a 20ºC não houve diferença entre os tratamentos testados para esse atributo (Tabela 31).

Tabela 31 - Incidência de podridões (%) em frutos de macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas a pleno sol e tratadas com trinexapac-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2015/2016, após o período de armazenamento em atmosfera refrigerada (AR) a 0,5±1ºC e umidade relativa (UR) 90±5%, por um período de 120 dias. Vacaria, RS.

Tratamentos	Podridões (%)	
	120 dias a 0,5°C e UR 90%	120 dias a 0,5°C e UR 90% + 7 dias a 20°C
Testemunha	17,6	16,7
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	7,6	19,4
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	11,8	19,6
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	9,4	16,1
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	13,3	14,2
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	10,5	15,8
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	13,8	17,7
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	11,7	10,2
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	11,4	17,2
Média	11,9	16,3
CV (%)	17,2	22,8
	Contraste linear	
TPE	10,5±4,00	17,3±6,81
PCa	11,8±3,76	15,2±7,23
TPE x PCa	ns	ns
	Contrastes ortogonais polinomiais	
TPE		
Linear	ns	ns
Quadrática	**	ns
PCa		
Linear	ns	ns
Quadrática	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.
Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 41 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 62 DAPA.

Em macieiras 'Braeburn' tratadas com PCa (300 mg L^{-1} após a floração, em seis aplicações), Silveira (2015) verificou que a porcentagem de podridões nos frutos foi semelhante entre PCa e o tratamento controle após dois meses de armazenamento e mais cinco dias de exposição ambiente. Da mesma forma, em outro experimento, Silveira (2015) constatou que maçãs das cultivares 'Fuji'/Marubakaido/M.9 e 'Gala'/Marubakaido/M.9 que foram colhidas de plantas pulverizadas com PCa 165, 330 e 495 mg L^{-1}, com cada dose dividida em três aplicações, não diferiram do tratamento controle em relação à incidência de frutos com podridões, após o armazenamento em câmara fria convencional, por quatro meses e mais cinco dias de comercialização simulada.

Desta forma, embora TPE e PCa aumentem a distribuição de luz dentro do dossel, o que poderia aumentar a eficiência de pulverização e reduzir o período de molhamento em frutos e folhas, os quais poderiam ser fatores importantes para a redução da incidência de

doenças, não foram verificados efeitos significativos dos produtos sobre a incidência de podridões no momento de comercialização dos frutos.

4.4 CONCLUSÕES

Proexadiona cálcica e trinexapaque-etílico em três aplicações, controlam de forma eficiente o crescimento de ramos em macieiras 'Fuji Kiku' enxertadas sobre Marubakaido/M9, porém a magnitude do efeito é variável em função da carga de frutos.

Proexadiona cálcica no programa de aplicação empregado não tem efeito sobre a carga de frutos, porém aumenta a área de fruto recoberta por cor vermelha.

Os aspectos qualitativos dos frutos podem ser afetados pela aplicação dos inibidores de giberelinas, porém, aparentemente, como consequência da alteração na carga de frutos na planta.

Proexadiona cálcica e trinexapaque-etílico não alteram a incidência de podridões após 120 dias armazenamento refrigerado.

5 CAPÍTULO II: USO DE TRINEXAPAQUE-ETÍLICO E PROEXADIONA CÁLCICA NO CONTROLE DO DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO, E SEUS IMPACTOS NA PRODUÇÃO E QUALIDADE DE FRUTOS EM MACIEIRAS 'FUJI KIKU' CULTIVADAS SOB TELA ANTIGRANIZO

5.1 INTRODUÇÃO

No Rio Grande do Sul, a macieira 'Fuji' e seus clones é a segunda cultivar mais plantada, com cerca de 23,6% do total (AGAPOMI, 2018). Esta cultivar apresenta excelente qualidade organoléptica dos frutos, suportando ainda longos períodos de armazenamento refrigerado (FIORAVANÇO et al., 2010).

As plantas do grupo 'Fuji' caracterizam-se pelo alto vigor, boa precocidade de produção, porém a produção acumulada ao longo dos ciclos é geralmente menor que de 'Gala', a principal cultivar no Brasil, devido à alta alternância de produção (FIORAVANÇO, 2015).

Plantas de 'Fuji' necessitam de 600 a 800 horas abaixo de 7,2ºC para a superação da dormência (FIORAVANÇO et al., 2010). Porém, nos locais de maior cultivo de maçãs no Rio Grande do Sul, como na região de Vacaria, tal acumulado de frio não ocorre mesmo nos melhores anos (CARDODO et al., 2015). Isso ocasiona menor taxa de brotação de gemas e formação de um número menor de ramos, porém com maior comprimento (MARCHI et al., 2017). Outro aspecto é que as condições climáticas do sul do Brasil favorecem o longo período de desenvolvimento vegetativo (HAWERROTH; PETRI, 2014). Como consequência, o crescimento de ramos se torna demasiado, principalmente quando associado a fatores como porta-enxertos vigorosos e baixas carga de frutos (EVANS et al., 1999).

O excesso de crescimento vegetativo prejudica a formação de gemas floríferas, a frutificação efetiva, a qualidade dos frutos, aumenta a incidência de distúrbios fisiológicos, dificulta o manejo de pragas e pode prejudicar a conservação dos frutos em pós-colheita (GREENE, 2007; PETRACEK et al., 2003; BUBÁN et al., 2004; PRIVÉ et al., 2006; SHARMA et al., 2009).

O controle de vigor ocorre principalmente pelo uso de porta-enxertos ananizantes, pela poda verde, pela regulação da carga de frutos, controle de irrigação e fertilização (MILLER, TWORKOSKI, 2003; BASAK, 2004; RADEMACHER et al., 2004). Entretanto, essas práticas podem ser insuficientes para conter o crescimento vegetativo em algumas condições, por exemplo em ciclos com baixa carga de frutos. Nestes casos, a alternativa é o uso de reguladores de crescimento, como os inibidores de giberelina (GAs) chlormequat,

daminozide, etefom, paclobutrazol (PBZ), proexadiona cálcica (PCa) e trinexapaque-etílico (TPE) (SHARMA et al., 2009; PETRI et al., 2016).

Os inibidores GAs têm sido utilizados com eficiência para o controle do crescimento dos ramos em macieiras (RADEMACHER et al., 2014). PCa e TPE em suas formas ativas bloqueiam a ação das enzimas dioxigenases (GA20-oxidase e GA3-oxidase), impedindo a biossíntese de GAs ativas e de etileno, e alterando o padrão de flavonoides (HECKMAN et al., 2002; DAVIES, 2004; RADEMACHER et al., 2006). Com a redução da atividade de GAs o elongamento dos ramos se torna menor, a incidência de luz no interior da copa é maior, e reduz a necessidade de intervenções através da poda. Outra vantagem é que PCa e TPE provocam efeito pouco persistente, permitindo controlar o crescimento em períodos específicos (RADEMACHER et al., 2000).

No sul do Brasil ocorrem frequentes precipitações de granizo, que ao acometerem os frutos causam sérias deformações, aumentando a incidência de pragas e inviabilizando a comercialização dos frutos (LEITE et al., 2002). Como alternativa, têm-se empregado o uso de telas antigranizo sob os pomares de macieiras para evitar os riscos de perdas. A utilização desse sistema necessita de um manejo diferenciado, já que as condições de microclima são afetadas, como a redução da radiação solar, o que por consequência favorece o crescimento dos ramos para aumentar a captação de luz (HAWERROTH et al., 2017). Porém, faltam ainda muitos estudos para nortear o manejo de macieiras em pomares cultivados sob tela.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar os inibidores da biossíntese de giberelinas PCa e TPE, no controle do desenvolvimento vegetativo e na qualidade de frutos em macieiras ‘Fuji Kiku’ cobertas com tela antigranizo, nas condições edafoclimáticas de Vacaria, RS.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

O material e métodos foi realizado conforme descrito no tópico 3.1

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.3.1 Crescimento vegetativo de ramos

No patamar inferior, no ciclo 2015/2016, a aplicação dos inibidores de GAs aumentou a proporção de ramos com menor comprimento (< 20 cm), porém o contraste entre TPE e PCa não foi significativo em nenhumas das classes de comprimento de ramos da macieira ‘Fuji

Kiku', cultivada sob tela (Tabela 34). Para TPE, o aumento na dose causou aumento linear na frequência de ramos na classe < 20 cm e redução na classe ≥ 60 cm. Não houve diferença entre doses de PCa.

Tabela 32 - Distribuição percentual dos ramos por classes de comprimento, avaliados no patamar inferior da planta, em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS.

Tratamentos	< 20 cm [(1)]	≥ 20 e < 40 cm [(1)]	≥ 40 e < 60 cm [(1)]	≥ 60 cm [(1)]
Testemunha	35,9	46,6	10,4	7,1
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	38,3	42,2	11,0	8,4
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	40,3	47,4	9,6	2,6
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	59,6	33,2	5,1	2,1
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	49,0	42,5	6,7	1,9
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	49,9	39,4	8,2	2,6
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	41,3	41,8	11,1	5,8
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	51,6	33,8	7,1	7,5
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	53,4	30,8	13,0	2,8
Média	46,6	39,7	9,1	4,5
CV (%)	15,4	16,8	41,2	66,3
		Contraste linear		
TPE	46,8±9,6	41,3±5,1	8,1±5,2	3,8±2,3
PCa	49,0±12,7	36,4±13,4	9,8±6,3	4,7±4,5
TPE x PCa	ns	ns	ns	ns
		Contrastes ortogonais polinomiais		
TPE				
Linear	**	ns	ns	*
Quadrática	ns	ns	ns	ns
PCa				
Linear	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

[(1)] variável transformada pela equação $\text{arco.sen}\sqrt{x/100}$; Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 41 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 61 DAPA.

No patamar mediano da planta, tanto TPE quanto PCa, na média das doses, exibiram valores semelhantes à testemunha para a frequência de ramos nas diferentes classes de comprimento (Tabela 35). Uma exceção foi a frequência de ramos com mais de 60 cm de comprimento, que foi menor em plantas que receberam PCa ou TPE.

Entre as doses de TPE, o aumento causou redução linear na frequência de ramos com mais de 60 cm de comprimento. A frequência de ramos com menos de 20 cm de comprimento também aumentou com o aumento da dose de TPE, com os maiores valores observados na dose 440 mg L^{-1} (3x). Em relação à PCa, doses acima de 110 mg L^{-1} (3x) foram menos efetivas em reduzir o crescimento dos ramos. O contraste TPE x PCa não foi significativo.

Tabela 33 - Distribuição percentual dos ramos por classes de comprimento, avaliados no patamar mediano da planta, em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS.

Tratamentos	< 20 cm [(1)]	≥ 20 e < 40 cm [(1)]	≥ 40 e < 60 cm [(1)]	≥ 60 cm [(1)]
Testemunha	52,1	32,3	8,6	6,9
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	45,1	35,2	16,0	3,7
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	17,0	61,3	18,2	3,5
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	55,1	36,4	6,4	2,1
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	64,4	28,2	7,4	0,0
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	59,4	36,7	1,9	1,9
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	56,4	20,9	17,3	5,4
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	51,0	38,4	9,6	1,0
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	32,4	48,1	16,0	3,5
Média	48,1	37,5	11,3	3,1
CV (%)	19,6	19,9	45,1	79,5
		Contraste linear		
TPE	45,4±23	40,3±17,5	12,0±7,8	2,3±1,7
PCa	49,8±15,6	36,0±10,5	11,2±7,8	3,0±3,6
TPE x PCa	ns	ns	ns	ns
		Contrastes ortogonais polinomiais		
TPE				
Linear	ns	ns	ns	**
Quadrática	**	**	ns	ns
PCa				
Linear	*	ns	*	ns
Quadrática	ns	*	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

[(1)] variável transformada pela equação $\text{arco.sen}\sqrt{x/100}$; Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 41 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 61 DAPA.

No patamar superior, a testemunha apresentou menor crescimento vegetativo, com alta frequência de ramos nas classes < 20 cm e ≥ 20 e < 40 cm (Tabela 36). Os tratamentos com os inibidores de GAs não foram efetivos em reduzir o crescimento de ramos neste patamar.

Com relação à comparação entre TPE e PCa houve diferença apenas para a frequência de ramos com mais de 60 cm de comprimento, onde PCa foi mais eficiente em reduzir a frequência. Entre as doses de TPE, o aumento causou comportamento quadrático da frequência de ramos na classe ≥ 40 e < 60 cm , onde as doses 110 mg L^{-1} (3x) e 220 mg L^{-1} (3x) apresentaram alta frequência de ramos nesta classe enquanto que as doses maiores causaram redução.

Tabela 34 - Distribuição percentual dos ramos por classes de comprimento, avaliados no patamar superior do dossel, em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS.

Tratamentos	< 20 cm [(1)]	≥ 20 e < 40 cm [(1)]	≥ 40 e < 60 cm [(1)]	≥ 60 cm [(1)]
Testemunha	61,2	35,6	3,2	0,0
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	44,6	13,6	24,5	17,3
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	38,6	36,4	22,7	2,3
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	67,3	27,0	4,4	1,3
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	55,5	37,8	6,7	0,0
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	65,7	21,8	10,9	1,6
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	64,4	27,7	7,9	0,0
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	41,8	46,9	11,3	0,0
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	64,6	32,0	3,5	0,0
Média	56,0	31,0	10,6	2,5
CV (%)	38,2	46,1	88,3	189,1
		Contraste linear		
TPE	51,5±15,3	28,7±11,0	14,6±7,9	5,2±6,7
PCa	59,1±31,3	32,1±22,7	8,4±12,9	0,4±0,8
TPE x PCa	ns	ns	ns	*
		Contrastes ortogonais polinomiais		
TPE				
Linear	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	**	ns
PCa				
Linear	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

[(1)] variável transformada pela equação $\text{arco.sen}\sqrt{x/100}$; Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 41 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 61 DAPA.

O efeito de TPE e PCa, e suas diferentes doses, foi distinto em cada patamar da planta no ciclo 2015/2016. Enquanto na parte inferior da planta os tratamentos proporcionaram redução do crescimento vegetativo, nenhum efeito foi observado na parte superior da planta. Considerando a média de toda a planta, PCa e TPE não foram eficientes em reduzir o comprimento de ramos (Tabela 37). Esse resultado, possivelmente deve-se ao comportamento climático verificado no ciclo 2015/2016, através do menor acúmulo de frio no período hibernal (apenas 257 horas ≤ 7,2ºC), brotação irregular das gemas, maior precipitação (Figura 2), proporcionando maior crescimento vegetativo. O insuficiente acúmulo de frio ao longo do período hibernal proporciona atraso na brotação de gemas vegetativas e floríferas, baixos índices de brotação de gemas, desuniformidade tanto no enfolhamento quanto na floração das plantas (EREZ, 2000), crescimento estimulado, inibindo a brotação de gemas axilares (PETRI et al., 2006) e o aumento da dominância apical (HAWERROTH; PETRI, 2011). Para o TPE, o aumento de doses elevou a frequência de ramos com menos de 20 cm, porém a diferença em relação à testemunha não foi significativa.

Tabela 35 - Distribuição percentual dos ramos de acordo com o comprimento médio, na média de toda a planta, em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS.

Tratamentos	< 20 cm [(1)]	≥ 20 e < 40 cm [(1)]	≥ 40 e < 60 cm [(1)]	≥ 60 cm [(1)]
Testemunha	49,7	38,2	7,4	4,7
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	42,7	30,3	17,2	9,8
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	32,0	48,4	16,8	2,8
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	60,7	32,2	5,3	1,8
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	56,3	36,2	6,9	0,6
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	58,4	32,6	7,0	2,0
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	54,0	30,1	12,1	3,7
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	48,1	39,7	9,3	2,9
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	50,1	37,0	10,8	2,1
Média	50,2	36,1	10,3	3,4
CV (%)	29,2	31,3	60,2	103,4
		Contraste linear		
TPE	47,9±9,6	36,8±5,1	11,6±5,2	3,8±2,3
PCa	52,7±12,7	34,8±13,5	9,8±6,3	2,7±4,5
TPE x PCa	ns	ns	ns	ns
		Contrastes ortogonais polinomiais		
TPE				
Linear	*	ns	ns	**
Quadrática	ns	ns	**	ns
PCa				
Linear	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

[(1)] variável transformada pela equação $\text{arco.sen}\sqrt{x/100}$; Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 41 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 61 DAPA.

No ciclo 2016/2017, PCa e TPE proporcionaram controle efetivo do crescimento de ramos em todos os patamares da planta. No patamar inferior, o aumento na dose de PCa e TPE provocou redução linear na frequência de ramos na classe ≥ 20 e < 40 cm e aumento na classe < 20 cm (Tabela 38). Entre os produtos, PCa foi mais efetivo em controlar o crescimento de ramos em relação ao TPE.

Comparado à testemunha, TPE 330 mg L^{-1} (3x) e PCa 220 mg L^{-1} (3x), PCa 330 mg L^{1} (3x) e PCa 440 mg L^{-1} (3x) apresentaram maior frequência de ramos com < 20 cm.

Tabela 36 - Distribuição percentual dos ramos por classes de comprimento, avaliados no patamar inferior da planta, em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS.

Tratamentos	< 20 cm [(1)]	≥ 20 e < 40 cm [(1)]	≥ 40 e < 60 cm [(1)]	≥ 60 cm [(1)]
Testemunha	58,5	34,4	5,8	1,3
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	63,8	29,7	4,2	2,3
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	66,8	27,8	3,7	1,8
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	78,4	19,9	0,7	1,0
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	71,5	24,5	3,7	0,3
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	75,1	22,9	1,6	0,5
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	82,8	15,0	1,2	1,1
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	87,7	11,4	0,7	0,2
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	89,7	9,1	1,2	0,0
Média	74,9	21,6	2,5	0,9
CV (%)	9,2	16,2	74,1	88,6
		Contraste linear		
TPE	70,1±5,9	25,5±4,4	3,1±2,5	1,3±1,2
PCa	83,8±7,7	14,6±6,1	1,2±1,6	0,4±0,5
TPE x PCa	**	**	*	*
		Contrastes ortogonais polinomiais		
TPE				
Linear	**	**	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns
PCa				
Linear	**	**	ns	*
Quadrática	ns	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

[(1)] variável transformada pela equação $\text{arco.sen}\sqrt{x/100}$; Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 30 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 59 DAPA.

No patamar mediano da planta, os inibidores de GAs controlaram eficientemente o crescimento de ramos comparado com a testemunha, reduzindo a frequência nas classes ≥ 20 e < 40 cm e ≥ 40 e < 60 cm e aumentando na classe < 20 cm de comprimento (Tabela 39).

Em todas as classes avaliadas, PCa proporcionou maior controle de crescimento que TPE.

Tabela 37 - Distribuição percentual dos ramos por classe de comprimento, avaliados no patamar mediano da planta, em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS.

Tratamentos	< 20 cm [(1)]	≥ 20 e < 40 cm [(1)]	≥ 40 e < 60 cm [(1)]	≥ 60 cm [(1)]
Testemunha	36,3	54,6	8,6	0,4
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	38,8	53,4	7,6	0,3
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	54,3	36,6	5,9	3,2
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	65,8	26,2	5,3	2,7
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	64,7	30,9	2,7	1,7
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	66,1	30,4	3,0	0,5
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	79,5	19,3	1,2	0,0
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	85,5	14,2	0,0	0,3
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	83,2	15,9	1,0	0,0
Média	63,8	31,3	3,9	1,0
CV (%)	10,1	15,7	39,9	107,5
		Contraste linear		
TPE	55,9±5,5	36,8±4,1	5,4±2,7	2,0±2,2
PCa	78,6±8,9	19,9±8,3	1,3±1,1	0,2±0,3
TPE x PCa	**	**	**	**
		Contrastes ortogonais polinomiais		
TPE				
Linear	**	**	**	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns
PCa				
Linear	**	**	**	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

[(1)] variável transformada pela equação $\text{arco.sen}\sqrt{x/100}$; Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 30 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 59 DAPA.

No patamar superior os resultados foram semelhantes aos observados nos patamares inferior e mediano, onde a PCa foi a mais efetiva no controle do crescimento dos ramos (Tabela 40).

Tabela 38 - Distribuição percentual dos ramos por classe de comprimento, avaliados no patamar superior da planta, em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS.

Tratamentos	< 20 cm [(1)]	≥ 20 e < 40 cm [(1)]	≥ 40 e < 60 cm [(1)]	≥ 60 cm [(1)]
Testemunha	34,9	54,7	8,5	1,8
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	36,1	48,9	11,0	3,9
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	31,4	54,2	9,1	5,3
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	58,0	37,4	4,3	0,4
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	52,2	42,3	5,5	0,0
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	55,9	40,9	2,4	0,7
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	67,4	31,2	1,3	0,0
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	70,3	27,4	2,3	0,0
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	60,9	38,6	0,5	0,0
Média	51,9	41,7	5,0	1,4
CV (%)	14,3	15,2	81,2	155,5
		Contraste linear		
TPE	44,4±8,3	45,7±5,7	7,5±7,3	2,4±2,6
PCa	63,7±11,9	34,5±11,9	1,6±2,1	0,2±0,4
TPE x PCa	**	**	**	*
		Contrastes ortogonais polinomiais		
TPE				
Linear	**	**	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns
PCa				
Linear	**	*	*	*
Quadrática	**	*	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

[(1)] variável transformada pela equação $\text{arco.sen}\sqrt{x/100}$; Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 30 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 59 DAPA.

Na média de todos os patamares, TPE e PCa reduziram o crescimento de ramos no ciclo 2016/2017, sendo a PCa mais eficiente (Tabela 41). Para os dois produtos a frequência de ramos de menor comprimento aumentou com a elevação da dose. Destacaram-se em relação à testemunha TPE 330 mg L^{-1} (3x) e PCa em todas as doses.

Tabela 39 - Distribuição percentual dos ramos de acordo com o comprimento médio, na média de toda a planta, em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS.

Tratamentos	< 20 cm [(1)]	≥ 20 e < 40 cm [(1)]	≥ 40 e < 60 cm [(1)]	≥ 60 cm [(1)]
Testemunha	43,2	47,9	7,7	1,2
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	46,2	44,0	7,6	2,2
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	50,8	39,5	6,2	3,4
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	67,4*	27,9*	3,4	1,3
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	62,8*	32,6*	4,0	0,7
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	65,7*	31,4*	2,3*	0,6
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	76,6*	21,8*	1,3*	0,4
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	81,2*	17,7*	1,0*	0,2
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	77,9*	21,2*	0,9*	0,0
Média	63,5	31,5	3,8	1,1
CV (%)	15,9	23,0	66,9	120,1
		Contraste linear		
TPE	56,8±5,9	36,0±4,3	5,3±2,5	1,9±1,2
PCa	75,3±7,7	23,0±6,1	1,4±1,6	0,3±0,5
TPE x PCa	**	**	**	**
		Contrastes ortogonais polinomiais		
TPE				
Linear	**	**	*	ns
Quadrática	ns	ns	ns	*
PCa				
Linear	**	**	**	**
Quadrática	ns	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

[(1)] variável transformada pela equação $\text{arco.sen}\sqrt{x/100}$; Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 30 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 59 DAPA.

O efeito dos inibidores de GAs variou entre os dois ciclos avaliados. Em 2015/2016, o controle de crescimento de ramos foi eficiente apenas no patamar inferior da planta e pouca diferença entre PCa e TPE foi observada. Já no ciclo 2016/2017, houve redução de crescimento de ramos em todas os patamares em resposta aos inibidores de GAs, exibindo alta frequência de ramos com menos de 20 cm, principalmente em resposta à PCa.

A redução da elongação de ramos por consequência da aplicação de TPE e PCa têm sido relatada em macieiras. Cline; Bakker (2016) verificaram que PCa (123 mg L^{-1}) e TPE (250 mg L^{-1}), aplicados quando os brotos estavam com 2,5 cm e repetidos 20 dias após, proporcionaram controle efetivo do crescimento de ramos em macieiras 'Empire'/M.26. Em 'Golden Delicious'/M.9, Spinelli et al. (2010) observaram que o melhor controle do crescimento de ramos foi obtido com PCa 250 mg L^{-1} ou TPE 500 mg L^{-1} aplicados no estádio de balão rosado. Em 'Fuji Suprema'/M.9, o crescimento de ramos foi reduzido com PCa 125 mg L^{-1} ou TPE 200 mg L^{-1} aplicados quando os brotos estavam com 5 cm (MEYER et al., 2014). Já Rufato et al. (2017) verificaram que em macieiras 'McIntosh'/M.9, PCa 250

mg L^{-1} e TPE 225 mg L^{-1}, aplicados também quando os brotos estavam com 5 cm de comprimento, proporcionaram controle de crescimento semelhante na porção mediana e superior do dossel, enquanto na porção inferior o TPE não diferiu da testemunha.

Observa-se que tanto TPE quanto PCa controlam o crescimento de ramos em macieiras, porém geralmente a dose de TPE deve ser superior a de PCa para proporcionar o mesmo desempenho (RADEMACHER, 2014). Isto está associado as diferenças no modo de translocação e ação das duas moléculas. Embora em suas formas ácidas (ativa) as duas moléculas apresentem atuem interferindo em rotas semelhantes, após a aplicação o TPE é translocado para diversos pontos da planta, inclusive para as raízes, e necessita ser saponificado para se tornar ativo, o que ocorre com baixa eficiência em frutíferas (RADEMACHER, 2000). Já a PCa é transportada de forma acropetal e inicia a ação mais rapidamente (RADEMACHER, 2000).

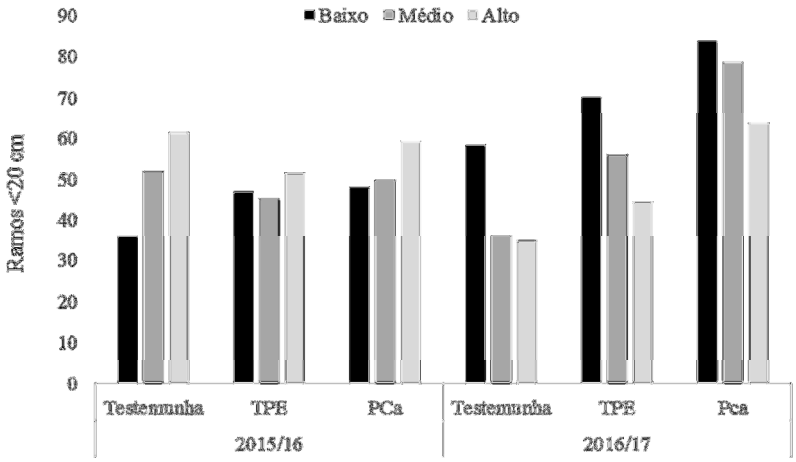
A dose ótima de inibidores de GAs para proporcionar controle satisfatório do crescimento vegetativo pode variar em função do programa de aplicações empregado (dose, época e número de aplicações) e de fatores relativos ao vigor da planta. Variações podem ocorrer também em relação as diferentes porções do dossel da planta, como observado por Rufato et al. (2017). Ramírez et al. (2017) observaram que em 'Golden Delicious'/MM.111 o crescimento de ramos foi reduzido por aplicações de PCa 125 mg L^{-1} realizadas em duas épocas no início do crescimento dos brotos, porém a redução de crescimento foi ainda maior com o aumento da dose para 450 mg L^{-1}. Petri et al. (2011) observaram diferenças entre as cultivares com relação à dose ótima. Em 'Gala'/M.7, o crescimento de ramos reduziu até a dose de 320 g ha^{-1} de PCa, aplicada aos 20 e 50 DAPF, enquanto que em 'Fuji'/M.7 a dose 640 g ha^{-1} provocou ainda menor comprimento dos ramos. Em 'Cripps Pink', 500 mg L^{-1} de PCa aplicados aos 3, 33 e 63 DAPF controlaram o crescimento de ramos (ZALIHA; SINGH, 2013). Silveira et al., (2012) controlaram o crescimento de ramos de 'Catarina' e 'Fuji' com PCa 319 mg L^{-1}, na queda de pétalas e 20 dias após.

As diferenças na eficiência dos redutores de crescimento podem variar também entre os ciclos. Hawerroth; Petri (2014) observaram que a aplicação de PCa 330 mg L^{-1} aos 28 DAPF reduziu o crescimento vegetativo de 'Fuji Suprema' em um ciclo, porém foi ineficiente em outro. Já Hawerroth et al. (2012a) verificaram que a aplicação de PCa 330 mg L^{-1} aos 28 DAPF em 'Imperial Gala' controlou o crescimento dos ramos em dois ciclos avaliados, porém em um deles a diferença em relação à testemunha foi pouco pronunciada. Çetinbaş et al. (2015) também observaram diferenças entre os ciclos, onde em um o crescimento de ramos de 'Starcrimson' foi controlado pela aplicação de PCa 125 mg L^{-1}, quando os brotos estavam

com 5 cm e novamente três semanas após, enquanto que em outro ciclo a melhor dose foi 250 mg L^{-1}.

No presente experimento diferenças no crescimento de ramos entre os patamares, principalmente no ciclo 2015/2016, também foram observadas assim como por Rufato et al., (2017), além das diferenças entre os ciclos. Na figura 6 observa-se um resumo da frequência de ramos com menos de 20 cm, em todos os patamares, nos dois ciclos, na média das doses de TPE e PCa.

Figura 6 - Resumo dos dados de frequência de ramos com menos de 20 cm de comprimento nos diferentes patamares da planta, nos ciclos 2015/2016 e 2016/2017, em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa). Vacaria, RS.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

No ciclo 2015/2016, a frequência de ramos com menos de 20 cm foi levemente superior no patamar superior em relação ao mediano e ao inferior, em todos os tratamentos. O aumento da frequência de ramos curtos pela aplicação de PCa e TPE ocorreu apenas no patamar inferior e TPE e PCa apresentaram desempenho semelhante. Apenas os tratamentos com TPE nas doses 330 mg L^{-1} (3x) e 440 mg L^{-1} (3x) reduziram a frequência de ramos de maior comprimento nos patamares inferior e mediano, em relação à testemunha.

Já no ciclo 2016/2017 o comportamento foi diferenciado, onde a maior frequência de ramos com menos de 20 cm ocorreu no patamar inferior de todos os tratamentos. Em todos os patamares TPE e PCa reduziram o crescimento de ramos, com melhor desempenho da PCa. As melhores doses de acordo com os modelos de regressão foram PCA e TPE 440 mg L^{-1} (3x). Destaca-se que para os dois ciclos, as doses foram aplicadas em três épocas.

5.3.2 Trocas gasosas

A produtividade de macieiras é consequência de alguns fatores principais (WÜNSCHE; LAKSO, 2000): 1) incidência de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) sobre o pomar, que está relacionada à localização do pomar, formato de copa e disposição de plantas e ao uso de telas antigranizo; 2) capacidade de interceptação de RFA, a qual depende da área foliar; 3) capacidade de conversão de energia luminosa em compostos de carbono através da fotossíntese, que depende de diversos fatores como nutrição, disponibilidade hídrica, etc; 4) respiração celular, que é fortemente influenciada pela temperatura; 5) taxa de carboidratos direcionados para os frutos, dependente de práticas de manejo como poda, raleio, etc.

O cultivo de macieiras sob tela antigranizo reduz a incidência de RFA incidente sobre a planta e pode reduzir também a produtividade de frutos (AMARANTE et al., 2009). Como alternativa para reduzir o impacto negativo das telas sobre a distribuição de luz na planta, deve-se aplicar um manejo adequado para o controle do o crescimento vegetativo, afim de permitir boa distribuição de luz em todas as porções do dossel. Em pomares adultos, este manejo seja principalmente pela verde e de inverno que visa manter o equilíbrio entre a produção de frutos e o crescimento de ramos. Mas recentemente, o controle de crescimento têm sido realizado pela aplicação de inibidores de GAs, que controlam o vigor e garantem boa distribuição de luz (RADEMACHER, 2005; RADEMACHER, 2014).

Estudos têm mostrado que inibidores de GAs como a PCa podem reduzir a área foliar, o que pode ter efeito negativo sobre a interceptação de luz (SILVEIRA et al., 2012; GLENN; MILLER, 2005). Porém, Glenn; Miller (2005) não observaram redução na fotossíntese de todo o dossel de macieiras tratadas com PCa 124 mg L^{-1} em aplicação na queda de pétalas e repetido duas semanas após. De acordo, com os autores, embora a área foliar tenha sido reduzida, a fotossíntese de todo o dossel seria mantida igual a plantas não tratadas possivelmente por consequência do aumento de assimilação de CO_2 nas folhas devido ao aumento na distribuição de RFA no dossel.

No presente experimento, nenhuma alteração foi observada na assimilação de CO_2 ou na condutância estomática em folhas de macieiras tratadas com PCa ou TPE (Tabela 42).

Tabela 40 - Assimilação de CO_2 (*A*) e condutância estomática (*gs*) em folhas de macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS.

Tratamentos	*A* µmol CO_2 m^{-2} s^{-1}	*gs* mol H_2O m^{-2} s^{-1}
Testemunha	16,85 ns	0,275 ns
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	15,58	0,289
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	16,92	0,285
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	16,60	0,281
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	15,94	0,292
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	17,15	0,276
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	15,45	0,265
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	14,01	0,232
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	16,64	0,264
Média	16,13	0,273
CV (%)	12,91	13,11

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.
ns: não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro.°Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 41 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 61 DAPA.

O efeito de PCa e TPE sobre as trocas gasosas em folhas tem sido pobremente documentado. Medjdoub et al., (2007) observaram que a aplicação de PCa aumentou o teor de clorofilas, a condutância estomática e a assimilação de CO_2 em macieira 'Royal Gala'. No presente experimento observou-se que o aumento na eficiência de assimilação de CO_2 pela aplicação de PCa não ocorreu como sugerido por Glenn; Miller (2005) e observado por Medjdoub et al., (2007). Porém, a manutenção da taxa de fotossíntese em todo o dossel, como observado por Glenn; Miller (2005), poderia ser também uma consequência do aumento de folhas na planta, pois a medida que o crescimento de ramos é reduzido, ao longo dos anos de desenvolvimento da planta, um número maior de estruturas vegetativas pode ser acomodado. Outro aspecto é que a redução do comprimento de ramos aumenta a incidência de luz na copa, o que pode compensar a redução no tamanho das folhas.

Em pereira 'Abate Fetel', a aplicação de PCa 50 mg L^{-1} repetida em quatro aplicações, aumentou o conteúdo de clorofilas nas folhas (SABATINI et al., 2003). Os autores observaram também que a assimilação de CO_2 foi incrementada em folhas de macieiras e pereiras que receberam aplicações de PCa. Em fava (*Vicia fava*) a aplicação de doses de PCa elevou também os teores de clorofilas em folhas e de carboidratos em ramos (BEKHETA et al., 2009). Em morango também houve aumento de assimilação em resposta à PCa (REEKIE et al., 2005).

Desta forma, faltam ainda informações para inferências mais sólidas sobre o impacto de PCa e TPE sobre as trocas gasosas em macieiras.

5.3.3 Atributos produtivos

A produção de macieiras 'Fuji Kiku' apresentou grande oscilação entre os ciclos, sendo também influenciada pelo efeito dos produtos. No ciclo 2015/2016, TPE incrementou significativamente o número de frutos e a produção por planta, em relação à PCa (Tabela 43). Porém, o aumento não foi suficiente para diferir significativamente em relação à testemunha. O aumento em NF e MF foi linear em resposta ao aumento na dose de TPE. Já a MMF reduziu linearmente com o aumento na dose de TPE.

Tabela 41 - Número de frutos por planta (NF), massa de frutos por planta (MF) e massa média de frutos (MMF) em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS.

Tratamentos	NF (frutos planta^{-1})	MF (kg planta^{-1})	MMF (g)
Testemunha	60,0	4,5	77,9
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	74,3	5,9	73,5
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	71,8	5,9	87,0
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	93,0	6,7	67,3
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	106,1	6,5	58,8
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	34,8	2,7	77,0
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	58,1	4,5	75,5
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	67,1	4,6	69,2
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	71,3	5,2	71,5
Média	70,7	5,2	73,1
CV (%)	36,1	38,6	16,8
		Contraste linear	
TPE	86,3±36,9	6,3±3,1	71,7±14,3
PCa	57,8±16,9	4,3±1,5	73,3±12,4
TPE x PCa	**	**	ns
		Contrastes ortogonais polinomiais	
TPE			
Linear	*	ns	*
Quadrática	ns	ns	ns
PCa			
Linear	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.
Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 41 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 61 DAPA.

Já no ciclo 2016/2017, o rendimento de frutos foi elevado em comparação com o ciclo passado, assim como a MMF também muito superior (Tabela 44). Neste ciclo, houve também comportamento inverso ao observado entre os produtos no ciclo anterior. Enquanto TPE apresentou NF, MF e MMF semelhante à testemunha, os tratamentos com PCa elevaram o NF e MF, e reduziram a MMF.

Apenas a MMF respondeu ao aumento na dose de PCa, reduzindo linearmente. As doses 330 mg L^{-1} (3x) e 440 mg L^{-1} (3x) de PCa causaram a produção de frutos com menor MMF. Não houve diferença entre doses de TPE.

Tabela 42 - Número de frutos por planta (NF), massa de frutos por planta (MF) e massa média de frutos (MMF) em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS.

Tratamentos	NF (frutos planta^{-1})	MF (kg planta^{-1})	MMF (g)
Testemunha	237,4	44,6	186,3
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	253,5	47,3	184,8
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	228,8	44,2	194,1
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	223,8	38,5	175,2
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	221,9	39,1	178,2
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	269,5	46,6	174,1
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	322,8	56,2	173,9
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	322,6	52,9	167,1
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	341,8	57,7	167,8
Média	269,1	47,4	177,9
CV (%)	26,7	25,9	4,8
		Contraste linear	
TPE	232±56.3	42.3±9.6	183.1±10.0
PCa	314.2±85.3	53.3±14.3	170.7±6.3
TPE x PCa	**	*	**
		Contrastes ortogonais polinomiais	
TPE			
Linear	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns
PCa			
Linear	ns	ns	**
Quadrática	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 30 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 59 DAPA.

O aumento do rendimento de frutos de macieiras tem sido relatado em resposta aos inibidores de GAs. Segundo Rufato et al. (2017), macieiras 'McIntosh'/M.9 pulverizadas 7 DAPF com TPE 225 mg L^{-1} produziram significativamente maior NF e MF em relação às plantas controle. Já a aplicação de PCa 250 mg L^{-1} não causou elevação significativa de NF e MF. O aumento de MF foi observado também por Spinelli et al. (2010) em 'Golden Delicious' pela aplicação de PCa 250 mg L^{-1} ou TPE 500 mg L^{-1} no estádio de balão rosado, em dois de três ciclos avaliados. Meyer et al. (2014) não observaram efeito da aplicação de PCa 125 mg L^{-1} ou de TPE em doses entre 200 e 500 mg L^{-1} quando os brotos estavam com 5 cm. Porém, no ciclo seguinte os autores observaram grande redução da produção em plantas tratadas com TPE.

O aumento de produção foi observado também por Petri et al. (2011) em 'Gala'/M.7 e 'Fuji'/M.7 pela aplicação de PCa 160 g ha^{-1} (20 + 50 DAPF); por Ramírez-Rodríguez et al. (2003) em 'Golden Delicious'/MM.106 e 'Royal Gala'/MM.106 pela aplicação de PCa nas concentrações de 125, 175 e 250 mg L^{-1} (brotações com 5 cm + 15 DAPA); por Costa et al. (2014) em 'Fuji'/MAC9 em resposta à PCa 125 mg L^{-1} (brotos 10 cm) + 75 mg L^{-1} (20 DAPA); por Zadravec et al. (2008) em 'Gala'/M.9 pela aplicação de PCa 250 mg L^{-1} (brotos com 10 cm).

Contudo, outros trabalhos têm demonstrado também que PCa não interfere na produção de frutos (MILLER, 2002; BASAK, 2004; MEDJDOUB et al., 2004; MEDJDOUB et al., 2005; MATA et al., 2006; ZADRAVEC et al., 2008; HAWERROTH et al., 2012a; HAWERROTH; PETRI, 2014).

No presente trabalho a produção não foi afetada de forma significativa em nenhum dos ciclos. Foi observado aumento linear do número de fruto em resposta ao aumento de dose de TPE, porém não foi suficiente para diferir de forma significativa da testemunha. O efeito de PCa e TPE sobre o aumento da carga de frutos mostra-se variável na literatura, dependendo da cultivar, época de aplicação e dose. O aumento de produção observado em alguns trabalhos pode ter relação com dois fatores principais: 1) redução no crescimento de ramos e consequente redução do consumo de carboidratos, o que aumenta a disponibilidade para a produção de frutos; 2) inibição da síntese de etileno, pela ação de TPE e PCa, o que poderia evitar a abscisão de frutos (RADEMACHER, 2006).

A MMF também tem sido frequentemente influenciada pela aplicação de PCa ou TPE. Em muitos trabalhos, a redução na MMF foi observada quando os produtos causaram aumento na carga de frutos (COSTA et al, 2005; MATA et al., 2006; GRENE, 2007; GREENE, 2008; PETRI et al., 2011; ÇETINBAŞ et al., 2015; CLINE, BAKKER, 2016; RUFATO et al., 2017). Em alguns casos, o aumento na carga têm sido observado sem depreciar a MMF (RAMIREZ-RODRIGUES et al., 2003; SPINELLI et al., 2010). Em outras situações não houve alteração na MMF (MEDJDOUB et al., 2004; MEDJDOUB et al., 2005; CLINE et al., 2007; ZADRAVEC et al., 2008; HAWERROTH et al., 2012a; ATAY; KOYUNCU, 2017). Guak (2013) e Basak (2004) observaram também que a MMF aumentou sem que a MF tenha sido alterada pela aplicação de PCa.

Em macieiras, a redução de MMF em consequência do aumento do NF na planta é amplamente conhecido (STOPAR et al., 2002; SALVADOR et al., 2006; SERRA et al., 2016). No presente experimento esta relação também foi observada, onde na medida que aumentou a carga de frutos a MMF reduziu no ciclo 2016/2017. No ciclo 2015/2016, as

plantas com maior carga de frutos também produziram frutos menores porém a correlação entre NF e MMF não foi significativa.

Embora a MMF tenha sido influenciada pelos tratamentos no ciclo 2015/2016, isso não foi suficiente para alterar a distribuição de frutos em diferentes classes de calibre (Tabela 45). Neste ciclo, mesmo com a baixa carga de frutos, houve alta frequência de frutos na classe de > 180, que são aqueles de baixo calibre. Nenhuma diferença foi observada entre TPE e PCa.

Tabela 43 - Percentagem de frutos em cada categoria de calibre em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS.

Tratamentos	Frutos por categoria de calibre (%)				
	< 80 [(1)]	90-100 [(1)]	110-120 [(1)]	135-165 [(1)]	> 180 [(1)]
Testemunha	0,6	3,2	6,2	12,7	77,3
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	2,0	3,5	5,9	15,8	72,8
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	5,0	7,3	8,0	19,8	59,9
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	0,0	1,8	5,9	17,1	75,3
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	2,0	3,8	4,3	13,3	76,8
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	0,9	1,5	4,6	17,7	75,3
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	0,8	4,1	7,8	17,5	70,0
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	1,3	5,2	5,4	14,6	73,5
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	2,3	2,5	4,8	21,5	68,9
Média	1,6	3,6	5,9	16,7	72,2
CV (%)	121,8	54,8	33,2	28,5	14,1
	Contraste linear				
TPE	2,3 ±2,9	4,1 ±3,6	6,0 ±2,6	16,5 ±8,8	71,2 ±16,3
PCa	1,3 ±1,6	3,3 ±2,6	5,7 ±3,0	17,8 ±6,6	71,9 ±10,7
TPE x PCa	ns	ns	ns	ns	ns
	Contrastes ortogonais polinomiais				
TPE					
Linear	ns	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns	ns
PCa					
Linear	ns	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

[(1)] variável transformada pela equação $\text{arco.sen}\sqrt{x/100}$; Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 41 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 61 DAPA.

No ciclo 2016/2017 a alteração de MMF observada em resposta aos diferentes tratamentos refletiu também em alteração na distribuição de frutos nas diferentes classes de calibre (Tabela 46). Plantas tratadas com TPE e PCa apresentaram maior distribuição de frutos em classes de menor calibre que a testemunha.

Entre os produtos, as plantas que receberam doses de TPE apresentaram em média maior frequência de frutos em classes de maior calibre, comparado à PCa. Tanto PCa quanto

TPE provocaram redução da frequência de frutos na classe < 80 à medida que foi aumentada a dose. Isso causou aumento da frequência de frutos nas classes de menor calibre (110-120 e 135-165).

As alterações observadas na distribuição dos frutos por classes de calibre entre os tratamentos podem ser explicados pelas diferenças na carga de frutos, como observado para MMF.

Tabela 44 - Percentagem de frutos em cada categoria de calibre em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS.

Tratamentos	Frutos por categoria de calibre (%)				
	< 80 [(1)]	90-100 [(1)]	110-120 [(1)]	135-165 [(1)]	> 180 [(1)]
Testemunha	43,5	34,7	14,7	6,3	0,8
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	42,6	37,4	13,2	6,6	0,3
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	49,1	27,1	13,0	8,5	2,3
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	26,5	34,8	24,0	14,3	0,5
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	35,8	35,7	18,7	8,5	1,3
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	24,3	36,8	23,3	13,8	2,0
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	31,5	34,5	24,8	8,8	0,5
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	26,0	29,8	26,0	16,0	2,3
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	23,5	33,0	24,0	17,5	2,0
Média	33,6	33,7	20,2	11,1	1,3
CV (%)	11,7	6,5	12,2	17,3	66,6
			Contraste linear		
TPE	38,5±4,6	33,7±4,5	17,2±3,2	9,5±2,2	1,1±1,0
PCa	26,3±7,5	33,5±3,6	24,5±5,2	14,0±3,6	1,7±1,4
TPE x PCa	**	ns	**	**	ns
			Contrastes ortogonais polinomiais		
TPE					
Linear	**	ns	**	*	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns	ns
PCa					
Linear	**	ns	*	**	ns
Quadrática	ns	ns	*	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

[(1)] variável transformada pela equação $\text{arco.sen}\sqrt{x/100}$; Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 30 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 59 DAPA.

5.3.4 Atributos de qualidade

No ciclo 2015/2016, nenhuma alteração foi observada nas variáveis relativas ao formato dos frutos e número de sementes (Tabela 47).

Tabela 45 - Diâmetro, comprimento, relação comprimento/diâmetro (C/D) e número de sementes em frutos (NS) de macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS.

Tratamentos	Diâmetro (cm)	Comprimento (cm)	Relação C/D	NS (fruto^{-1})
Testemunha	58,6	43,6	0,87	5,8
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	56,8	42,9	0,89	5,3
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	62,4	46,0	0,86	6,0
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	57,4	42,8	0,87	5,9
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	56,9	42,5	0,88	6,0
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	57,0	41,0	0,86	5,7
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	55,8	41,8	0,89	5,6
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	60,4	44,3	0,86	6,1
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	60,2	43,6	0,85	6,6
Média	58,4	43,2	0,87	5,9
CV (%)	6,6	6,6	5,2	13,8
		Contraste linear		
TPE	58,4±5,1	43,6±3,3	0,88±0,05	5,8±2,7
PCa	58,3±3,7	42,7±2,7	0,86±0,03	6,0±2,6
TPE x PCa	ns	ns	ns	ns
		Contrastes ortogonais polinomiais		
TPE				
Linear	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns
PCa				
Linear	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.
Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 41 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 61 DAPA.

No ciclo 2016/2017, a aplicação dos tratamentos de TPE e PCa causou redução no comprimento e diâmetro dos frutos e aumentou o número de sementes em relação à testemunha (Tabela 48). Já a relação C/D não foi afetada. A redução de diâmetro e comprimento dos frutos foi observada principalmente em resposta à PCa.

Em relação às doses, o aumento na dose de TPE resultou em redução linear do diâmetro, do comprimento e da relação C/D dos frutos. Já o aumento na dose de PCa causou redução linear do diâmetro e do comprimento dos frutos e aumento no número de sementes.

Tabela 46 - Diâmetro, comprimento, relação comprimento/diâmetro (C/D) e número de sementes em frutos (NS) de macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS.

Tratamentos	Diâmetro (cm)	Comprimento (cm)	Relação C/D	NS (fruto^{-1})
Testemunha	78,6	68,3	0,87	4,3
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	79,5	68,5	0,86	5,8
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	79,9	68,6	0,86	4,5
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	76,4	65,8	0,86	5,2
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	78,6	66,4	0,85	4,7
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	76,0	65,3	0,86	5,3
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	77,1	66,7	0,87	4,7
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	74,8	64,8	0,87	5,3
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	74,7	64,9	0,87	5,4
Média	77,3	66,6	0,86	5,0
CV (%)	1,7	1,8	1,7	12,3
		Contraste linear		
TPE	78,6±1,2	67,3±0,6	0,86±0,01	5,0±2,0
PCa	75,7±1,5	65,4±1,5	0,87±0,02	5,2±2,0
TPE x PCa	**	**	ns	ns
		Contrastes ortogonais polinomiais		
TPE				
Linear	*	**	*	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns
PCa				
Linear	**	**	ns	*
Quadrática	ns	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.
Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 30 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 59 DAPA.

A alteração no diâmetro, comprimento ou relação C/D pela aplicação de PCa ou TPE geralmente não têm sido observada (BYERS; YODER, 1990; BASAK, 2004; MATA et al., 2006; ZADRAVEC et al., 2008; MEYER et al., 2014; ATAY; KOYUNCU, 2017). Porém, Medjdoub et al. (2004) e Çetinbaş et al. (2015) observaram aumento de diâmetro e comprimento dos frutos em resposta à PCa, enquanto que Meyer et al. (2014) observaram redução nos valores em resposta a aplicação de TPE.

A aplicação de GA_3 de GA_{4+7} em macieiras, no período próximo da floração, causou alteração no formato dos frutos, tornando-os mais alongados (WATANABE et al., 2008; KHANDAKER et al., 2013). O alongamento dos frutos foi observado também em macieiras 'Oregon Spur Delicious' pela aplicação de Paclobutrazol 250 mg L^{-1} (inibidor de GAs), até os 28 DAPF (EL-KHOREIBY et al., 1990). Porém, a aplicação de Uniconazol 500 mg L^{-1} (inibidor de GAs) não alterou o formato dos frutos de 'Ohrin' (WATANABE et al., 2008). No presente experimento a alteração no formato dos frutos, ainda que pouco pronunciada,

ocorreu nos tratamentos com TPE, onde o aumento de dose mostrou uma tendência de reduzir linearmente a relação C/D, formando frutos mais achatados.

O comprimento dos frutos mostrou também uma tendência de redução em função do aumento na carga de frutos por planta, porém a correlação não foi significativa.

No ciclo 2015/2016, não houve nenhuma diferença entre os tratamentos quanto a FP, IA ou AT (Tabela 49). Porém, TPE e PCa proporcionaram aumento no teor de SS nos frutos.

Tabela 47 - Firmeza de polpa (FP), conteúdo de sólidos solúveis (SS), índice de degradação do amido (IA) e acidez titulável (AT) dos frutos na colheita, em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS.

Tratamentos	FP (N)	SS (%)	IA (1-9)	AT (%)
Testemunha	76,7	14,7	8,3	0,367
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	80,6	15,5	8,4	0,367
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	77,1	15,4	8,2	0,324
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	76,6	15,6	8,4	0,329
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	77,9	15,0	8,7	0,324
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	74,6	15,7	8,4	0,316
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	77,1	15,5	8,8	0,342
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	74,4	15,1	8,3	0,339
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	79,6	15,3	8,4	0,319
Média	77,2	15,3	8,4	0,336
CV (%)	4,5	3,0	4,8	10,3
		Contraste linear		
TPE	78,1±4,6	15,4±1,1	8,4±0,8	0,34±0,04
PCa	76,4±2,9	15,4±1,3	8,5±1,0	0,33±0,02
TPE x PCa	ns	ns	ns	ns
		Contrastes ortogonais polinomiais		
TPE				
Linear	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns
PCa				
Linear	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 41 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 61 DAPA.

No ciclo 2016/2017 foram observadas algumas alterações nos atributos qualitativos dos frutos (Tabela 50). A aplicação de PCa, na média das doses, causou redução de SS e AT, e aumento de IA em relação ao TPE. A redução de SS e AT foi linear à medida que aumentou a dose de PCa. Já o aumento na dose de TPE resultou em redução de IA. A FP não foi afetada.

Tabela 48 - Firmeza de polpa (FP), conteúdo de sólidos solúveis (SS), índice de degradação do amido (IA) e acidez titulável (AT) dos frutos na colheita, em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS.

Tratamentos	FP (N)	SS (%)	IA (1-9)	AT (%)
Testemunha	65,1	12,6	6,5	0,303
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	62,6	12,8	6,1	0,308
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	64,4	12,3	5,7	0,315
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	65,9	12,8	6,4	0,277
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	65,5	13,0	5,5*	0,309
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	62,5	12,5	6,6	0,276
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	64,7	12,3	6,6	0,262*
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	63,3	12,1	7,0	0,242*
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	62,9	12,0	6,3	0,258*
Média	64,1	12,5	6,3	0,283
CV (%)	3,6	2,9	6,9	7,4
		Contraste linear		
TPE	64,6±2,1	12,7±0,8	5,9±	0,30±0,02
PCa	63,4±2,5	12,2±0,8	6,6±	0,26±0,02
TPE x PCa	ns	**	**	**
		Contrastes ortogonais polinomiais		
TPE				
Linear	ns	ns	*	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns
PCa				
Linear	ns	**	ns	**
Quadrática	ns	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.
Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 30 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 59 DAPA.

A alteração de FP, SS e AT em maçãs em resposta à aplicação de PCa não foi relatada por Basak (2004), Medjdoub et al., (2004), Mata et al. (2006), Spinelli et al. (2010) e Çetinbaş et al. (2015). Atay; Koyuncu (2017) observaram redução da FP, mas sem mudança de SS em 'Golden Delicious' tratadas com PCa. Costa et al. (2004) observaram aumento de SS e aumento ou redução de AT em função do programa de aplicação de PCa em 'Fuji'. Guak (2013) verificou que a aplicação de PCa em macieiras 'Golden Delicious'/M.9 diminuiu a AT, mas não alterou FP e SS.

Em alguns casos a alteração de atributos qualitativos em resposta a inibidores de GAs esteve atrelada a alteração na carga de frutos por planta. Silveira et al. (2014) observaram que a aplicação de PCa causou aumento da FP e da AT em 'Fuji', porém houve grande redução do número de frutos. Já Ramírez-Rodríguez et al. (2003) observaram redução de SS e aumento na FP nos frutos de 'Royal Gala'/MM.106 e 'Golden Delicious'/MM.106 tratadas com PCa. De acordo com os autores, esta alteração ocorreu em consequência do atraso de maturação nas plantas tratadas com PCa, que apresentavam maior carga de frutos que a testemunha. No

presente experimento, a alteração dos atributos qualitativos dos frutos ocorreu também em tratamentos que alteraram o número de frutos por planta. Trabalhos sobre a carga de frutos em macieiras têm apontando também a redução do teor de SS e AT em resposta ao aumento no número de frutos na planta (ROBINSON; WATKINS; 2003; SERRA et al., 2016).

A coloração vermelha da epiderme de maçãs é outro fator muito importante, pois está relacionado com a aceitação comercial. Cultivares com epiderme vermelha são preferidas pelos consumidores e, geralmente, são melhor remuneradas (SAURE, 1990).

No ciclo 2015/2016, a distribuição de frutos em diferentes classes de acordo com a área de recobrimento de epiderme não foi afetada pelos tratamentos (Tabela 51).

Tabela 49 - Percentagem de frutos de acordo com a coloração vermelha de recobrimento da epiderme em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS.

Tratamentos	Frutos por classes de recobrimento da epiderme (%)			
	< 25 [(1)]	≥ 25 a < 50 [(1)]	≥ 50 a < 75 [(1)]	≥ 75 [(1)]
Testemunha	12,6	15,3	27,0	45,1
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	12,0	21,1	22,6	44,3
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	13,6	27,4	24,8	34,3
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	13,4	20,8	26,1	39,7
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	19,1	21,3	23,0	36,6
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	29,7	8,3	20,1	41,9
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	13,7	31,4	26,1	28,8
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	17,6	15,6	29,7	37,1
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	17,3	23,0	23,0	36,7
Média	16,6	20,5	24,7	38,3
CV (%)	27,1	33,3	16,2	21,8
	Contraste linear			
TPE	14,5±8,0	22,6±13,6	24,1±5,8	38,7±14,3
PCa	19,6±8,0	19,6±10,2	24,7±6,8	36,1±10,4
TPE x PCa	ns	ns	ns	ns
	Contrastes ortogonais polinomiais			
TPE				
Linear	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns
PCa				
Linear	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

[(1)] variável transformada pela equação $\text{arco.sen}\sqrt{x/100}$; Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 41 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 61 DAPA.

Com relação as características da cor, tanto no lado exposto à radiação solar como no lado sombreado dos frutos, a luminosidade (L*) foi levemente inferior nos tratamentos com PCa e TPE, em relação à testemunha (Tabela 52). Já a tonalidade de cor (hue°) no lado

exposto apresentou valores menores nos tratamentos com PCa e TPE, indicando frutos mais avermelhados. A pureza de cor (C*) foi semelhante entre os tratamentos.

Na comparação entre os produtos, apenas para L* no lado sombreado houve diferença, onde o brilho foi menor em resposta ao TPE, comparado com PCa. Para TPE, o aumento na dose causou redução linear no brilho. Já o aumento na doses de PCa reduziu o brilho (L*) e aumentou a tonalidade vermelha (hue°).

Tabela 50 - Atributos de cor (*L*, *C* e *h*°) na epiderme de frutos de macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2015/2016. Vacaria, RS.

Tratamentos	Lado exposto			Lado sombreado		
	*L**	*C**	*h*°	*L**	*C**	*h*°
Testemunha	48,0	30,3	60,4	62,5	38,8	90,9
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	45,8	30,8	56,0	60,4	38,7	89,6
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	44,3	29,8	52,5	60,2	38,4	89,6
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	45,9	31,5	56,8	58,5	39,0	82,0
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	45,3	30,6	55,4	59,1	37,9	87,0
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	45,9	31,6	53,9	61,4	39,5	87,0
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	43,3	31,0	47,8	59,9	38,6	82,2
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	45,7	29,6	54,2	61,8	38,8	89,8
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	44,9	29,9	55,7	60,5	38,9	90,3
Média	45,4	30,6	54,7	60,5	38,7	87,6
CV (%)	3,7	5,0	9,1	2,6	4,1	5,3
			Contraste linear			
TPE	45,3	30,7	55,1	59,6	38,5	87,1
PCa	45,0	30,5	52,9	60,9	38,9	87,3
TPE x PCa	ns	ns	ns	*	ns	ns
			Contrastes ortogonais polinomiais			
TPE						
Linear	ns	ns	ns	**	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns	ns	ns
PCa						
Linear	**	ns	ns	ns	ns	ns
Quadrática	**	ns	**	ns	ns	*

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 41 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 61 DAPA.

No ciclo 2016/2017, de uma forma geral, a área de epiderme recoberta por cor foi menor que no ciclo anterior. Além disso, as plantas tratadas com PCa apresentaram frutos menos coloridos que aquelas que receberam TPE (Tabela 53).

Houve também diferença entre doses, onde o aumento de PCa causou maior frequência de frutos com menor área recoberta por cor vermelha (< 25%).

Tabela 51 - Percentagem de frutos de acordo com a coloração vermelha de recobrimento da epiderme em macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS.

Tratamentos	Frutos por classes de recobrimento da epiderme (%)			
	< 25 [(1)]	≥ 25 a < 50 [(1)]	≥ 50 a < 75 [(1)]	≥ 75 [(1)]
Testemunha	7,3	41,2	34,6	17,0
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	7,4	38,1	38,1	16,4
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	6,7	38,1	40,4	14,8
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	4,8	43,7	36,7	14,7
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	6,7	37,9	36,2	19,3
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	8,3	45,4	35,0	11,3
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	7,1	43,8	34,3	14,8
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	8,8	44,6	34,2	12,4
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	15,3*	49,9	25,1	9,7
Média	8,0	42,5	34,9	14,5
CV (%)	21,5	11,8	13,3	24,0
		Contraste linear		
TPE	6,4±2,9	39,4±8,3	37,9±9,0	16,3±5,7
PCa	9,9±2,8	45,9±9,7	32,1±8,1	12,0±4,9
TPE x PCa	**	*	ns	*
		Contrastes ortogonais polinomiais		
TPE				
Linear	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns
PCa				
Linear	**	ns	ns	ns
Quadrática	*	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

[(1)] variável transformada pela equação $\text{arco.sen}\sqrt{x/100}$; Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 30 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 59 DAPA.

Os atributos de cor foram pouco alterados pelos tratamentos no ciclo 2016/2017 (Tabela 54). No lado exposto dos frutos, a pureza de cor foi maior na testemunha em relação à TPE e PCa. Entre os produtos, as plantas que receberam TPE apresentaram frutos com menor brilho e maior pureza de cor.

Tabela 52 - Atributos de cor (*L*, *C* e *h*°) na epiderme de frutos de macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) no ciclo 2016/2017. Vacaria, RS.

Tratamentos	Lado exposto			Lado sombreado		
	*L**	*C**	*h*°	*L**	*C**	*h*°
Testemunha	52,3	30,7	56,6	68,5	34,0	92,1
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	50,4	30,7	52,5	68,5	34,3	92,3
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	50,8	29,6	55,8	69,1	35,0	97,5
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	48,8	30,7	50,1	66,8	33,2	91,3
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	49,6	29,5	52,3	67,6	35,1	94,7
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	51,5	29,4	55,6	69,0	33,1	96,2
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	51,8	29,6	55,6	68,2	33,4	93,3
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	51,4	29,1	57,9	67,8	33,0	95,1
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	52,3	28,9	59,5	68,5	33,5	96,3
Média	51,0	29,8	55,1	68,2	33,8	94,3
CV (%)	4,6	2,8	11,2	2,4	3,2	4,5
			Contraste linear			
TPE	49,9	30,1	52,7	68,0	34,4	94,0
PCa	51,8	29,3	57,2	68,4	33,2	95,2
TPE x PCa	*	**	ns	ns	**	ns
			Contrastes ortogonais polinomiais			
TPE						
Linear	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns	ns	ns
PCa						
Linear	ns	**	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 30 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 59 DAPA.

A alteração da coloração dos frutos pela aplicação de TPE ou PCa tem sido relatada. Petri et al. (2011) observaram que a aplicação de PCa em doses de 160 a 640 g ha^{-1}, aos 20 e 50 DAPF, aumentou a frequência de frutos com mais 80% de epiderme recoberta por cor em Gala/M.7 e Fuji/M.7. Já de acordo com Rufato et al. (2017), em macieiras 'McIntosh'/M.9 pulverizadas com PCa 250 mg L^{-1} e TPE 225 mg L^{-1}, aos 7 DAPF, apresentaram maior porcentagem de frutos coloridos em comparação com a testemunha. Zaliha; Singh (2013) verificaram que na cultivar de macieira Cripps Pink tanto o tratamento com poda de verão quanto a aplicação de PCa 500 e 750 mg L^{-1}, em 3 aplicações, realizadas aos 3, 33 e 63 DAPF, proporcionaram maior percentagem de frutos com > 40% de cor vermelha da epiderme. O aumento da coloração de epiderme foi verificado também por Mata et al. (2006) em 'Fuji', por Zadravec et al. (2008) em 'Gala' e por Dayatilake et al. (2005) em resposta à PCa. Já Medjdoub et al. (2005) não observaram nenhuma alteração na área de cor vermelha pela aplicação de PCa em doses de 125 a 500 mg L^{-1}, aplicado na plena floração da 'Royal Gala'/M.9. Hawerroth et al. (2012a) também não observaram qualquer alteração na taxa de

recobrimento da epiderme dos frutos de 'Imperial Gala' em resposta à aplicação de PCa 330 mg L^{-1} em diferentes épocas após a plena floração.

A redução na área de epiderme recoberta por cor em consequência da aplicação de PCa também tem sido relatada. Cline et al. (2007) observaram que o aumento na dose de PCa causou redução significativa na coloração de epiderme dos frutos 'Royal Court'. No presente experimento, também houve redução da área de epiderme recoberta por cor vermelha em resposta à aplicação da PCa. Esse resultado pode ser consequência do aumento na carga de fruto provocado pela PCa.

O aumento na carga de frutos por planta aumenta a produtividade, porém diversos aspectos qualitativos dos frutos podem ser afetados, reduzindo por exemplo, a MMF, FP, SS e o teor de compostos fenólicos (STOPAR et al., 2002; ROBINSON; WATKINS, 2003). Além disso, altas cargas de frutos reduzem a área de epiderme recoberta por cor, reduzem a intensidade de cor (croma) e reduzem a tonalidade vermelha (maior valor de hue°) (SERRA et al., 2016).

As alterações da cor de epiderme ocorrem devido à redução do teor de compostos, como as antocianinas e pelo atraso no período de maturação causado pelo aumento da carga de frutos (SERRA et al., 2016). Além disso, a penetração de luz no dossel é reduzida em altas cargas de frutos, reduzindo a formação dos pigmentos que conferem cor vermelha na epiderme dos frutos (STOPAR et al., 2002).

Em pomares de maçã cultivados sob tela, a coloração de epiderme é uma grande preocupação, pois de acordo com estudos em diferentes regiões do mundo, esta é a característica mais influenciada pelo uso da cobertura dos pomares com tela antigranizo (BOSCO et al., 2014). Desta forma, deve-se evitar condições que prejudiquem o desenvolvimento da coloração dos frutos, com o excesso da carga de frutos por planta ou excesso de sombreamento causado pelo excesso de crescimento vegetativo.

5.3.5 Análise mineral dos frutos

O teor de Ca verificado na polpa de maçãs 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo foi maior no tratamento PCa 110 mg L^{-1} (3x) no ciclo 2015/2016 (Tabela 55). Enquanto que, no ciclo seguinte, todos os tratamentos com aplicação de TPE e PCa apresentaram menor teor de Ca em comparação à testemunha (Tabela 55). Para os teores de Ca verificou-se que no ciclo 2015/2016 o contraste ortogonal polinomial para PCa mostrou comportamento quadrático (Tabela 55). Enquanto que no ciclo 2016/2017, os contrastes ortogonais

polinomiais tanto para TPE quanto para PCa apresentaram comportamento linear. Segundo a literatura, o nível crítico de Ca nos frutos é de 40 mg kg^{-1}, sendo que abaixo desse nível são aumentados os riscos de ocorrência de distúrbios fisiológicos na pós-colheita de maçãs (ARGENTA; SUZUKI, 1994; AMARANTE et al., 2012). Levando em consideração esse parâmetro, no ciclo 2015/2016 todos os tratamentos apresentaram teores de Ca inferiores ao nível crítico. No ciclo seguinte, todos os tratamentos, exceto a testemunha, apresentaram teores de Ca inferiores a 40 mg kg^{-1}, aumentando, portanto, os riscos de distúrbios fisiológicos.

Em relação aos teores de N na polpa, verificou-se que no ciclo 2016/2017, o contraste ortogonal polinomial apresentou comportamento linear para PCa (Tabela 55). Segundo Amarante et al. (2010), as maçãs com teores de N superiores a 500 mg kg^{-1} apresentam maiores riscos de ocorrência de 'bitter pit'. Assim, os teores de N verificados na polpa de maçãs 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo, em ambos os ciclos avaliados, foram inferiores a 500 mg kg^{-1}, com menores riscos de ocorrência do distúrbio fisiológico 'bitter pit'.

Para Terblanche (1981), o valor crítico de Mg visando a preservação da qualidade pós-colheita de maçãs é de 40 mg kg^{-1}, sendo que valores acima desse apresentam maiores riscos de ocorrência de 'bitter pit'. De acordo com esse nível crítico, no ciclo 2015/2016 todos os tratamentos, com exceção de TPE 220 e 330 mg L^{-1} (3x), apresentaram teores de Mg inferiores a 40 mg kg^{-1} (Tabela 55). Em 2016/2017, todos os tratamentos, com exceção de PCa 110 mg L^{-1} (3x), apresentaram inferiores ao nível crítico.

Os teores de K não apresentaram contraste linear e nem contrastes ortogonais polinomiais significativos em ambos os ciclos (Tabela 55). Segundo Terblanche (1981), os teores de K na polpa fresca necessitam ser menores que 950 mg kg^{-1} para minimizar o 'bitter pit' em maçãs. Sendo assim, no ciclo 2015/2016 os teores de K estavam acima de 1290 mg kg^{-1}, teor considerado elevado. No ciclo 2016/2017, os tratamentos testemunha, TPE 220 mg L^{-1} (3x) e TPE 440 mg L^{-1} (3x) tiveram teores acima do valor crítico.

Em relação aos teores de P, no ciclo 2016/2017, o contraste ortogonal polinomial apresentou comportamento linear para PCa (Tabela 55). O mínimo crítico para o P é 100 mg kg^{-1} e, abaixo desse valor, há risco de baixa preservação da qualidade pós-colheita (NEILSEN et al., 2008). Levando em consideração esse limite crítico, constatou-se que os tratamentos apresentaram níveis de P superiores a 279 mg kg^{-1} e 154 mg kg^{-1} em 2015/2016 e 2016/2017, respectivamente. Portanto, estão acima do risco de baixa preservação da qualidade pós-colheita.

Tabela 53 - Teores minerais de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na polpa fresca de maçãs 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) nos ciclos 2015/2016 e 2016/2017. Vacaria, RS.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg
			mg Kg^{-1}		
			Ciclo 2015/2016		
Testemunha	477,60	369,86	1343,19	26,55	38,66
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	432,25	354,42	1345,80	35,58	38,29
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	426,65	363,68	1534,46	31,50	44,58
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	426,65	351,46	1434,02	34,72	43,13
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	400,05	279,54	1371,43	31,81	39,93
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	370,65	289,98	1363,97	37,30	39,16
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	411,25	325,55	1311,25	31,26	39,25
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	375,20	313,86	1372,16	29,50	35,97
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	423,50	300,00	1290,22	27,01	37,97
Média	415,98	327,59	1374,05	31,69	39,66
CV (%)	13,9	19,5	9,4	14,3	11,1
			Contraste linear		
TPE	421,40±51,6	337,28±73,5	1421,42±130,9	33,40±4,1	41,48±5,3
PCa	395,15±47,0	307,35±45,0	1334,40±150,3	31,27±4,2	38,09±4,4
TPE x PCa	ns	ns	ns	ns	*
			Contrastes ortogonais polinomiais		
TPE					
Linear	ns	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns	ns
PCa					
Linear	ns	ns	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns	*	ns
			Ciclo 2016/2017		
Testemunha	322,68	231,44	958,72	42,79	38,26
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	324,75	199,80	819,19	34,89	34,44
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	326,71	227,42	986,43	32,08	35,25
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	304,68	213,47	890,88	34,36	34,82
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	262,39	221,53	963,51	33,42	35,21
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	297,05	196,06	925,37	38,61	40,56
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	344,99	199,07	880,45	37,16	35,33
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	286,69	191,05	885,64	38,90	37,10
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	335,38	154,40	754,90	38,37	33,96
Média	311,70	203,80	896,12	36,73	36,10
CV (%)	15,0	17,2	12,8	11,2	9,2
			Contraste linear		
TPE	304,64±50,4	215,55±27,9	915,00±111,8	33,69±2,1	34,93±3,1
PCa	316,03±42,9	185,15±36,0	861,59±79,9	38,26±4,3	36,74±2,7
TPE x PCa	ns	*	ns	**	ns
			Contrastes ortogonais polinomiais		
TPE					
Linear	ns	ns	ns	**	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns	ns
PCa					
Linear	*	*	ns	**	ns
Quadrática	ns	ns	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: no ciclo 2015/2016: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 41 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 61 DAPA e no ciclo 2016/2017: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 30 DAPA e 1/3 aos 59 DAPA.

No ciclo 2015/2016, todos os tratamentos apresentaram menor relação N/Ca em relação a testemunha (Tabela 56). o TPE apresentou comportamento linear enquanto que o PCa teve comportamento quadrático para a relação N/Ca (Tabela 56). Em 2016/2017, o TPE apresentou resposta quadrática para N/Ca (Tabela 56). Os valores da relação N/Ca superiores a 14 apresentam maiores riscos de ocorrência de 'bitter pit' (AMARANTE et al., 2010; 2012). Dessa forma, apenas no ciclo 2015/2016 a testemunha e o tratamento PCa 440 mg L^{-1} (3x) tiveram valores da relação N/Ca acima de 14 (Tabela 56).

Em 2015/2016, todos os tratamentos apresentaram menor relação K/Ca em comparação com o tratamento testemunha (Tabela 56). Em 2016/2017, o TPE apresentou comportamento linear para a relação K/Ca (Tabela 56). Stüpp et al. (2015) trabalhando com dois tipos de manejo (convencional e orgânico) sobre a composição mineral de maçãs verificaram que 'Fuji', em ambos os sistemas de manejo e 'Royal Gala' no sistema orgânico, tiveram relação K/Ca > 25, evidenciando maior probabilidade de ocorrência de distúrbios fisiológicos relacionados à deficiência de Ca em pós-colheita. No presente experimento verificou-se que no ciclo 2015/2016, todos os tratamentos apresentaram relação K/Ca > 25, com maior possibilidade de ocorrência de distúrbios fisiológicos (Tabela 56). No ciclo 2016/2017 todos os tratamentos, com exceção de TPE 220 mg L^{-1} (3x), TPE 330 mg L^{-1} (3x) e TPE 440 mg L^{-1} (3x), apresentaram relação K/Ca inferior a 25.

Verificou-se que no ciclo 2015/2016, todos os tratamentos apresentaram menor relação K+Mg/Ca em relação ao tratamento testemunha (Tabela 56). No ciclo 2016/2017, verificou-se que o TPE apresentou comportamento linear para a relação K+Mg/Ca (Tabela 56). Em maçãs, de acordo com Amarante et al. (2012), o valor crítico que pode culminar no comprometimento da qualidade pós-colheita na relação K+Mg/Ca é superior a 30. Dessa forma, no presente trabalho constatou-se que no primeiro ciclo avaliado todos os tratamentos tiveram valores da relação K+Mg/Ca acima de 30, podendo comprometer a qualidade pós-colheita dos frutos (Tabela 56). Já no ciclo 2016/2017 apenas os tratamentos TPE 220 mg L^{-1} (3x) e TPE 440 mg L^{-1} (3x) tiveram valores da relação K+Mg/Ca acima de 30.

Tabela 54 - Valores das relações nitrogênio/cálcio (N/Ca), potássio/cálcio (K/Ca) e potássio e magnésio/cálcio (K+Mg/Ca) na polpa fresca de maçãs 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapaque-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa) nos ciclos 2015/2016 e 2016/2017. Vacaria, RS.

Tratamentos	N/Ca	K/Ca	K+Mg/Ca
		Ciclo 2015/2016	
Testemunha	18,03	51,04	52,51
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	12,17	38,34	39,44
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	13,71	49,44	50,86
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	12,39	41,19	42,42
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	12,47	43,57	44,83
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	9,96	36,69	37,74
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	13,57	44,15	45,45
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	12,77	47,77	49,01
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	15,67	47,72	49,12
Média	13,42	44,43	45,71
CV (%)	13,8	15,4	15,4
		Contraste linear	
TPE	12,69±1,4	43,13±5,7	44,39±5,9
PCa	13,00±1,5	44,08±8,4	45,33±8,6
TPE x PCa	ns	ns	ns
		Contrastes ortogonais polinomiais	
TPE			
Linear	**	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns
PCa			
Linear	ns	ns	ns
Quadrática	**	ns	ns
		Ciclo 2016/2017	
Testemunha	7,55	22,91	23,82
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	9,35	23,36	24,35
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	10,17	30,73	31,83
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	8,88	26,09	27,11
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	7,86	29,07	30,13
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	7,83	24,50	25,58
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	9,36	23,73	24,68
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	7,39	22,92	23,88
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	8,82	20,05	20,95
Média	8,58	24,82	25,81
CV (%)	17,2	16,6	16,5
		Contraste linear	
TPE	9,07±1,5	27,31±3,5	28,36±3,6
PCa	8,35±1,4	22,80±3,7	23,77±3,9
TPE x PCa	ns	**	**
		Contrastes ortogonais polinomiais	
TPE			
Linear	ns	*	*
Quadrática	**	ns	ns
PCa			
Linear	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: no ciclo 2015/2016: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 41 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 61 DAPA e no ciclo 2016/2017: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 30 DAPA e 1/3 aos 59 DAPA.

5.3.6 Análises pós-colheita

Após o período de 240 dias de armazenamento refrigerado, no ciclo 2016/2017, apenas a incidência de podridões foi afetada pelos tratamentos, onde os valores foram inferiores nos frutos oriundos de plantas tratadas com TPE ou PCa em comparação com a testemunha (Tabela 57). A incidência de podridões reduziu linearmente com o aumento na dose de TPE. Plantas tratadas com TPE apresentaram frutos com maior firmeza de polpa que PCa.

Tabela 55 - Firmeza de polpa (FP), sólidos solúveis (SS) e incidência de podridões (%) em frutos de macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapac-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2016/2017, após o período de armazenamento em atmosfera controlada (AC) a 0,5±1ºC e umidade relativa (UR) 90±5%, por um período de 240 dias. Vacaria, RS.

Tratamentos	FP (N)	SS (%)	Podridões (%)
Testemunha	54,2	13,6	34,3
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	57,5	13,8	25,4
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	56,2	13,2	26,0
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	55,5	13,3	22,1
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	60,7	14,2	23,5
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	54,5	13,6	21,7
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	54,5	13,3	25,3
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	53,6	13,2	25,8
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	54,0	13,2	19,1
Média	55,7	13,5	24,8
CV (%)	7,4	3,9	18,4
		Contraste linear	
TPE	57,5±5,5	13,6±0,58	24,3±6,8
PCa	54,2±1,3	13,3±1,9	23,0±10,5
TPE x PCa	*	ns	ns
		Contrastes ortogonais polinomiais	
TPE			
Linear	ns	ns	*
Quadrática	ns	ns	ns
PCa			
Linear	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.
Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 30 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 59 DAPA.

Após o armazenamento refrigerado mais 7 dias a 20ºC, nenhuma diferença foi observada para FP, SS ou na incidência de podridões nos frutos (Tabela 58). Observou-se uma tendência de aumento na firmeza de polpa com o aumento da dose de TPE.

Tabela 56 - Firmeza de polpa (FP), sólidos solúveis (SS) e incidência de podridões (%) em frutos de macieiras 'Fuji Kiku' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com trinexapac-etílico (TPE) e proexadiona cálcica (PCa), no ciclo 2016/2017, após o período de armazenamento em atmosfera controlada (AC) a 0,5±1ºC e umidade relativa (UR) 90±5%, por um período de 240 dias mais sete dias de exposição a temperatura de 20ºC.

Tratamentos	FP (N)	SS (%)	Podridões (%)
Testemunha	52,1	12,2	26,8
°TPE 110 mg L^{-1} (3x)	49,7	12,6	40,7
°TPE 220 mg L^{-1} (3x)	51,9	12,4	25,4
°TPE 330 mg L^{-1} (3x)	52,5	12,9	42,2
°TPE 440 mg L^{-1} (3x)	56,0	13,1	42,0
°PCa 110 mg L^{-1} (3x)	53,0	12,5	28,5
°PCa 220 mg L^{-1} (3x)	49,7	13,3	25,9
°PCa 330 mg L^{-1} (3x)	52,0	11,6	44,3
°PCa 440 mg L^{-1} (3x)	55,1	11,3	14,0
Média	52,5	12,4	32,2
CV (%)	6,2	9,2	29,7
		Contraste linear	
TPE	52,5±2,7	12,8±0,65	37,6±21,9
PCa	52,5±3,4	12,2±1,1	28,2±11,2
TPE x PCa	ns	ns	ns
		Contrastes ortogonais polinomiais	
TPE			
Linear	*	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns
PCa			
Linear	ns	ns	ns
Quadrática	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Para contrastes lineares e ortogonais polinomiais, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Dose total de ingrediente ativo, parcelada em três aplicações: 1/3 quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, 1/3 aos 30 dias após a primeira aplicação (DAPA) e 1/3 aos 59 DAPA.

Nas avaliações após a armazenagem não foi verificada a presença do distúrbio fisiológico 'bitter pit'. Segundo Ferguson; Watkins (1989) os principais fatores que predispõem a ocorrência de 'bitter pit' em maçãs são os baixos teores de Ca e elevados teores de Mg, K e N nos frutos. Dessa forma, as elevadas relações de K/Ca, (K+Mg)/Ca e N/Ca proporcionam frutos mais suscetíveis a esse distúrbio fisiológico (FAUST; SHEAR, 1968; FERGUSON; WATKINS, 1989; ARGENTA; SUZUKI, 1994; NACHTIGALL; FREIRE, 1998; BASSO, 2002; AMARANTE et al., 2006a e 2006b). Porém, mesmo com os baixos teores de Ca na polpa, inferiores a 40 mg kg^{-1} (tabela 55), considerado o nível crítico (ARGENTA; SUZUKI, 1994; AMARANTE et al., 2012) não foram observados frutos com 'bitter pit' no presente experimento.

O resultado para a firmeza de polpa encontrado no presente trabalho difere do reportado por alguns autores. Silveira (2011) trabalhando com macieiras 'Catarina' e Greene

(1999) com ‘McIntosh’ constataram que frutos de plantas pulverizadas com PCa apresentaram maior firmeza de polpa após o período de armazenamento.

Com relação à incidência de podridões, em macieiras ‘Braeburn’ não houve diferença entre PCa e o tratamento controle após dois meses de armazenamento e mais cinco dias de exposição ambiente (SILVEIRA, 2015). Macieiras ‘Fuji’ e ‘Gala’ tratadas com PCa não apresentaram frutos com diferença do controle em relação à incidência de podridões, após o armazenamento em câmara fria convencional, por quatro meses, mais cinco dias de comercialização simulada (SILVEIRA, 2015). Para BRACKMANN et al. (2002), um dos maiores problemas durante o armazenamento de maçãs ‘Fuji’ são a redução acentuada do conteúdo de ácidos, o desenvolvimento de degenerescência da polpa e a ocorrência de podridões. Ainda, segundo Sanhueza et al. (2011) as perdas no período pós-colheita de maçãs são, em grande parte, ocasionadas pelas podridões dos frutos.

Desta forma, embora outros autores não tenham relatado redução na incidência de podridões, no presente experimento isso foi observado e poderia ser uma consequência da redução do crescimento dos ramos, o que permite maior eficiência na aplicação de fungicidas e menor umidade no interior da copa, o que poderia estar relacionado com a redução de podridões.

5.4 CONCLUSÕES

Proexadiona cálcica e trinexapaque-etílico reduzem o crescimento de ramos de macieiras ‘Fuji Kiku’ enxertadas sobre Marubakaido/M9, cultivadas sob tela antigranizo, porém a magnitude da eficiência de controle varia entre as diferentes porções do dossel, e ainda é fortemente influenciada pela carga de frutos.

Proexadiona cálcica é mais eficiente que trinexapaque-etílico no controle do crescimento de ramos do ano em macieiras ‘Fuji Kiku’, enxertadas sobre Marubakaido/M9, cultivadas sob tela antigranizo.

Aplicações de trinexapaque-etílico e proexadiona cálcica mostram potencial para aumento o número e a massa de frutos por planta, porém doses de 440 mg L^{-1} (3x) não provocam incremento superior à testemunha.

Trinexapaque-etílico e proexadiona cálcica aumentam a tonalidade vermelha dos frutos e reduzem o brilho e a intensidade da cor em macieiras cultivadas sob tela antigranizo, principalmente na face do frutos exposta à radiação solar.

6 CAPÍTULO III: INIBIDORES DE BIOSSÍNTESE DE GIBERELINAS NO CONTROLE DO CRESCIMENTO VEGETATIVO DE MACIEIRAS 'CRIPPS PINK' SOB TELA ANTIGRANIZO

6.1 INTRODUÇÃO

A produção de maçãs é uma atividade agrícola de grande importância socioeconômica no Sul do Brasil. O cultivo da macieira tem sido preconizado em regiões de altitude em razão de melhores condições climáticas para a produção e qualidade de frutos. Embora estas regiões proporcionem maior ocorrência de frio durante o período de outono/inverno, necessário para adequada superação da dormência, a ocorrência de precipitações de granizo é frequente, com potencial de causar severos danos à produção frutícola (MARTINS et al., 2017).

Para minimizar os danos decorrentes do granizo nos pomares de macieira, muitos produtores têm utilizado o sistema de proteção com telas antigranizo, sobretudo em cultivares tardias, como 'Cripp's Pink'. Essa medida torna-se necessária uma vez que os frutos acometidos pelo granizo são danificados, as lesões podem favorecer a entrada de patógenos e, ainda, os danos causados em ramos e folhas das plantas podem comprometer as produções futuras (LEITE et al., 2002).

Nas condições climáticas do Sul do Brasil, o uso de telas antigranizo provoca alterações no microclima do pomar, o que afeta as relações planta-ambiente (BOSCO et al., 2013), podendo resultar em alterações na quantidade e qualidade dos frutos (AMARANTE et al., 2009; SOLOMAKHIN; BLANKE, 2010; UMANZOR et al., 2017).

Um longo período de crescimento vegetativo dos ramos de macieira, principalmente quando associado à ciclos com baixa frutificação (HAWERROTH; PETRI, 2014). Este crescimento pode ser ainda potencializado pelo uso de telas antigranizo (AMARANTE et al., 2009), principalmente em cultivares com hábito de crescimento mais vigoroso, como ocorre na cultivar Cripps Pink.

Como consequência do crescimento vegetativo excessivo, o manejo dos pomares de macieira é dificultado, comprometendo a produção, a qualidade dos frutos e o controle de pragas e de doenças, além de elevar o custo das atividades de poda (FORSHEY et al., 1992; BYERS; YODER, 1999; BASAK; RADEMACHER, 2000; COSTA et al., 2002; GREENE, 2007). Por isso, devem ser utilizadas práticas culturais que promovam o adequado balanço entre o desenvolvimento vegetativo e a produção de frutos (HAWERROTH; PETRI, 2014). Sempre que possível, deve-se priorizar meios naturais de controle do vigor, com o uso de

porta-enxertos de menor vigor, as podas de formação e frutificação e o arqueamento dos ramos. Contudo, quando essas medidas não são passíveis de serem implementadas ou não são suficientes para restringir o vigor da copa, a redução do desenvolvimento vegetativo pode ser obtida pelo uso de substâncias químicas reguladoras de crescimento (HAWERROTH; PETRI, 2014).

Substâncias inibidoras da biossíntese de giberelinas, como a proexadiona cálcica (PCa) e o trinexapaque-etílico (TPE), podem reduzir o crescimento de ramos de macieira (MILLER, 2002; RADEMACHER et al., 2006; HAWERROTH et al., 2012a; HAWERROTH; PETRI, 2014; PETRI et al., 2016). As duas moléculas, em suas formas ativas, apresentam modo de ação semelhante, interferindo na formação de giberelinas ativas (GA_1), o que resulta em redução temporária do elongamento de entrenó e causa redução do crescimento longitudinal dos ramos (GRAEBE, 1987; EVANS et al., 1999; DAVIES, 2004; HECKMAN et al., 2002).

Contudo, a resposta para os inibidores de biossíntese de giberelinas depende do padrão sazonal de crescimento das plantas (PRIVÉ et al., 2006), além dos fatores climáticos e aspectos relativos ao manejo do pomar.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito dos inibidores de biossíntese de giberelinas, PCa e TPE, no controle do crescimento vegetativo de macieiras e o impacto sobre a produção e qualidade, na colheita, dos frutos de 'Cripps Pink' cultivada sob tela antigranizo, em Vacaria, RS.

6.2 MATERIAL E MÉTODOS

O material e métodos foi realizado conforme descrito no tópico 3.2

6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.3.1 Crescimento vegetativo

Os inibidores de GAs mostraram-se efetivos em reduzir o comprimento dos ramos da 'Cripps Pink' em cultivo sob tela (Tabelas 61, 62 e 63). No entanto, o efeito foi variável entre os ciclos avaliados.

De maneira geral, no ciclo 2015/2016 todos os tratamentos reduziram a frequência de ramos em classes com mais de 60 cm de comprimento em relação à testemunha, no patamar

inferior da planta (Tabela 61). Todos os tratamentos de PCa e TPE proporcionaram aumento na frequência de ramos na clases < 20 cm em relação a testemunha. Na classe ≥ 20 e < 40 cm todos os tratamentos com PCa e os tratamentos de TPE 55 mg L^{-1} em 4 aplicações reduziram a frequência de ramos em relação a testemunha. Na comparação entre PCa x TPE, o contraste demonstrou que a PCa nas doses testadas aumentou a percentagem de ramos nas classes de menor comprimento, comparado ao TPE, apresentando assim maior eficiência.

No ciclo 2016/17, a distribuição de ramos em diferentes classes de comprimento não foi afetada pelos tratamentos (Tabela 61).

Tabela 57 - Distribuição percentual dos ramos por classes de comprimento, avaliados no patamar inferior da planta, em macieiras 'Cripps Pink' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com proexadiona cálcica (PCa) e trinexapaque-etílico (TPE), nos ciclos 2015/2016 e 2016/2017. Vacaria, RS.

Programa	< 20 cm [(1)]	≥ 20 e < 40 cm [(1)]	≥ 40 e < 60 cm [(1)]	≥ 60 cm [(1)]
		Ciclo 2015/2016		
1) Testemunha	36,7	38,7	16,8	7,9
2) °PCa 55 mg L^{-1} x 3	74,1	21,7	3,3	0,9
3) °PCa 55 mg L^{-1} x 4	78,8	20,2	0,9	0,1
4) °PCa 165 mg L^{-1} x 2	69,1	26,9	4,0	0,0
5) °PCa 110 mg L^{-1} x 3	77,2	19,3	3,1	0,4
6) °TPE 55 mg L^{-1} x 3	44,7	39,3	13,8	2,2
7) °TPE 55 mg L^{-1} x 4	50,0	38,9	10,4	0,7
8) °TPE 165 mg L^{-1} x 2	54,5	35,6	10,6	0,3
9) °TPE 110 mg L^{-1} x 3	74,5	22,0	3,3	0,3
Média	62,2	29,1	7,4	1,4
CV (%)	12,7	16,6	36,8	82,1
		Contrastes		
Testemunha x PCa e TPE	**	*	**	**
PCa x TPE	**	**	**	ns
		Ciclo 2016/2017		
1) Testemunha	71,7	25,6	2,3	0,5
2) °PCa 55 mg L^{-1} x 3	73,3	24,5	1,2	1,1
3) °PCa 55 mg L^{-1} x 4	72,5	25,6	1,7	0,3
4) °PCa 165 mg L^{-1} x 2	80,6	19,1	0,3	0,0
5) °PCa 110 mg L^{-1} x 3	71,1	26,8	1,4	0,8
6) °TPE 55 mg L^{-1} x 3	73,3	22,5	3,3	0,8
7) °TPE 55 mg L^{-1} x 4	77,3	21,7	0,8	0,2
8) °TPE 165 mg L^{-1} x 2	75,3	22,9	1,6	0,2
9) °TPE 110 mg L^{-1} x 3	81,5	17,8	0,7	0,0
Média	75,2	22,9	1,5	0,4
CV (%)	6,8	13,0	70,6	166,5
		Contrastes		
Testemunha x PCa e TPE	ns	ns	ns	ns
PCa x TPE	ns	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

[(1)] variável transformada pela equação $\text{arco.sen}\sqrt{x/100}$; Para contrastes, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Parcelamentos: a) 2015/2016: primeira aplicação quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, sendo a segunda, terceira e quarta aplicações realizadas aos 33, 63 e 96 dias após a primeira aplicação (DAPA), respectivamente; b) 2016/2017: primeira aplicação quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, sendo a segunda, terceira e quarta aplicações realizadas aos 28, 60 e 88 DAPA, respectivamente.

No ciclo 2015/2016, no patamar mediano, todos os tratamentos com PCa e TPE 110 mg L^{-1} em 3 aplicações foram efetivos em reduzir o crescimento dos ramos, exibindo alta frequência de ramos com menos de 20 cm de comprimento (Tabela 62).

Em 2016/2017, todos os tratamentos reduziram a percentagem de ramos na classe ≥ 40 e < 60 cm com relação à testemunha, de acordo com a análise de contraste.

Tabela 58 - Distribuição percentual dos ramos por classes de comprimento, avaliados no patamar mediano da planta, em macieiras 'Cripps Pink' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com proexadiona cálcica (PCa) e trinexapaque-etílico (TPE), nos ciclos 2015/2016 e 2016/2017. Vacaria, RS.

Programa	< 20 cm [(1)]	≥ 20 e < 40 cm [(1)]	≥ 40 e < 60 cm [(1)]	≥ 60 cm [(1)]
		Ciclo 2015/2016		
1) Testemunha	42,8	39,1	11,6	6,6
2) °PCa 55 mg L^{-1} x 3	73,8	21,3	3,9	1,1
3) °PCa 55 mg L^{-1} x 4	87,4	12,1	0,3	0,3
4) °PCa 165 mg L^{-1} x 2	70,8	26,6	1,9	0,7
5) °PCa 110 mg L^{-1} x 3	79,2	17,1	1,4	2,2
6) °TPE 55 mg L^{-1} x 3	59,7	28,0	6,3	6,0
7) °TPE 55 mg L^{-1} x 4	47,7	42,4	8,8	1,1
8) °TPE 165 mg L^{-1} x 2	58,6	30,3	9,8	2,3
9) °TPE 110 mg L^{-1} x 3	79,7	16,9	3,4	0,0
Média	66,6	26,0	5,3	2,1
CV (%)	15,3	24,4	59,1	116,8
		Contrastes		
Testemunha x PCa e TPE	**	**	**	**
PCa x TPE	**	*	**	ns
		Ciclo 2016/2017		
1) Testemunha	75,72	20,51	3,10	0,67
2) °PCa 55 mg L^{-1} x 3	81,91	17,66	0,43	0,00
3) °PCa 55 mg L^{-1} x 4	73,84	24,23	0,89	1,04
4) °PCa 165 mg L^{-1} x 2	86,22	13,78	0,00	0,00
5) °PCa 110 mg L^{-1} x 3	73,21	24,63	0,70	1,46
6) °TPE 55 mg L^{-1} x 3	73,12	25,55	0,95	0,37
7) °TPE 55 mg L^{-1} x 4	72,61	26,41	0,74	0,24
8) °TPE 165 mg L^{-1} x 2	78,05	20,13	1,82	0,00
9) °TPE 110 mg L^{-1} x 3	83,23	15,25	1,22	0,30
Média	77,55	20,91	1,10	0,45
CV (%)	11,0	23,3	109,9	157,5
		Contrastes		
Testemunha x PCa e TPE	ns	ns	*	ns
PCa x TPE	ns	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

[(1)] variável transformada pela equação $\text{arco.sen}\sqrt{x/100}$; Para contrastes, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Parcelamentos: a) 2015/2016: primeira aplicação quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, sendo a segunda, terceira e quarta aplicações realizadas aos 33, 63 e 96 dias após a primeira aplicação (DAPA), respectivamente; b) 2016/2017: primeira aplicação quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, sendo a segunda, terceira e quarta aplicações realizadas aos 28, 60 e 88 DAPA, respectivamente.

No patamar superior, durante o ciclo 2015/2016, o contraste apontou redução da frequência de ramos em classes com maior comprimento em função dos inibidores de GAs, com destaque para os tratamentos com PCa 55 mg L^{-1} em 3 ou 4 aplicações e PCa 110 mg L^{-1}

em 3 aplicações (Tabela 63). Estes tratamentos proporcionaram alta frequência de ramos com menos de 20 cm de comprimento.

No ciclo 2016/2017, não houve alteração no comprimento médio dos ramos, no patamar superior, em função da aplicação de PCa e TPE (Tabela 63).

Tabela 59 - Distribuição percentual dos ramos por classes de comprimento, avaliados no patamar superior da planta, em macieiras 'Cripps Pink' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com proexadiona cálcica (PCa) e trinexapaque-etílico (TPE), nos ciclos 2015/2016 e 2016/2017. Vacaria, RS.

Programa	< 20 cm [(1)]	≥ 20 e < 40 cm [(1)]	≥ 40 e < 60 cm [(1)]	≥ 60 cm [(1)]
		Ciclo 2015/2016		
1) Testemunha	38,1	30,9	22,1	8,9
2) °PCa 55 mg L^{-1} x 3	80,0	16,0	2,5	1,6
3) °PCa 55 mg L^{-1} x 4	85,5	14,5	0,0	0,0
4) °PCa 165 mg L^{-1} x 2	71,4	24,2	4,4	0,0
5) °PCa 110 mg L^{-1} x 3	81,0	16,0	1,3	1,8
6) °TPE 55 mg L^{-1} x 3	57,1	24,1	13,0	5,8
7) °TPE 55 mg L^{-1} x 4	41,7	25,4	5,5	2,4
8) °TPE 165 mg L^{-1} x 2	66,0	25,9	7,6	0,5
9) °TPE 110 mg L^{-1} x 3	76,0	17,2	6,8	0,0
Média	66,3	21,6	7,0	2,3
CV (%)	30,7	58,7	85,2	133,1
		Contrastes		
Testemunha x PCa e TPE	*	ns	**	**
PCa x TPE	*	ns	*	ns
		Ciclo 2016/2017		
1) Testemunha	75,00	18,91	2,45	3,64
2) °PCa 55 mg L^{-1} x 3	67,65	28,11	2,57	1,67
3) °PCa 55 mg L^{-1} x 4	79,62	20,38	0,00	0,00
4) °PCa 165 mg L^{-1} x 2	82,39	17,17	0,44	0,00
5) °PCa 110 mg L^{-1} x 3	76,00	19,07	1,79	3,14
6) °TPE 55 mg L^{-1} x 3	72,96	22,10	2,64	2,31
7) °TPE 55 mg L^{-1} x 4	76,26	20,13	2,10	1,52
8) °TPE 165 mg L^{-1} x 2	70,73	26,61	1,15	1,52
9) °TPE 110 mg L^{-1} x 3	85,24	12,45	1,39	0,93
Média	74,00	20,00	1,61	1,63
CV (%)	21,6	28,2	123,9	125,9
		Contrastes		
Testemunha x PCa e TPE	ns	ns	ns	ns
PCa x TPE	ns	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

[(1)] variável transformada pela equação $\text{arco.sen}\sqrt{x/100}$; Para contrastes, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Parcelamentos: a) 2015/2016: primeira aplicação quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, sendo a segunda, terceira e quarta aplicações realizadas aos 33, 63 e 96 dias após a primeira aplicação (DAPA), respectivamente; b) 2016/2017: primeira aplicação quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, sendo a segunda, terceira e quarta aplicações realizadas aos 28, 60 e 88 DAPA, respectivamente.

No ciclo 2016/2017 o crescimento dos ramos foi menor, mesmo no tratamento testemunha. Possivelmente, o baixo crescimento dos ramos foi consequência da alta carga de frutos observada. As altas cargas de frutos reduzem drasticamente o crescimento vegetativo, devido à alta competição por carboidratos e nutrientes entre todos os órgãos dreno da planta,

agindo como um controle natural do excesso de crescimento vegetativo (ROBINSON, 2008; SMITH; SAMACH, 2013).

A redução do crescimento dos ramos em resposta aos tratamentos com inibidores de GAs no ciclo 2015/2016 se deu pelo menor elongamento de entrenó, observado em todos os tratamentos com PCA ou TPE (Tabela 64). Já o número médio de gemas por ramo não foi influenciado pelos tratamentos.

No ciclo 2016/2017 as variáveis comprimento médio de ramo, números de gemas por ramos e comprimento médio de entrenós não sofreram influência dos tratamentos.

Tabela 60 - Comprimento médio de ramos (CMR), número médio de gemas por ramo (NMGR) e comprimento médio de entrenós (CME) em resposta as aplicações de proexadiona cálcica (PCa) e trinexapaque-etílico (TPE), em macieiras 'Cripps Pink' cultivadas sob tela antigranizo, nos ciclos 2015/2016 e 2016/2017. Vacaria, RS.

Programa	CMR (cm)	NMGR	CME (cm)
		Ciclo 2015/16	
1) Testemunha	32,2	12,6	2,5
2) °PCa 55 mg L^{-1} x 3	20,0	11,4	1,7
3) °PCa 55 mg L^{-1} x 4	19,3	10,2	1,9
4) °PCa 165 mg L^{-1} x 2	18,1	10,1	1,7
5) °PCa 110 mg L^{-1} x 3	18,0	10,9	1,7
6) °TPE 55 mg L^{-1} x 3	28,4	15,4	1,8
7) °TPE 55 mg L^{-1} x 4	28,7	14,6	2,0
8) °TPE 165 mg L^{-1} x 2	23,6	13,4	1,8
9) °TPE 110 mg L^{-1} x 3	18,1	13,2	1,4
Média	22,9	12,4	1,8
CV (%)	24,5	18,5	12,6
		Contrastes	
Testemunha x PCa e TPE	**	ns	**
PCa x TPE	**	**	ns
		Ciclo 2016/17	
1) Testemunha	18,2	9,0	2,0
2) °PCa 55 mg L^{-1} x 3	18,5	8,9	2,1
3) °PCa 55 mg L^{-1} x 4	17,5	8,5	2,1
4) °PCa 165 mg L^{-1} x 2	14,4	7,3	2,0
5) °PCa 110 mg L^{-1} x 3	20,8	10,0	2,1
6) °TPE 55 mg L^{-1} x 3	20,2	9,9	2,0
7) °TPE 55 mg L^{-1} x 4	16,3	8,4	1,9
8) °TPE 165 mg L^{-1} x 2	17,2	8,8	2,0
9) °TPE 110 mg L^{-1} x 3	15,4	8,3	1,8
Média	17,6	8,8	2,0
CV (%)	23,3	20,5	7,9
		Contrastes	
Testemunha x PCa e TPE	ns	ns	ns
PCa x TPE	ns	ns	*

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Para contrastes, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Parcelamentos: a) 2015/2016: primeira aplicação quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, sendo a segunda, terceira e quarta aplicações realizadas aos 33, 63 e 96 dias após a primeira aplicação (DAPA), respectivamente; b) 2016/2017: primeira aplicação quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, sendo a segunda, terceira e quarta aplicações realizadas aos 28, 60 e 88 DAPA, respectivamente.

O número de gemas e, consequentemente, de nós por ramo está relacionado à característica de cada cultivar, porém variações são observadas entre diferentes ciclos (SELEZNYOVA et al., 2003). Em estudo com porta-enxertos que imprimem diferente vigor à copa, Seleznyova et al. (2003) observaram que, embora exista alteração do comprimento dos ramos em função do porta-enxerto, eles não alteram a correlação linear entre o comprimento médio dos ramos e o número de nós por ramo.

Em macieiras, o crescimento dos ramos ocorre pela adição de pequenas unidades de crescimento, definidas como metâmeros, as quais são compostas por um nó, uma folha, uma gema axilar e um entrenó (SELEZNYOVA et al., 2008). O conjunto de metâmeros forma as unidades de crescimento, que constituem os ramos, os quais podem ser formados por um ou mais fluxos de crescimento. O número de fluxos que compõem um ramo pode ser influenciado por diferentes fatores, como característica da copa, porta-enxerto, fatores ambientais, dentre outros (SELEZNYOVA et al., 2003).

Em plantas jovens ocorre alta frequência de ramos que apresentam mais de um fluxo de crescimento por ano ou ramos com crescimento vegetativo ininterrupto, enquanto que as plantas adultas apresentam alta proporção de ramos com apenas um fluxo de crescimento ou estruturas vegetativas sem fluxo de crescimento, os dardos (SELEZNYOVA et al., 2008).

Os estudos sobre o controle de crescimento de ramos em macieiras têm envolvido diversas linhas de pesquisa. Dentre elas, o efeito do porta-enxerto sobre a redução do crescimento vegetativo tem sido alvo de diversos estudos, pois esta ferramenta é uma das mais eficientes em regular o crescimento da copa. O M.9, um porta-enxerto de baixo vigor, apresenta diversas alterações no metabolismo da copa, comparado com os outros porta-enxertos. Este porta-enxerto proporciona uma parada precoce do alongamento dos ramos, reduzindo fortemente a proporção de ramos com mais de um fluxo anual de crescimento ou de ramos com crescimento ininterrupto e aumentando a frequência de ramos florais (SELEZNYOVA et al., 2008; FOSTER et al., 2017).

A parada precoce no crescimento dos ramos de macieira enxertadas sobre M.9 está associada a um desbalanço de carboidratos no porta-enxerto (FOSTER et al., 2017). Plantas de ‘Royal Gala’ sobre M.9 exibiram estado de escassez de carboidratos solúveis, frutose e glicose, o que causa estado de baixa atividade celular (FOSTER et al., 2017). Porém, os teores de amido nas raízes foram elevados, o que demonstrou uma incapacidade de mobilizar as reservas disponíveis. Foster et al. (2017) observaram ainda superacumulação de flavonoides e baixa atividade de transportadores de influxo de auxina, prejudicando o transporte polar do fitohormônio.

Outra linha de estudo têm sido a seleção de cultivares copa com menor crescimento vegetativo. Dentre as rotas metabólicas conhecidas, a biossíntese de giberelina e os mecanismos que regulam o crescimento das plantas são bem conhecidos e por isso têm sido alvo do melhoramento genético para a obtenção de genótipos ananizantes. Steffens et al. (1989) através de população obtida por *sibcrossing* natural das macieiras 'Golden Delicious' x 'Delicious' observaram genótipos termosensíveis, com paralisação do crescimento em temperatura acima de 28ºC. O mecanismo ananizante foi associado à baixa resposta à GAs e redução na conversão de GA_{19} para GA_{20} (STEFFENS; HEDDEN, 1992). Foram buscadas também linhagens transgênicas, com supressão do gene que codifica para GA 20-oxidase. Esta alteração resultou na formação de genótipos ananizantes, com redução no número e comprimento de entrenós, e também redução no tamanho das folhas e comprimento do pecíolo (BULLEY et al., 2005). Porém, os autores observaram baixo crescimento mesmo quando os genótipos foram enxertados sobre porta-enxertos vigorosos, o que poderia dificultar a formação da copa. Os autores observaram que parte das caraterísticas, como o comprimento de entrenós e o número de deles, foi alterado pela aplicação de GA_3.

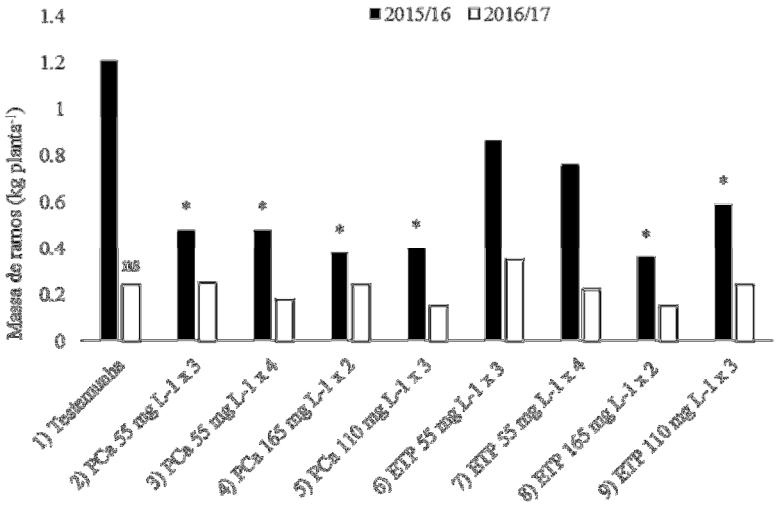
Contudo, em alguns casos o controle proporcionado pela copa e pelo porta-enxerto pode ser insuficiente, sobretudo em regiões que proporcionam longo período de crescimento vegetativo. Nestas condições, o controle químico pela aplicação de reguladores de crescimento é uma ferramenta disponível e eficiente para o controle do excesso de crescimento da planta (RADEMACHER, 2000; BULLEY et al., 2005).

Dentre os reguladores de crescimento, a PCa tem apresentado eficiência em reduzir o comprimento de ramos de macieira. Fatores relacionados ao número de aplicações, dose e ao vigor da planta apresentam grande influência sobre a eficiência da aplicação da PCa como reguladora do crescimento de ramos (MILLER, 2002).

De acordo com Atay; Koyuncu et al. (2017), a aplicação de PCa reduz o comprimento dos ramos em consequência da redução do comprimento de entrenós, porém sem afetar o número total deles.

As alterações morfológicas observadas nos ramos, como redução de comprimento de entrenós e comprimento dos ramos refletiu também em redução na massa de ramos retirados na poda (Figura 7).

Figura 7 - Massa total de ramos podados em resposta as aplicações de proexadiona cálcica (PCa) e trinexapaque-etílico (TPE), em macieiras 'Cripps Pink' cultivadas sob tela antigranizo, nos ciclos 2015/2016 e 2016/2017. Vacaria, RS.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

A redução na massa de poda pela aplicação de PCa foi também observada em macieiras 'Catarina' e 'Fuji' (SILVEIRA et al., 2012), 'Fuji Suprema' (HAWERROTH; PETRI, 2014); 'Imperial Gala' (HAWERROTH, 2012a), 'Starkrinsom' (BYERS; YODER, 1999), assim como em pereiras 'Hosui' (HAWERROTH et al., 2012b).

As aplicações da PCa são eficientes em reduzir o vigor das brotações principalmente quando realizadas precocemente, durante a floração, e conforme observado por Miller (2002), a aplicação de dose alta em única parcela pode ser tão efetiva quanto o parcelamento em várias aplicações com doses baixas.

Atay; Koyuncu et al. (2017) observaram que duas aplicações de PCa, sendo a primeira de 75 mg L^{-1} na queda de pétalas e a segunda de 50 mg L^{-1}, três semanas após a primeira controlaram eficientemente o crescimento dos ramos de 'Golden Delicious'. Conforme demonstrado pelos autores, plantas testemunha exibiram rápido crescimento dos ramos até 45 dias após a plena floração (DAPF), atingindo em média 39 cm de comprimento. Por outro lado, as plantas tratadas com PCa apresentaram crescimento linear até 75 DAPF, porém em menor intensidade em relação a testemunha, atingindo em média 25 cm de comprimento de ramo. Os autores destacaram ainda que devido ao fato da meia vida do produto ser curta, uma única aplicação pode ser menos efetiva no controle do crescimento, sendo mais vantajoso a realização de outras aplicações posteriores a primeira no intuito de evitar a retomada do crescimento.

Já Greene (2007) observou que uma aplicação de PCa 125 mg L^{-1} foi tão eficiente em conter o crescimento dos ramos da macieira 'McIntosh' quanto duas aplicações desta mesma

dose ou uma aplicação de 250 mg L^{-1}. Contudo, o autor destaca que o parcelamento da dose em um número maior de aplicações poderia evitar efeitos negativos observados em algumas condições, como a redução do calibre dos frutos. Duyvelshoff; Cline (2013) verificaram redução do crescimento de ramos com duas aplicações de 125 mg L^{-1} de PCa em macieiras 'Northern Spy'/M.9. Mata et al. (2006) verificaram que a aplicação de 150 mg L^{-1} na plena floração seguido de mais duas aplicações, 150 mg L^{-1} aos 40 DAPF e 50 mg L^{-1} aos 57 DAPF, proporcionaram controle eficiente do crescimento de ramos. Dayatilake et al. (2005) verificaram que a aplicação de PCa 125 g ha^{-1} em duas épocas, sendo a primeira quando os brotos apresentavam cerca de 1 cm e a segunda 2,5 semanas após, também reduziu significativamente o crescimento de ramos em 'Royal Gala'/MM.106.

A aplicação de alta dose de PCa (330 mg L^{-1}) proporcionou controle do crescimento de ramos em macieiras 'Imperial Gala' e 'Fuji Suprema', porém somente quando aplicado até 28 DAPF (HAWERROTH et al., 2012a; HAWERROTH; PETRI, 2014). Porém, Hawerroth; Petri (2014) destacam que em condições que proporcionem crescimento vegetativo excessivo uma única aplicação, mesmo que em alta dose, pode ser insuficiente para reduzir o vigor das brotações.

Da mesma forma, Byers; Yoder (1999) destacam que o parcelamento de aplicação proporciona controle mais eficiente do crescimento que aplicações isoladas. Devido ao fato de grande parte do crescimento dos ramos (cerca de 75%) ocorrer no período até cerca de 30 DAPF, o programa de aplicações deve iniciar precocemente para controlar o primeiro fluxo de crescimento dos brotos. Nas condições avaliadas pelos autores, a dose 125 mg L^{-1} na primeira aplicação aos 23 DAPF e aplicações posteriores foi requerida para o controle do crescimento.

No presente experimento, em condições de tela, o controle do crescimento dos ramos da 'Cripps Pink' foi alcançado com o programa de aplicações de PCa em doses mais baixas em relação aquelas observadas por outros autores. De uma forma geral, doses de PCa 55 mg L^{-1} parceladas em três aplicações, com a primeira quando os brotos atingiram cerca de 5 cm e as demais aos 33 e 63 dias após, ou quatro aplicações, com as mesmas épocas descritas anteriormente mais uma aos 96 dias após a primeira, foram suficientes para reduzir o comprimento final dos brotos.

Com relação ao TPE, a menor eficiência em relação ao PCa, quando comparados nas mesmas doses, está de acordo com o descrito na literatura. Segundo Rademacher (2014), em macieiras, o PCa é mais efetivo do que o TPE, em função, provavelmente, do modo de translocação na planta, uma vez que o TPE apresenta mais diluição, sendo transportado

também para o sistema radicular, além de ser necessário o processo de saponificação para que a molécula se torne ativa como inibidora de GAs. Já, a PCa sofre transporte acropetal e sua molécula se torna ativa mais rapidamente (RADEMACHER, 2000).

Os testes comparando PCa e TPE têm demonstrado que de uma forma geral, a concentração de TPE deve ser muito mais elevada que de PCa para provocar um efeito semelhante. Rademacher (2014) observou que TPE reduziu o crescimento de ramos de diferentes cultivares de macieiras jovens, contudo em alguns casos foi necessária uma dose quatro vezes maior que de PCa para o mesmo controle de crescimento.

Em macieiras 'Fuji Suprema' adultas, o TPE na dose 200 mg L^{-1}, aplicado quando os brotos apresentavam cerca de 5 cm, provocou redução do comprimento final dos ramos semelhante ao PCa 125 mg L^{-1}, em dois ciclos avaliados. Já Rufato et al. (2017), observaram que PCa e TPE, nas doses 250 e 225 mg L^{-1}, respectivamente, reduziram a taxa de crescimento dos ramos em todas as porções da copa, porém o efeito do TPE sobre o crescimento de ramos terminais foi considerado intermediário em relação à PCa.

A dose ótima para o controle do crescimento mostra-se variável em função de muitos fatores, como o vigor das plantas, a idade, a carga de frutos (KIM et al., 2007). Isso pode resultar em grandes variações de dose para as diferentes condições de cultivo.

Desta forma, os resultados descritos por outros autores estão em acordo com os resultados apresentados no presente trabalho, onde ambos, PCa e TPE, reduzem o crescimento de ramos de macieira, porém as doses de TPE devem ser mais elevadas para causarem o efeito desejado.

6.3.2 Atributos produtivos

A PCa e o TPE, independente do programa de aplicação, não alteraram o número de frutos por planta, a massa de frutos colhidos ou massa média dos frutos da macieira 'Cripps Pink' no ciclo 2015/2016 (Tabela 65).

Tabela 61 - Número de frutos por planta (NF), massa de frutos por planta (MF) e massa média de frutos (MMF) em resposta as aplicações de proexadiona cálcica (PCa) e trinexapaque-etílico (TPE), em macieiras 'Cripps Pink' cultivadas sob tela antigranizo, nos ciclos 2015/2016 e 2016/2017. Vacaria, RS.

Programa	NF (planta^{-1})	MF (kg planta^{-1})	MMF (g)
		Ciclo 2015/2016	
1) Testemunha	63,6	8,9	143,4
2) °PCa 55 mg L^{-1} x 3	66,3	8,6	129,6
3) °PCa 55 mg L^{-1} x 4	61,4	8,7	142,8
4) °PCa 165 mg L^{-1} x 2	75,5	10,8	150,6
5) °PCa 110 mg L^{-1} x 3	71,6	9,2	132,1
6) °TPE 55 mg L^{-1} x 3	64,8	8,9	145,4
7) °TPE 55 mg L^{-1} x 4	46,4	6,7	143,5
8) °TPE 165 mg L^{-1} x 2	60,6	9,9	162,8
9) °TPE 110 mg L^{-1} x 3	58,5	7,4	132,7
Média	63,2	8,8	142,6
CV (%)	31,1	33,2	11,4
		Contrastes	
Testemunha x PCa e TPE	ns	ns	ns
PCa x TPE	ns	ns	ns
		Ciclo 2016/2017	
1) Testemunha	291,6	36,8	126,5
2) °PCa 55 mg L^{-1} x 3	218,8	27,5	128,1
3) °PCa 55 mg L^{-1} x 4	270,1	36,1	134,4
4) °PCa 165 mg L^{-1} x 2	301,0	41,2	137,2
5) °PCa 110 mg L^{-1} x 3	196,0	26,5	136,4
6) °TPE 55 mg L^{-1} x 3	285,8	38,3	134,4
7) °TPE 55 mg L^{-1} x 4	211,5	29,6	140,1
8) °TPE 165 mg L^{-1} x 2	231,3	33,0	143,6
9) °TPE 110 mg L^{-1} x 3	220,6	30,9	139,3
Média	247,4	33,3	135,6
CV (%)	22,5	22,2	5,9
		Contrastes	
Testemunha x PCa e TPE	ns	ns	*
PCa x TPE	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Para contrastes, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Parcelamentos: a) 2015/2016: primeira aplicação quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, sendo a segunda, terceira e quarta aplicações realizadas aos 33, 63 e 96 dias após a primeira aplicação (DAPA), respectivamente; b) 2016/2017: primeira aplicação quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, sendo a segunda, terceira e quarta aplicações realizadas aos 28, 60 e 88 DAPA, respectivamente.

No ciclo 2016/2017, novamente não houve efeito de PCa ou TPE sobre o número e a massa de frutos por planta (Tabela 65).

Embora o objetivo principal da aplicação de inibidores de GAs seja o controle do crescimento vegetativo, outros processos fisiológicos são afetados. Por exemplo, devido a ação inibitória também da síntese de etileno, PCa e TPE podem provocar a redução da queda de frutos após a floração, aumentado a carga de frutos por planta (RADEMACHER, 2014). O aumento no número de frutos pode ser também estimulado em consequência do aumento da disponibilidade de carboidratos, devido a menor demanda para o crescimento dos ramos (RAMÍREZ et al., 2010; RUFATO et al., 2017).

Rufato et al. (2017) observaram que as plantas tratadas 7 dias após a floração com TPE produziram significativamente mais frutos que o tratamento testemunha. Em resposta à PCa, Greene (2007) observou aumento de frutificação em macieira 'McIntosh' tratadas em plena floração. Ramirez et al. (2006) também observaram maior frutificação e consequentemente maior número de frutos em macieiras 'Golden Delicious' em resposta à aplicação de PCa.

No entanto, no presente experimento não houve aumento no número de frutos ou na massa de frutos por planta em nenhum dos ciclos avaliados em resposta à PCa ou TPE. Isto também foi observado por Medjdoub et al. (2004) em macieiras 'Smoothee Golden Delicious', por Mata et al. (2006) em 'Royal Gala' e 'Fuji', por Zadravec et al. (2008) em 'Gala', por Hawerroth et al. (2012a) em 'Imperial Gala', por Meyer et al., (2014) em 'Fuji Suprema' e por Hawerroth; Petri (2014) em 'Fuji Suprema'. Já Silveira et al. (2014) observaram redução na frutificação em resposta a PCA.

As diferenças entre os trabalhos em relação ao efeito de inibidores de GAs sobre o número de frutos podem estar relacionados a diversos fatores, como época de aplicação, intensidade de floração, dose, quantidade de reservas na planta, combinação copa/porta-enxertos, condições climáticas nos períodos anteriores e posteriores à aplicação. De forma geral, a aplicação de PCa com a finalidade de aumentar a frutificação tem sido feita mais precocemente, durante a floração, e em concentrações menores. No presente experimento, as aplicações foram realizadas após a floração e, possivelmente, por isso o efeito de aumento no número de frutos não foi verificado.

A alteração na massa média dos frutos observada no presente experimento também ocorreu em outros trabalhos. Atay; Koyuncu (2017) observaram que a aplicação de PCa aumentou a massa média dos frutos de 'Golden Delicious' em um de três ciclos avaliados, porém as curvas de crescimento de fruto não diferiram em relação ao controle. Çetinbaş et al (2015) também observaram maior massa média de fruto em 'Starcrimson' em função da dose 250 mg L^{-1} de PCa, porém em doses mais baixas não houve diferença.

Em muitos trabalhos publicados, a alteração da massa média dos frutos em plantas que receberam aplicações de PCa mostra-se mais relacionada à carga de frutos na planta, mas não indicam um efeito direto de inibidores de giberelina sobre o crescimento dos frutos. No presente experimento a carga de frutos em cada ciclo não apresentou correlação significativa com a massa de média de fruto.

Em outros trabalhos a massa de fruto foi reduzida em resposta a inibidores de GAs. Rufato et al. (2017) observaram que aplicações de PCa ou TPE reduziram a massa dos frutos

em ‘McIntosh’, porém como um efeito da maior carga de frutos. Da mesma forma Greene (2008) observou aumento de frutificação e redução da massa média em respostas aos tratamentos com PCa. Já em trabalhos onde a carga de frutos não foi alterada, a massa média de fruto mostrou-se semelhante ao tratamento controle (MATA; BLANCO, 2006; HAWERROTH et al., 2012b; CLINE, 2016).

O comprimento médio dos frutos foi alterado em função da aplicação de PCa e TPE, em 2015/2016 (Tabela 66). Ainda, foi observado contraste linear significativo na comparação entre testemunha x (PCa e TPE) para o comprimento médio dos frutos, sendo que a testemunha apresentou o maior comprimento médio dos frutos. Em 2016/2017, verificou-se que o contraste linear entre PCa x TPE foi significativo, no qual o maior comprimento médio dos frutos foi verificado com a aplicação de TPE.

Tabela 62 - Diâmetro médio (DM), comprimento médio (CM), relação comprimento/diâmetro (CM/DM) e número de sementes (NS) em resposta as aplicações de proexadiona cálcica (PCa) e trinexapaque-etílico (TPE), em macieiras ‘Cripps Pink’ cultivadas sob tela antigranizo, nos ciclos 2015/2016 e 2016/2017. Vacaria, RS.

Programa	DM (mm)	CM (mm)	Relação CM/DM	NS
		Ciclo 2015/2016		
1) Testemunha	69,8	68,6	0,98	3,7
2) °PCa 55 mg L^{-1} x 3	67,7	64,6	0,95	3,6
3) °PCa 55 mg L^{-1} x 4	68,8	67,3	0,98	3,7
4) °PCa 165 mg L^{-1} x 2	72,4	69,7	0,96	3,1
5) °PCa 110 mg L^{-1} x 3	68,3	65,9	0,97	3,2
6) °TPE 55 mg L^{-1} x 3	69,7	67,1	0,96	3,5
7) °TPE 55 mg L^{-1} x 4	69,1	66,4	0,96	3,2
8) °TPE 165 mg L^{-1} x 2	70,2	67,2	0,96	3,4
9) °TPE 110 mg L^{-1} x 3	68,0	64,0	0,94	2,8
Média	69,3	66,7	0,96	3,3
CV (%)	2,3	2,5	1,1	14,5
		Contrastes		
Testemunha x PCa e TPE	ns	*	*	ns
PCa x TPE	ns	ns	ns	ns
		Ciclo 2016/2017		
1) Testemunha	68,0	62,9	0,92	7,1
2) °PCa 55 mg L^{-1} x 3	68,3	62,3	0,91	6,5
3) °PCa 55 mg L^{-1} x 4	69,2	63,3	0,92	6,7
4) °PCa 165 mg L^{-1} x 2	69,4	62,6	0,90	6,6
5) °PCa 110 mg L^{-1} x 3	69,7	63,7	0,92	6,6
6) °TPE 55 mg L^{-1} x 3	69,0	63,3	0,92	7,0
7) °TPE 55 mg L^{-1} x 4	69,7	64,5	0,93	6,9
8) °TPE 165 mg L^{-1} x 2	70,1	64,3	0,92	6,8
9) °TPE 110 mg L^{-1} x 3	70,3	63,9	0,91	6,7
Média	69,3	63,4	0,9	6,8
CV (%)	1,8	1,8	1,1	5,0
		Contrastes		
Testemunha x PCa e TPE	*	ns	ns	ns
PCa x TPE	ns	*	ns	*

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Para contrastes, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Parcelamentos: a) 2015/2016: primeira aplicação quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, sendo a segunda, terceira e quarta aplicações realizadas aos 33, 63 e 96 dias após a primeira aplicação (DAPA), respectivamente; b) 2016/2017: primeira aplicação quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, sendo a segunda, terceira e quarta aplicações realizadas aos 28, 60 e 88 DAPA, respectivamente.

No ciclo 2016/2017, o contraste indicou que as plantas tratadas com TPE ou PCa produziram frutos com maior diâmetro médio em relação a testemunha, porém esta alteração não foi suficiente para mudar o formato dos frutos (Tabela 66).

A alteração no diâmetro e no comprimento dos frutos, e consequentemente no formato, foi observada em resposta a aplicação de TPE em 'Fuji Suprema', onde os valores reduziram à medida que houve aumento da dose (MEYER et al., 2014). Çetinbaş et al. (2015) observaram que o diâmetro e o comprimento dos frutos de 'McIntosh' foi reduzido em resposta ao aumento de PCa. Já em macieira 'Gala' e 'Fuji' (MATA; BLANCO, 2006), 'Golden Delicious' (ATAY; KOYUNCU, 2017), 'Elstar' (BASAK, 2004), não foram observadas alterações no formato dos frutos em resposta à PCa. Em peras, Hawerroth et al. (2012b) também não observaram alteração de formato independentemente da dose de PCa.

No ciclo 2016/2017 o número de sementes não diferiu entre testemunha e os inibidores de GAs, porém o número de sementes em resposta à TPE foi superior à PCa (Tabela 66). Neste ciclo observou-se também que o número médio de sementes foi mais que o dobro do observado em 2015/2016.

Em maçãs faz-se indispensável a formação de, pelo menos, uma semente em cada um dos cinco carpelos visando garantir a formação de frutos com desenvolvimento normal (DENARDI; STUKER, 2008). Esta condição foi observada apenas no ciclo 2016/2017, enquanto que no ciclo anterior o número de sementes foi baixo, assim como a massa dos frutos, o que pode ser consequência de problemas de polinização.

A distribuição de frutos de 'Cripps Pink' em cada categoria de calibre não foi afetada pelo uso de PCa ou TPE, no primeiro ciclo de avaliação (Tabela 67). Em média, o calibre de frutos do ciclo 2015/2016 foi superior ao observado em 2016/2017, provavelmente porque a carga de frutos no primeiro ciclo foi muito inferior.

Tabela 63 - Percentagem de frutos em cada categoria de calibre, em resposta as aplicações de proexadiona cálcica (PCa) e trinexapaque-etílico (TPE), em macieiras 'Cripps Pink' cultivadas sob tela antigranizo, nos ciclos 2015/2016 e 2016/2017. Vacaria, RS.

Programa	Percentagem de frutos em cada categoria de calibre				
	< 80 (1)	90-100 (1)	110-120 (1)	135-165 (1)	> 180 (1)
			Ciclo 2015/2016		
1) Testemunha	9,4	23,1	26,3	30,6	10,6
2) °PCa 55 mg L^{-1} x 3	2,9	14,9	26,7	29,8	25,7
3) °PCa 55 mg L^{-1} x 4	6,9	22,2	30,3	27,8	12,8
4) °PCa 165 mg L^{-1} x 2	19,1	29,4	24,7	21,9	5,0
5) °PCa 110 mg L^{-1} x 3	3,1	20,6	34,1	28,8	13,4
6) °TPE 55 mg L^{-1} x 3	8,8	26,7	31,8	21,3	11,4
7) °TPE 55 mg L^{-1} x 4	9,0	23,2	25,8	22,9	19,1
8) °TPE 165 mg L^{-1} x 2	13,1	29,4	24,1	24,4	9,1
9) °TPE 110 mg L^{-1} x 3	5,4	16,6	24,7	29,3	24,0
Média	8,6	22,9	27,6	26,3	14,6
CV (%)	33,6	16,3	11,6	16,7	35,9
			Contrastes		
Testemunha x PCa e TPE	ns	ns	ns	ns	ns
PCa x TPE	ns	ns	ns	ns	ns
			Ciclo 2016/2017		
1) Testemunha	0,3	8,8	29,5	49,5	12,0
2) °PCa 55 mg L^{-1} x 3	0,3	7,3	34,8	46,5	11,0
3) °PCa 55 mg L^{-1} x 4	0,0	13,0	37,8	42,0	7,3
4) °PCa 165 mg L^{-1} x 2	0,5	12,0	37,5	44,0	6,0
5) °PCa 110 mg L^{-1} x 3	1,0	14,8	36,8	44,8	2,8
6) °TPE 55 mg L^{-1} x 3	1,0	13,8	31,8	47,5	6,0
7) °TPE 55 mg L^{-1} x 4	0,3	18,3	43,3	34,0	3,3
8) °TPE 165 mg L^{-1} x 2	1,5	21,0	44,8	30,3	2,5
9) °TPE 110 mg L^{-1} x 3	0,5	16,5	49,8	32,3	1,0
Média	0,6	13,9	38,4	41,2	5,8
CV (%)	18,2	30,3	12,4	14,1	44,4
			Contrastes		
Testemunha x PCa e TPE	ns	ns	*	ns	**
PCa x TPE	ns	*	*	*	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

(1) variável transformada pela equação $\text{arco.sen}\sqrt{x/100}$; Para contrastes, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Parcelamentos: a) 2015/2016: primeira aplicação quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, sendo a segunda, terceira e quarta aplicações realizadas aos 33, 63 e 96 dias após a primeira aplicação (DAPA), respectivamente; b) 2016/2017: primeira aplicação quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, sendo a segunda, terceira e quarta aplicações realizadas aos 28, 60 e 88 DAPA, respectivamente.

No ciclo 2016/2017, os tratamentos com PCa ou TPE, em média (contraste), aumentaram a frequência de frutos na classe 110-120 e reduziram na classe > 180, comparado com a testemunha (Tabela 67). Isso indica que os tratamentos influenciaram positivamente no aumento do calibre dos frutos, como observado para a massa média dos frutos. Com relação aos produtos, no ciclo 2016/2017 o TPE alterou o calibre dos frutos, provocando aumento da frequência de frutos em classes de maior calibre, comparado com a PCa.

O aumento do calibre dos frutos pela aplicação de TPE, em relação ao PCa, não têm sido relatado. Meyer et al. (2014) observaram redução no tamanho dos frutos em resposta ao

TPE, comparado com o tratamento com PCa ou controle. De acordo com Greene (2008) a tendência é que a PCA reduza o tamanho dos frutos por consequência do aumento de frutificação, porém este efeito é observado com maior frequência quando são realizadas aplicações precoces.

O aumento de calibre observado em alguns tratamentos com TPE pode estar ligado a uma redução na carga de frutos por planta, por consequência da inibição de floração que pode ter sido causada em resposta à aplicação no ciclo 2015/2016. Efeito negativo da aplicação de TPE sobre a intensidade de floração foi relatada por Meyer et al. (2014) e Rademacher (2014).

6.3.3 Atributos de qualidade

Em relação a qualidade dos frutos foram observadas alterações pontuais ao longo dos dois ciclos (Tabela 68). Em 2015/2016, a firmeza de polpa não diferiu entre a testemunha e os tratamentos com PCa ou TPE, porém os valores foram em média um pouco superiores no tratamento com PCa comparado com TPE.

Tabela 64 - Firmeza de polpa (FP), conteúdo de sólidos solúveis (SS), índice de degradação do amido (IA) e acidez titulável (AT) dos frutos na colheita, em resposta as aplicações de proexadiona cálcica (PCa) e trinexapaque-etílico (TPE), em macieiras 'Cripps Pink' cultivadas sob tela antigranizo, nos ciclos 2015/2016 e 2016/2017. Vacaria, RS.

Tratamentos	FP (N)	SS (°Brix)	IA (1-9)	AT (% de ác. málico)
		Ciclo 2015/2016		
1) Testemunha	72,5	14,3	8,2	0,515
2) °PCa 55 mg L^{-1} x 3	74,8	14,5	8,3	0,457
3) °PCa 55 mg L^{-1} x 4	74,3	14,3	8,6	0,435
4) °PCa 165 mg L^{-1} x 2	71,7	14,4	7,9	0,600
5) °PCa 110 mg L^{-1} x 3	76,7	14,0	8,7	0,413
6) °TPE 55 mg L^{-1} x 3	73,3	14,0	8,4	0,505
7) °TPE 55 mg L^{-1} x 4	69,4	14,1	8,5	0,450
8) °TPE 165 mg L^{-1} x 2	73,4	14,2	8,2	0,528
9) °TPE 110 mg L^{-1} x 3	72,6	14,2	8,3	0,470
Média	73,2	14,2	8,3	0,5
CV (%)	3,8	3,4	3,0	8,9
		Contrastes		
Testemunha x PCa e TPE	ns	ns	ns	ns
PCa x TPE	*	ns	ns	ns
		Ciclo 2016/2017		
1) Testemunha	56,2	12,1	7,4	0,318
2) °PCa 55 mg L^{-1} x 3	57,3	11,9	7,7	0,268
3) °PCa 55 mg L^{-1} x 4	56,1	12,4	7,5	0,315
4) °PCa 165 mg L^{-1} x 2	57,6	12,5	7,2	0,353
5) °PCa 110 mg L^{-1} x 3	56,5	12,0	8,2	0,285
6) °TPE 55 mg L^{-1} x 3	56,6	12,2	7,3	0,328
7) °TPE 55 mg L^{-1} x 4	57,6	12,0	7,6	0,315
8) °TPE 165 mg L^{-1} x 2	57,1	12,1	7,3	0,365
9) °TPE 110 mg L^{-1} x 3	59,9	12,7	7,4	0,333
Média	57,2	12,2	7,5	0,3
CV (%)	4,3	4,3	5,9	11,1
		Contrastes		
Testemunha x PCa e TPE	ns	ns	ns	ns
PCa x TPE	ns	ns	ns	*

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Para contrastes, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Parcelamentos: a) 2015/2016: primeira aplicação quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, sendo a segunda, terceira e quarta aplicações realizadas aos 33, 63 e 96 dias após a primeira aplicação (DAPA), respectivamente; b) 2016/2017: primeira aplicação quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, sendo a segunda, terceira e quarta aplicações realizadas aos 28, 60 e 88 DAPA, respectivamente.

O IA e a AT também foram afetados pelos tratamentos, onde o programa de aplicações 4, com PCa 110 mg L^{-1} x 3 aplicações, apresentou maior IA e menor AT (Tabela 68). Isso poderia indicar um adiantamento de maturação em relação à testemunha, embora os valores de firmeza de polpa não tenham sido elevados.

No ciclo 2016/2017 apenas a AT foi influenciada pelos tratamentos, onde os maiores valores foram observados com aplicação de TPE em relação à PCa (Tabela 68).

A alteração nas propriedades dos frutos em resposta à inibidores de GAs tem sido relatada em algumas situações. Em maçãs 'Golden Delicious'/MM.106, doses de PCA de 125, 175 e 250 mg L^{-1} provocaram redução no conteúdo de SS e aumento na FP (RAMIREZ et al., 2006). Medjdoub et al., (2004) também observou redução de SS em resposta à PCa. Çetinbaş et al. (2015) constataram que aplicações de PCa em doses de 62,5; 125 e 250 mg L^{-1} em duas aplicações não afetaram a FP, porém aumentaram o teor de SS nos frutos. Meyer et al. (2014) utilizando PCa 125 mg L^{-1} não observaram diferença na firmeza de polpa em relação à testemunha, porém a aplicação de TPE provocou maior firmeza de polpa e maior teor de SS. Porém, outros autores não detectaram qualquer diferença no teor de SS nos frutos (GREENE, 1999; SMIT et al., 2005; MATA; BLANCO et al., 2006).

Com relação à AT nos frutos, Silveira et al. (2014) verificaram menor AT em 'Catarina'/Marubakaido e maior AT em 'Fuji'/Marubakaido/M.9 em resposta à duas aplicações de 319 mg L^{-1}. Já Mata; Blanco (2006) não observaram qualquer alteração de AT em 'Royal Gala' e 'Fuji' em resposta à aplicações de PCa 150 mg L^{-1} na plena e 40 DAPF, mais 50 mg L^{-1} 57 DAPF. Çetinbaş et al. (2015) também não observaram efeito da aplicação de PCa sobre a AT de maçãs 'Starcrimson'.

Desta forma, verifica-se que o efeito de inibidores de GAs sobre os atributos físico-químicos dos frutos é variável, sendo que alguns trabalhos corroboram com o observado no presente trabalho, enquanto outros diferem.

Um parâmetro qualitativo que exerce grande influência sobre a escolha do consumidor é coloração de epiderme, principalmente em cultivares com frutos pouco coloridos como a 'Cripps Pink'® (WHALE; SINGH, 2007).

O desenvolvimento da coloração vermelha depende do acúmulo de antocianinas, que são influenciadas pela luz, temperatura e práticas culturais que favoreçam melhor entrada de luminosidade no dossel das plantas (SAURE, 1990; LANCASTER; DOUGALL, 1992; MERZLYAK et al., 2008; STEYN et al., 2009).

Embora a aplicação de inibidores de GAs alterem o crescimento dos ramos, e com isso facilitem o aumento de incidência de radiação solar sobre os frutos, a alteração na coloração dos frutos foi pouco pronunciada (Tabela 69).

Tabela 65 - Percentagem de frutos de acordo com a coloração vermelha de recobrimento da epiderme em resposta as aplicações de proexadiona cálcica (PCa) e trinexapaque-etílico (TPE), em macieiras 'Cripps Pink' cultivadas sob tela antigranizo, nos ciclos 2015/2016 e 2016/2017. Vacaria, RS.

Tratamentos	Percentagem de frutos de acordo com a coloração vermelha de recobrimento da epiderme			
	< 25	≥ 25 a < 50	≥ 50 a < 75	≥ 75
		Ciclo 2015/2016		
1) Testemunha	27,80	27,35	24,37	20,48
2) °PCa 55 mg L^{-1} x 3	14,83	26,84	30,92	27,41
3) °PCa 55 mg L^{-1} x 4	8,76	17,56	32,91	40,77
4) °PCa 165 mg L^{-1} x 2	16,32	23,22	28,48	31,98
5) °PCa 110 mg L^{-1} x 3	25,16	29,44	23,24	22,16
6) °TPE 55 mg L^{-1} x 3	13,97	25,99	34,77	25,27
7) °TPE 55 mg L^{-1} x 4	14,32	26,06	30,84	28,77
8) °TPE 165 mg L^{-1} x 2	9,31	22,34	32,21	36,15
9) °TPE 110 mg L^{-1} x 3	10,10	20,66	27,89	41,34
Média	15,62	24,38	29,52	30,48
CV (%)	31,2	13,5	11,6	24,1
		Contrastes		
Testemunha x PCa e TPE	**	ns	ns	ns
PCa x TPE	ns	ns	ns	ns
		Ciclo 2016/2017		
1) Testemunha	37,17	25,87	16,69	20,27
2) °PCa 55 mg L^{-1} x 3	34,78	27,84	16,28	21,10
3) °PCa 55 mg L^{-1} x 4	36,65	28,09	18,84	16,42
4) °PCa 165 mg L^{-1} x 2	18,78	23,65	24,86	32,72
5) °PCa 110 mg L^{-1} x 3	36,30	31,71	22,68	9,30
6) °TPE 55 mg L^{-1} x 3	33,34	29,75	18,25	18,65
7) °TPE 55 mg L^{-1} x 4	25,18	29,05	23,86	21,90
8) °TPE 165 mg L^{-1} x 2	31,52	27,18	22,62	18,69
9) °TPE 110 mg L^{-1} x 3	27,17	28,90	19,65	24,27
Média	31,21	28,00	20,41	20,37
CV (%)	21,1	18,7	14,7	20,8
		Contrastes		
Testemunha x PCa e TPE	ns	ns	ns	ns
PCa x TPE	ns	ns	ns	ns

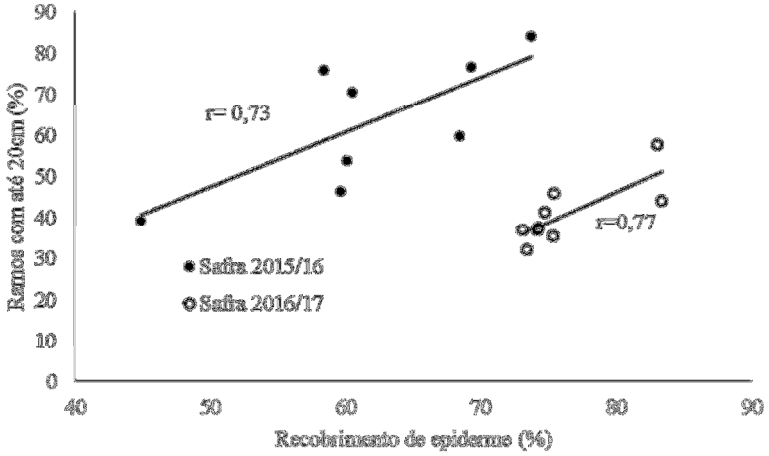
Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

(1) variável transformada pela equação $\text{arco.sen}\sqrt{x/100}$; Para contrastes, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Parcelamentos: a) 2015/2016: primeira aplicação quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, sendo a segunda, terceira e quarta aplicações realizadas aos 33, 63 e 96 dias após a primeira aplicação (DAPA), respectivamente; b) 2016/2017: primeira aplicação quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, sendo a segunda, terceira e quarta aplicações realizadas aos 28, 60 e 88 DAPA, respectivamente.

A única diferença ocorreu no ciclo 2015/2016, quando em média os tratamentos com inibidores de GAs causaram redução na frequência de frutos na classe com menos de 25% da epiderme recoberta por cor, aumentando a frequência em outras classes com maior recobrimento de cor avermelhada. Este efeito foi mais pronunciado nos programas de aplicação 3, PCa 55 mg L^{-1} x 4 aplicações, e nos programas 8 e 9, com TPE 165 mg L^{-1} em 2 aplicações e 110 mg L^{-1} em 3 aplicações.

O aumento da área de epiderme recoberta por cor vermelha mostrou-se relacionado ao efeito dos tratamentos na redução do comprimento de ramos (Figura 8). À medida que aumentou a frequência de ramos curtos, com menos de 20 cm de comprimento, aumentou também a coloração dos frutos, nos dois ciclos avaliados. Para Silveira et al. (2014), existe uma relação inversa entre o crescimento vegetativo e o desenvolvimento da coloração vermelha em maçãs, pois o menor crescimento vegetativo verificado a partir da aplicação do inibidor da biossíntese de giberelinas PCa (HAWERROTH, 2010; SILVEIRA et al., 2012), proporciona aumento da penetração da radiação solar no interior do dossel das plantas, estimulando maior síntese de pigmentos antociânicos, aumentando a intensidade de coloração vermelha nos frutos (AWAD et al., 2001).

Figura 8 - Correlação entre a frequência de ramos com menos de 20 cm e a frequência de frutos com mais de 50% da epiderme recoberto por cor vermelha, em macieiras 'Cripps Pink' cultivadas sob tela antigranizo e tratadas com proexadiona cálcica (PCa) e trinexapaque-etílico (TPE), nos ciclos 2015/2016 e 2016/2017. Vacaria, RS.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

O aumento da coloração dos frutos também foi relatado por outros autores. Rufato et al. (2017) observaram aumento na frequência de frutos em classes com maior recobrimento de epiderme colorida, tanto com PCa quanto com TPE. Dayatilake et al. (2005) também observaram aumento na coloração dos frutos em resposta à PCa. No entanto, Cline et al. (2007) relataram leve redução na coloração dos frutos por aplicação de PCa. De acordo com os autores, este efeito estaria relacionado com o hábito de crescimento de ramos da cultivar associado ao encurtamento de entrenó provocado pela PCa, causando zonas sombreadas nas porções mais baixas do dossel.

Outros parâmetros de cor de epiderme, como luminosidade (*L**), a pureza ou intensidade de cor (*C**) e tonalidade da cor (*h*°) não foram alterados pelos tratamentos com inibidores de GAs, em nenhum dos ciclos avaliados (Tabela 70).

Tabela 66 - Atributos de cor (*L**, *C** e *h*°) na epiderme de frutos em resposta as aplicações de proexadiona cálcica (PCa) e trinexapaque-etílico (TPE), em macieiras 'Cripps Pink' cultivadas sob tela antigranizo, nos ciclos 2015/2016 e 2016/2017. Vacaria, RS.

Programa	Lado exposto			Lado sombreado		
	*L**	*C**	*h*°	*L**	*C**	*h*°
			Ciclo 2015/2016			
1) Testemunha	50,88	42,67	44,87	73,18	45,45	87,81
2) °PCa 55 mg L^{-1} x 3	48,57	40,60	40,63	70,72	43,77	88,19
3) °PCa 55 mg L^{-1} x 4	48,01	42,56	38,40	73,34	45,94	86,69
4) °PCa 165 mg L^{-1} x 2	51,07	44,01	45,08	71,98	44,57	84,46
5) °PCa 110 mg L^{-1} x 3	50,36	39,31	48,19	72,06	46,64	93,73
6) °TPE 55 mg L^{-1} x 3	48,50	41,88	41,70	71,36	44,83	86,71
7) °TPE 55 mg L^{-1} x 4	48,95	41,02	46,94	70,56	45,12	89,21
8) °TPE 165 mg L^{-1} x 2	47,61	44,90	37,25	71,55	46,52	83,03
9) °TPE 110 mg L^{-1} x 3	45,87	43,46	35,57	70,20	44,87	82,65
Média	48,87	42,27	42,07	71,66	45,30	86,94
CV (%)	6,3	4,0	16,2	3,3	4,2	6,2
			Contrastes			
Testemunha x PCa e TPE	ns	ns	ns	ns	ns	ns
PCa x TPE	ns	ns	ns	ns	ns	ns
			Ciclo 2016/2017			
1) Testemunha	50,75	36,10	47,55	70,25	39,64	94,70
2) °PCa 55 mg L^{-1} x 3	52,13	35,93	50,95	73,65	41,33	102,56
3) °PCa 55 mg L^{-1} x 4	48,73	36,38	43,17	71,26	39,77	98,02
4) °PCa 165 mg L^{-1} x 2	46,46	37,36	38,17	69,69	37,93	89,10
5) °PCa 110 mg L^{-1} x 3	52,34	35,21	55,08	73,35	43,32	106,57
6) °TPE 55 mg L^{-1} x 3	49,11	37,02	43,52	71,75	40,83	97,98
7) °TPE 55 mg L^{-1} x 4	50,11	37,24	46,54	71,80	40,33	97,09
8) °TPE 165 mg L^{-1} x 2	48,71	37,25	43,12	70,90	39,59	96,09
9) °TPE 110 mg L^{-1} x 3	50,49	38,21	45,81	72,21	40,82	93,93
Média	49,87	36,74	45,99	71,65	40,40	97,34
CV (%)	5,7	2,6	16,9	2,0	3,4	5,1
			Contrastes			
Testemunha x PCa e TPE	ns	ns	ns	ns	ns	ns
PCa x TPE	ns	**	ns	ns	ns	ns

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Para contrastes, ns: não significativo; *, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. °Parcelamentos: a) 2015/2016: primeira aplicação quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, sendo a segunda, terceira e quarta aplicações realizadas aos 33, 63 e 96 dias após a primeira aplicação (DAPA), respectivamente; b) 2016/2017: primeira aplicação quando o crescimento médio dos ramos do ano apresentavam 5 cm, sendo a segunda, terceira e quarta aplicações realizadas aos 28, 60 e 88 DAPA, respectivamente.

A alteração nos atributos de cor nos frutos também tem sido relatada em consequência da aplicação de inibidores de GAs. Silveira et al. (2014) verificaram que maçãs 'Catarina' e 'Fuji' apresentaram menores valores de *L** no lado sombreado dos frutos, quando tratadas com o PCa. Resultado semelhante foi verificado por Medjdoub et al. (2005), onde os valores

de *L** foram mais baixo e valores de *C** mais altos no lado sombreado do fruto, em plantas que receberam PCa. Çetinbaş et al. (2015), verificaram também que os valores das variáveis *L**, *hue* e *C** foram reduzidos em resposta à aplicação de PCa 250 mg L^{-1}.

No presente experimento, as alterações provocadas nas variáveis relativas à coloração dos frutos, ainda que pontuais, podem ser consideradas satisfatórias, como aumento na intensidade de cor (*C**) e no brilho (*L**). A diferença em relação aos outros autores pode ter alguma relação com a alteração na distribuição de luz pelo uso da tela antigranizo, a qual não estava presente em outros trabalhos.

Salienta-se a importância do presente estudo, uma vez que apesar dos inúmeros trabalhos abordarem o efeito do uso de inibidores de GAs em macieiras, são escassas as informações em pomares cultivados sob tela antigranizo, a qual modifica o microambiente junto as plantas, refletindo em alterações fisiológicas (LEITE et al., 2002; AMARANTE et al. 2009).

6.4 CONCLUSÕES

A aplicação de proexadiona cálcica e trinexapaque-etílico controlam eficientemente o crescimento de ramos em macieiras ‘Cripps Pink’ enxertadas sobre M.9, cultivadas sob tela antigranizo, com incremento do calibre e da coloração dos frutos.

O programa de aplicações de proexadiona cálcica 55 mg L^{-1} i.a. em quatro vezes controla o crescimento dos ramos em ‘Cripps Pink’.

O trinexapaque-etílico mostra eficiência no controle de crescimento, sendo o programa de 110 mg L^{-1} i.a. em três aplicações o mais eficiente.

Aplicações de trinexapaque-etílico foram eficientes no controle do crescimento dos ramos do ano, porém na brotação do ciclo seguinte em teste de gemas em laboratório as mesmas apresentaram características botânicas anormais no desenvolvimento.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de inibidores de giberelinas para o controle do crescimento vegetativo dos ramos de macieira é uma prática comumente utilizada pelos produtores na região Sul do Brasil para minimizar o crescimento excessivo dos ramos do ano. Todavia, existem práticas de controle que devem ser usadas prioritariamente ou em associação com o uso de fitorreguladores, tais como poda de inverno e verão, uso de porta-enxertos de menor vigor, manejo equilibrado da adubação.

Nas condições climáticas do Sul do Brasil, o período de desenvolvimento vegetativo de macieiras 'Gala' e 'Fuji' mostra-se superior ao observado em típicas regiões de clima temperado, resultando em crescimento excessivo dos ramos, sobretudo em anos de baixa frutificação (HAWERROTH; PETRI, 2014). A magnitude do controle do crescimento vegetativo dos ramos de macieira não depende exclusivamente da eficiência dos fitorreguladores ou do manejo adequado do pomar, sendo variável em virtude da carga de frutos e da uniformidade de brotação. Esses fatores são fortemente influenciados pelo clima (temperatura, precipitação, luminosidade, horas de frio). Portanto, controlar o crescimento dos ramos é algo que demanda a avaliação de um conjunto de variáveis.

O produtor deve ter o conhecimento de que o crescimento dos ramos do ano em cada ciclo é variável, levando em consideração a taxa de crescimento e o vigor da planta. Como percebe-se no presente trabalho houveram diferenças na efetividade do controle do crescimento vegetativo de acordo com o ciclo, sendo mais efetivo em 2016/2017. No primeiro ciclo, a brotação desuniforme, baixa produtividade e período mais chuvoso, interferiram reduzindo a magnitude de efeito dos fitorreguladores. Além disso, o uso de tela antigranizo reduz a radiação solar incidente sobre as plantas, e nessas condições a taxa de crescimento vegetativo dos ramos do ano é superior quando comparado a áreas de macieiras cultivadas a pleno sol. Nessas condições o parcelamento das aplicações e/ou aumento da concentração dos fitorreguladores podem ser uma alternativa eficiente.

Quando comparadas, as duas moléculas PCa e TPE na efetividade do controle de crescimento dos ramos do ano em macieiras 'Fuji Kiku', percebe-se que ambas são eficientes no controle do crescimento, sendo que em área a pleno sol não houve diferença entre os fitorreguladores. Todavia, em área coberta com tela antigranizo a PCa foi mais efetiva na redução do crescimento dos ramos do ano.

No presente trabalho as avaliações do crescimento dos ramos foram separadas em patamares: inferior, mediano e superior. Salienta-se a necessidade de avaliar separadamente,

pois em muitos ciclos produtivos, assim como aconteceu em 2015/2016, existe uma brotação desuniforme entre a parte superior da copa e a parte inferior, assim podendo interferir de maneira significativa nos resultados obtidos com o uso de inibidores da biossíntese de giberelinas. Além disso, nos pomares do Sul do Brasil existe uma grande incidência de ramos afetados por cancro-europeu (*Neonectria ditissima)*, sendo que muitos ramos podem apresentar crescimento anormal em virtude da doença e serem retirados na poda por ocasião da mesma. Nessas condições, avaliar o crescimento dos ramos do ano de toda a planta é uma alternativa a fim de minimizar os possíveis erros por superestimar a massa de poda.

Em relação a 'Cripps Pink' a aplicação de inibidores de giberelinas controla eficientemente o crescimento de ramos de macieiras dessa cultivar enxertadas sobre M9, cultivadas sob tela antigranizo, com incremento do calibre e da coloração dos frutos. Todavia, aplicações de proexadiona cálcica 55 mg L^{-1} i.a. em quatro vezes foi mais eficiente.

Em trabalho realizado com estacas de 'Cripps Pink' em laboratório, destaca-se que deve-se ter cuidado com o uso de trinexapaque-etílico, uma vez que gemas dormentes submetidas a brotação no ciclo seguinte a utilização do trinexapaque-etílico apresentaram anormalidades botânicas durante o desenvolvimento inicial (dados não apresentados).

Atributos de qualidade de frutos foram poucos influenciados pelo uso dos fitorreguladores, sendo que o efeito parece estar mais ligado a carga de frutos do que efeito principal dos inibidores de giberelinas.

Frente aos resultados observados nesse trabalho fica evidente a necessidade de utilização dos fitorreguladores para o controle do crescimento dos ramos em macieiras, principalmente em pomares que apresentam maior vigor das plantas, por consequência do uso da tela antigranizo ou porta-enxertos de maior vigor. Por essa razão, são necessários mais estudos, com o objetivo de aperfeiçoar o uso dos fitorreguladores e seu manejo de forma eficiente para cada condição de cultivo.

REFERÊNCIAS

AMARANTE, C. V. T. do; ERNANI, P. R.; CHAVES, D. V. Fruit infiltration with magnesium is a feasible way to predict 'bitter pit' susceptibility in 'Gala' apples grown in Southern Brazil. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 682, p. 1271-1274, 2005.

AMARANTE, C. V. T. do; CHAVES, D. V.; ERNANI, P. R. Composição mineral e severidade de 'bitter pit' em maçãs 'Catarina'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 51-54, 2006a.

AMARANTE, C. V. T. do; CHAVES, D. V.; ERNANI, P. R. Análise multivariada de atributos nutricionais associados ao 'bitter pit' em maçãs 'Gala'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 5, p. 841-846, 2006b.

AMARANTE, C. V. T. do et al. Radiação, fotossíntese, rendimento e qualidade de frutos em macieiras 'Royal Gala' cobertas com telas antigranizo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 7, p. 925-931, 2007.

AMARANTE, C. V. T. do et al. Disponibilidade de luz em macieiras 'Fuji' cobertas com telas antigranizo e seus efeitos sobre a fotossíntese, o rendimento e a qualidade dos frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 664-670, 2009.

AMARANTE, C. V. T. do; STEFFENS, C. A.; ERNANI, P. R. Identificação pré-colheita do risco de ocorrência de 'bitter pit' em maçãs 'Gala' por meio de infiltração com magnésio e análise dos teores de cálcio e nitrogênio nos frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 1, p. 27-34, 2010.

AMARANTE, C. V. T. do et al. Composição mineral de maçãs 'Gala' e 'Fuji' produzidas no Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 4, p. 550-560, 2012.

ARF, O. et al. Uso de etil-trinexapaque em cultivares de arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 150-158, 2012.

ARGENTA, L. C.; SUZUKI, A. Relação entre teores minerais e frequência de bitter pit em maçã cv. Gala no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 16, n. 1, p. 267-277, 1994.

ATAY, A. N.; KOYUNCU, F. Impact of repeated yearly applications of prohexadione-calcium on vegetative and reproductive growth of 'Golden delicious'/M.9 apple trees. **Journal of Horticultural Research**, Skierniewice, v. 25, n. 1, p. 47-54, 2017.

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

BAND, L. R. et al. Growth-induced hormone dilution can explain the dynamics of plant root cell elongation**. Proceedings of the National Academy of Sciences**, U.S.A, v. 109, n. 19, p. 7577-7582, 2012.

BARTLETT, M. S. Properties of sufficiency and statistical tests. **Proceedings of the Royal Society**, London, v.160, n. 901, p. 268-282, 1937.

BASAK, A.; RADEMACHER, W. Growth regulation of pome and stone fruit trees by use of prohexadione-Ca. **Acta Horticulturae**, Haia, v. 514, p. 41-50, 2000.

BASAK, A. Growth and fruiting of 'Elstar' apple trees in response to prohexadione calcium depending on the rootstock. **Acta Horticulturae**, Haia, n. 653, p. 117-125, 2004.

BASSO, C. Distúrbios fisiológicos. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis, p. 609-636, 2002.

BENDER, R. J.; EBERT, A. **Determinação do ponto de colheita de cultivares de macieira. Teste iodo-amido.** Florianópolis, EMPASC, p. 6, 1985.

BEKHETA, M. A.; ABDELHAMID, M. T.; EL-MORSI, A. A. Physiological response of *Vicia faba* to prohexadione-calcium under saline conditions. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 769-779, 2009.

BERNARDI J.; DENARDI, F.; HOFFMANN, A. Cultivares e Porta-enxertos. In: NACHTIGALL, G. R. (Ed.). **Maçã:** Produção. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 32-46. (Série Frutas do Brasil, 37).

BOSCO, L. C. et al. **Tela antigranizo sobre pomares de macieira em Vacaria, RS.** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 1 ed., 8 p., 2013. (Comunicado Técnico, 144).

BOSCO, L. C. et al. Apple production and quality when cultivated under anti-hail cover in Southern Brazil. **International Journal of Biometeorology**, v. 59, n. 7, p. 773-782, 2015.

BRACKMANN, A.; BENEDETTI, M.; STEFFENS, C. A.; MELLO, A. M. de. Efeito da temperatura e condições de atmosfera controlada na armazenagem de macas "Fuji" com incidência de pingo de mel. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 8, n. 1, p. 37-45, 2002.

BUBÁN, T. et al. Experiences with the bioregulator prohexadione-Ca used in apple and pear orchards. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 636, p. 67-74, 2004.

BULLEY, S. M. Modification of gibberellin biosynthesis in the grafted apple scion allows control of tree height independent of the rootstock. **Plant Biotechnology Journal**, Oxford, v. 3, n. 2, p. 215-223, 2005.

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

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

CARDOSO, L. S. et al. Disponibilidades climáticas para macieira na região de Vacaria, RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 11, p. 1960-1967, 2012.

CARRA, B. **Controle do crescimento e desenvolvimento de pereiras pelo uso de prohexadiona cálcio e poda de raiz.** 2015. 107 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Fruticultura de Clima Temperado), Faculdade de Agronomia 'Eliseu Maciel', Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 2015.

CASTRO, D. C. Crop loading studies on 'Caricia' and 'Eva' apples grown in a mild winter area. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 72, n. 3, p. 237-244, 2015.

ÇETINBAŞ, M. et al. Reduction of apple vegetative shoot growth cv. Starcrimson Delicious/MM 111 with prohexadione calcium application does not decrease fruit quality. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, San Pedro, v. 88, p. 259-263, 2015.

CHENG L.; FUCHIGAMI L. H. Growth of young apple trees in relation to reserve nitrogen and carbohydrates. **Tree Physiology**, Oxford, v. 22, n. 18, p. 1297-1303, 2002.

CLAEYS, H.; BODT, S.; INZÉ, D. Gibberellins and DELLAS: central nodes in growth regulatory networks, **Trends in Plant science**, v. 19 n. 4, p. 231-239, 2014.

CLINE, J. A. et al. Performance of prohexadione calcium on shoot growth and fruit quality of apple - Effect of spray surfactants. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 88, n. 1, p. 165-174, 2008.

CLINE, J. A.; BAKKER, C. J. Prohexadione-calcium, ethephon, trinexapaque-ethyl, and maleic hydrazide reduce extension shoot growth of apple. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 97, n. 3, p. 457-465, 2016.

COSTA, G. et al. The effect of prohexadione-Ca on vegetative and cropping performance and fire blight control of pear trees. **Acta Horticulturae**, Haia, v. 596, p. 531-534, 2002.

COSTA, G. et al. Incidence of scab (*Venturia inaequalis*) in apple as affected by different plant growth retardants. **Acta Horticulturae**, Seoul, n. 653, p. 133-137, 2004.

DAVIES, P. J. **Plant hormones**: biosynthesis, signal transduction and action. 3 ed. Dordrecht: Netherlands, 2004. 775 p.

DAYAN, J. et al. Leaf-induced gibberellin signaling is essential for internode elongation, cambial activity, and fiber differentiation in tobacco stems. **The Plant Cell**, Waterbury, v. 24, p. 66-79, 2012.

DAYATILAKE, G. A. et al. The use of prohexadione-Ca for improved crop management. **Acta Horticulturae**, Haia, n. 694, p. 315-319, 2005.

DENARDI, F. In: A Cultura da Macieira. Epagri. Florianópolis, 2006. Editora Pallotti. **Porta-enxertos**. 743p. p. 169 - 227.

DENARDI, F.; STUKER, H. Eficiência de diferentes cultivares de macieira como polinizadoras da 'Castel Gala' e da 'Condessa'. **Revista Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 21, n. 1, p. 79-83, 2008.

DI VAIO, C. et al. Effect of interstock (M.9 and M.27) on vegetative growth and yield of apple trees (cv 'Annurca'). **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 119, n. 3, p. 270-274, 2009.

DUYVELSHOFF, C.; CLINE, J. A. Ethephon and prohexadione-calcium influence the flowering, early yield, and vegetative growth of young 'Northern Spy' apple trees. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 151, p. 128-134, 2013.

EINHORN, T. C.; PASA, M. S.; TURNER, J. 'D'Anjou' pear shoot growth and return bloom, but not fruit size, are reduced by prohexadione-calcium. **HortScience**, Alexandria, v.49, n.2, p.180-187, 2014.

EREZ, A. Bud dormancy; phenomenon, problems and solutions in the tropics and subtropics. In: EREZ, A. **Temperate Fruit Crops in Warm Climates**. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2000. p. 17-48.

EVANS, J. R. et al. Mode of action, metabolism, and uptake of BAS 125W, prohexadione-calcium. **HortScience**, Palo Alto, v. 34, n. 7, p. 1200-1201, 1999.

FAZIO, G. et al. 2017. **Apple tree rootstock 'G.213'**. United States Cornell University (Ithaca, NY, US), The United States of America, as Represented by the Secretary of Agriculture (Washington, DC, US). U.S. Patent: 20170094854. Disponível em: http://www.freepatentsonline.com/y2017/0094854.html. Acesso em: 12 dez. 2017.

FERGUSON, I. B.; WATKINS, C. B. Bitter-pit in apple fruit. **Horticultural Reviews**, New York, v. 11, p. 289-355, 1989.

FIORAVANÇO, J. C., CZERMAINSKI, A. B. C.; OLIVEIRA, P. R. D. Yield efficiency for nine apple cultivars grafted on two rootstocks. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 10, p. 1701-1706, 2016.

FORSHEY, C. G.; ELFVING, D. C.; STEBBINS, R. L. **Training and pruning of apple and pear trees.** Alexandria, Virginia (USA): American Society for Horticultural Science, 166 p, 1992.

FOSTER, T. M. et al. Apple dwarfing rootstocks exhibit an imbalance in carbohydrate allocation and reduced cell growth and metabolism. **Horticulture Research**, v. 4, p. 17009, 2017.

FREITAS, S. T. de et al. Cellular approach to understand bitter pit development in apple fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 57, p. 6-13, 2010.

GLENN, D. M.; MILLER, S. S. Effects of Apogee on growth and whole-canopy photosynthesis in 'Spur Delicious' apple trees. **HortScience**, Alexandria, v. 40, n. 2, p. 397-400, 2005.

GOREN, R.; HUBERMAN, M.; GOLDSCHMIDT, E. E. Girdling: physiological and horticultural aspect. **Horticulturae Reviews**, Oxford, v. 30, p. 1-36, 2004.

GRAEBE, J. E. Gibberellin biosynthesis and control. A review. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 38, p. 419-465, 1987.

GREENE, D. W. Reduced rates and multiple sprays of paclobutrazol control growth and improve fruit quality of 'Delicious' apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 116, n. 5, p. 807-812, 1991.

GREENE, D. W. Tree growth management and fruit quality of apple trees treated with prohexadione-calcium (BAS-125). **Horticultural Science**, Alexandria, v. 34, p. 1209-1212, 1999.

GREENE, D. W. The effects of prohexadione-calcium on fruit set and chemical thinning of apple trees. **HortScience**, Alexandria, v. 42, p. 1361-1365, 2007.

GREENE, D. W. The effect of repeat annual applications of prohexadione–calcium on fruit set, return bloom, and fruit size of apples. **HortScience**, Alexandria, v. 43, n. 2, p. 376-379, 2008.

GUAK, S. Effects of prohexadione-Ca, ethephon, and water stress on growth and productivity of 'Golden Delicious'/M.9 apple. **Korean Journal of Horticultural Science and Technology**, [S.l.], v.31, n.1, p.38-49, 2013.

GLENN, D. M.; MILLER, S. S. Effects of Apogee on growth and whole-canopy photosynthesis in 'Spur Delicious' apple trees. **HortScience**, Alexandria, v. 40, n. 2, p. 397-400, 2005.

HARKER, F. R. et al. Sensory interpretation of instrumental measurements 1: texture of apple fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 24, n. 1, p.225-239, 2002.

HAUVERMALE, A.L.; ARIIZUMI, T.; STEBER, C. M. Gibberellin signaling: a theme and variations on DELLA repression. **Plant Physiology**, v. 160, p. 83-92, 2012.

HAWERROTH, F. J. **Uso de fitorreguladores para controle do desenvolvimento vegetativo e aumento da frutificação em macieira e pereira.** 2010, 154 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Fruticultura de Clima Temperado), Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2010.

HAWERROTH, F. J.; PETRI, J. L. **Controle do desenvolvimento vegetativo em macieira e pereira.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2011. Documentos 147.

HAWERROTH, J. F. et al. Épocas de aplicação de proexadiona cálcica no controle do desenvolvimento vegetativo de macieiras 'Imperial Gala'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 4, p. 957-963, 2012a.

HAWERROTH, F. J. et al. Redução da poda hibernal e aumento da produção de pereiras 'Hosui' pelo uso de prohexadiona cálcio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 7, p. 939-947, 2012b.

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

HAWERROTH, M. C. et al. Redução do acamamento em aveia-branca com uso do regulador de crescimento etil-trinexapaque. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 2, p. 115-125, 2015.

HAWERROTH, F. J. et al. Manejo de pomares sob telas antigranizo. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, XV, 2017, Fraiburgo, SC. **Anais...** Caçador: Epagri, vol 1 (palestras), 2017. p.53-57.

HECKMAN, N. L. et al. Heat tolerance of Kentucky bluegrass as affected by trinexapaque-ethyl. **Hortscience**, Alexandria, v. 36, n. 2, p. 365-367, 2001.

ILIAS, I.; RAJAPAKSE, N. Prohexadione-calcium affects growth and flowering of petunia and impatiens grown under photoselective films. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 106, p. 190-202, 2005.

INGLESE, P. et al. Crop load and rootstock influence on dry matter partitioning in trees of early and late ripening peach cultivars**. Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 127, n. 5, p. 825-830, 2002.

IUCHI, V. L. Botânica e fisiologia. In: Epagri. **A cultura da macieira**. Florianópolis: Epagri, 2006. v.1, p. 59-104.

JOHNSON, B. J. Frequency of plant growth regulators and mowing treatments: effects on injury and suppression of centipedegrass. **Agronomy Journal**, Madison, v. 85, n. 2, p. 276-280, 1993.

KHANDAKER, M. M. et al. Fruit development, pigmentation and biochemical properties of wax apple as affected by localized Application of GA_3 under field conditions. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 56, n. 1, p.11-20, 2013.

KIESSLING-DAVISON, C. M. et al. Prohexadiona de calcio como regulador de crecimiento en el manzano (*Malus domestica* Borkh.) "Golden Delicious", Ciudad Cuauhtémoc, Chihuahua, México. **Tecnociencia,** Chihuahua, v.1, n.3, p.7-12, 2007.

KIM, H. Y. et al. Effect of prohexadione calcium on growth components and endogenous gibberellins contents of rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of Agronomy and Crop Science**, [S.l.], v. 193, n. 6, p. 445-451, 2007.

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

LEITE, G. B.; PETRI, J. L.; MONDARDO, M. Efeito da tela antigranizo em algumas características dos frutos de macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 714-716, 2002.

LI, K. T.; LAKSO, A. N. Photosynthetic characteristics of apple spur leaves after summer pruning to improve exposure to light. **HortScience**, Alexandria, v. 39, n. 5, p. 969-972, 2004

LIU, Z. et al. Phytochrome interacting factors (PIFs) are essential regulators for sucrose-induced hypocotyl elongation in Arabidopsis. **Journal of Plant Physiology**, v. 168, p. 1771-1779, 2011.

MACHADO, J. P. et al. Comportamento da precipitação e da temperatura no Rio Grande do Sul baseado na análise de agrupamento. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 49-63, 2010.

MARTINS, J. A. et al. Climatology of destructive hailstorms in Brazil. **Atmospheric Research**, Amsterdam, v. 184, p. 126-138, 2017.

MARCH S. R.; MARTINS D.; MCELROY, J. S. Growth inhibitors in turfgrass. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, p. 733-747, 2013.

MARINI, R. P. 2014. Physiology of pruning fruit trees. Virginia Cooperative Extension. Disponível em: <http://pubs.ext.vt.edu/422/422-025/422-025.html>; Acesso em: 30 de setembro de 2018.

MARTINEZ, J. F. et al. Compositional heterogeneity of hailstones: atmospheric conditions and possible environmental implications. **Ambio**, v. 30, p. 452-454, 2001.

MATA, A. P.; VAL, J.; BLANCO, A. Differential effects of prohexadione-calcium on red colour development in 'Royal Gala' and 'Fuji' apples. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Clinton, v. 81, n. 1, p. 84-88, 2006.

MAXSON, K. L.; JONES, A. L. Management of fire blight with gibberellin inhibitors and SAR inducers. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 590, p. 217-223, 2002.

MEDJDOUB, R.; VAL, J.; BLANCO, A. Prohexadione-Ca inhibits vegetative growth of 'Smoothee Golden Delicious' apple trees. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 101, p. 243-253, 2004.

MEDJDOUB, R.; VAL, J.; BLANCO, A. Inhibition of vegetative growth in red apple cultivars using prohexadione-calcium. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Clinton, v. 80, n. 2, p. 263-271, 2005.

MEDJDOUB, R., VAL, J., BLANCO, A. Physiological effects of prohexadione-calcium in apple trees: effects on parameters related to photoproductivity. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 82, n. 1, p. 126-132, 2007.

MERZLYAK, M.N.; CHIVKUNOVA, O. B. Light-stress-induced pigment changes and evidence for anthocyanin photoprotection in apples. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, Lausane, p. 55, v. 2-3, p.155-163, 2000.

MEYER, G. de A. et al. Decreasing shoot length in 'Fuji Suprema' apple trees with trinexapac-ethyl in southern Brazil. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 1042, p. 319-324, 2014.

MIDDLETON, S.; MCWATERS, A. Hail netting of apple orchards: Australian experience. **Compact Fruit Tree**, Middleburg, v. 35, p. 51-55, 2002.

MIEROWSKA, A. et al. Photosynthetic acclimation of apple spur leaves to summer pruning**.** **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 92, p. 9-27, 2002.

MILLER, S. S. Prohexadione-calcium controls vegetative shoot growth in apple. **Journal of Tree Fruit Production**, Binghamton, v. 31, n. 1, p. 11-28, 2002.

MILLER, S. S.; TWORKOSKI, T. Regulating vegetative growth in deciduous fruit trees. **Quarterly Reports on Plants Regulation and Activities of the Plant Growth Regulation Society of America**, Alexandria, v. 31, n. 1, p. 8-46, 2003.

MILLER, S. S. Prohexadione-calcium inhibits shoot growth but reduces the efficacy of gibberellin $A_4 + A_7$ in suppressing 'Stayman' Apple Cracking. **HortTechnology**, Alexandria, v. 17, n. 4, v. 523-531, 2007.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. Instrução Normativa 5/2006/MAPA. Disponível em: <https://www.claspclassificacao.com.br/images/legislacao/maca.pdf>. Acesso em: mar de 2015.

MIQUELOTO, A. **Atributos minerais e aspectos fisiológicos relacionados com a ocorrência de "bitter pit" em maçãs.** 2011. 56 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, 2011a.

MIQUELOTO, A. et al. Atributos fisiológicos, físico-químicos e minerais associados à ocorrência de "bitter pit" em maçãs. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 7, p. 689-696, 2011b.

MOON JR, J. W.; FALLAHI, E.; JORDAN, K. Photosynthetic Acclimation of Leaves of Three Apple Cultivars as Affected by Growth Under Full Sun or 85 Percent Shade and Subsequent Transfer to the Contrasting Light Regime. Deciduous Fruit and Nut: A College of Agriculture Report (1990).

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42 p.

MOTA, F. S. **Meteorologia agrícola**. São Paulo: Livraria Nobel, 1981. 376 p.

MOUCO, M. A do C.; ONO. E. O.; RODRIGUES, J. D. Controle do crescimento vegetativo e floração de mangueiras cv. Kent com reguladores de crescimento vegetal. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 4, p. 1043-1047, 2011.

NACHTIGALL, G. R.; FREIRE, C. J. S. Previsão da incidência de "bitter pit" em maçãs através dos teores de cálcio em folhas e frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 20, n. 2, p. 158-166, 1998.

NACHTIGALL, G. R.; CARGNINO, C.; LIMA, C. M. de. **Irrigação e fertirrigação na cultura da macieira no Sul do Brasil.** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 1 ed., 2014. Documentos, 89.

NAVA, G. Produção e crescimento da macieira 'Fuji' em resposta à adubação orgânica e manejo de plantas espontâneas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 4, p. 1231-1237, 2010.

NEILSEN, G. H. et al. Annual bloom-time phosphorus fertigation affects soil phosphorus, apple tree phosphorus nutrition, yield, and fruit quality. **HortScience**, Alexandria, v. 43, n. 3, p. 885-890, 2008.

NEILSEN, G. H.; NEILSEN, D. Nutritional effects on fruit quality for apple trees. **New York Fruit Quarterly**, New York, v. 17, n. 3, p. 21-24, 2009.

NEUWALD, D. A.; KITTEMANN, D.; STREIF, J. Possible prediction of physiological storage disorders in 'Braeburn' apples comparing fruit of different orchards. **Acta Horticulturae**, n. 796, p. 211-216, 2008.

OPARA, L. U. et al. Sunlight affects the incidence of internal ring cracking and other physical attributes of 'Gala'apples. **Journal of tree fruit production**, v. 2, n. 1, p.45-52, 1997.

OWENS, C. L.; STOVER, E. Vegetative growth and flowering of young apple trees in response to prohexadione-calcium. **HortScience**, Alexandria, v. 34, n. 7, p. 1194-1196, 1999.

PASA, M. S. et al. Desempenho de macieiras 'Imperial Gala' e 'Mishima Fuji' em diferentes porta-enxertos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 1, p.17-26, 2016.

PASA, M. S.; EINHORN, T. C. Heading cuts and prohexadione-calcium affect the growth and development of 'd'Anjou' pear shoots in a high-density orchard. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 168, p. 267-271, 2014.

PESIS, E. et al. Superficial scald and bitter pit development in cold-stored transgenic apples suppressed for ethylene biosynthesis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Columbus, v. 57, n. 7, p. 2786-2792, 2009.

PETRACEK, P. D.; SILVERMAN, F. P.; GREENE, D. W. A history of commercial plant growth regulators in apple production. **HortScience**, Alexandria, v. 38, n. 5, p. 937-942, 2003.

PETRI, J. L.; PALLADINI, L. A.; POLA, A. C. Dormência e indução a brotação em macieira. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis: EPAGRI, 2006. p. 261-297.

PETRI, J. L.; LEITE, G. B. Macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.30, n.4, p. 857-1166, 2008.

PETRI, J. L. et al. Avanços na cultura da macieira no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, volume especial, p. 48-56, 2011.

PETRI, J. L. et al. Chemical induction of budbreak: new generation products to replace hydrogen cyanamide. **Acta Horticulturae**, v. 1042, n. 1, p. 159-166, 2014.

PETRI, J. L.; SEZERINO, A. A. Comportamento da safra 2015/2016: uma análise do início do ciclo. **Jornal da Agapomi**, Vacaria, RS, n. 259, p. 14, 2015.

PETRI, J. L. et al. **Reguladores de crescimento para frutíferas de clima temperado.** Florianópolis: Epagri, 2016, 141p.

PRIVÉ, J. P.; CLINE, J.; FAVA, A. Influence of prohexadione calcium (Apogee®) on shoot growth of non-bearing mature apple trees in two different growing regions. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 86, n. 1, p. 227-233, 2006.

RADEMACHER, W. Growth retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 51, p. 501-531, 2000.

RADEMACHER, W.; KOBER, R. Efficient use of prohexadione-Ca in pome fruits. **European Journal of Horticultural Science**, Stuttgart, v. 68, n. 3, p. 101-107, 2003.

RADEMACHER, W.; SPINELLI, F.; COSTA, G. Prohexadione-Ca: modes of action of a multifunctional plant bioregulator for fruit trees. **Acta Horticulturae**, Haia, n.727, p.97-106, 2006.

RADEMACHER, W. Prohexadione-Ca and Trinexapaque-Ethyl: similarities in structure but differences in biological action. **Acta Horticulturae**, Haia, v. 1042, p. 33-42, 2014.

RAMÍREZ-RODRÍGUEZ, H. et al. Influencia de prohexadiona-Ca sobre crecimiento vegetativo, producción y calidad de fruto em manzano. **Revista Chapingo**, Serie Horticultura, México, V. 9, n. 2, p. 279-289, 2003.

RAMIREZ, H.; ALONSO, S.; BENAVIDES, A. Prohexadione-Ca modifies growth and endogenous hormones in the shoot apex in apple trees. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 727, p. 117-124, 2006.

RAMÍREZ, H. et al. Prohexadiona-Ca, una alternativa en la producción de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). **Revista Chapingo**, Série Horticultura, México, v. 16, n. 2, p. 139-146, 2010.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007. 830 p.

REEKIE, J. Y.; HICKLENTON, P. R.; STRUIK, P. C. Prohexadione-calcium modifies growth and increases photosynthesis in strawberry nursery plants. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 85, n. 3, p. 671-677, 2005.

ROBINSON, T. Crop load management of new high-density apple orchards. **New York Fruit Quarterly**, Geneva, v. 16, n. 2, p. 3-7, 2008.

RUFATO, L. et al. Vigor control in 'McIntosh' apple trees by growth inhibitors. Acta Horticulturae, Leuven, n. 1177, p. 223-228, 2017.

SABATINI, E. et al. Prohexadione-Ca positively affects gas exchanges and chlorophyll content of apple and pear trees. **European Journal of Horticultural Science**, v. 68, n. 3, p.123-128, 2003.

SALAZAR-CEREZO, S. et al. Gibberellin biosynthesis and metabolism: A convergent route for plants, fungi and bacteria. **Microbiological research**, [S.l.], v. 208, p. 85-98, 2018.

SALVADOR, F. R. et al. Correlations between fruit size and fruit quality in apple trees with high and standard crop load levels. **Journal of Fruit and Ornamental Plant Research**, v. 14, p. 113, 2006.

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

SANHUEZA, R. M. V.; BARTNICKI, V. A.; CAMPOS, A. D.; RIZZATI, M. R. In: NACHTIGALL, G. R. (ed.). **Inovações tecnológicas para o setor da maçã - INOVAMAÇÃ:** Relatório Técnico. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, p. 107-136, 2011.

SAS INSTITUTE. **Getting started with the SAS learning edition**. Cary: SAS Institute, 2002. 200p.

SAURE, M. C. Calcium translocation to fleshy fruit: its mechanism and endogenous control. **Scientia Horticulturae,** Amsterdam, v. 105, n. 1, p. 65-89, 2005.

SCHVEITZER, B.; SUZUKI, A. **Métodos de análises químicas de polpa fresca de maçã**. Florianópolis: Epagri, 2013. 23p. (Epagri. Documentos, 241).

SELEZNYOVA A. N. et al. Application of architectural analysis and AMAPmod methodology to study dwarfing phenomenon: the branch structure of 'Royal Gala' apple grafted on dwarfing and non-dwarfing rootstock/interstock combinations. **Annals of Botany,** Londres, v. 91, p. 665-672, 2003.

SELEZNYOVA, A. N.; TUSTIN, D. S.; THORP, T. G. Apple dwarfing rootstocks and interstocks affect the type of growth units produced during the annual growth cycle: precocious transition to flowering affects the composition and vigour of annual shoots. **Annals of Botany**, Londres, v. 101, n. 5, p. 679-687, 2008.

SERRA, S. et al. Crop load influences fruit quality, nutritional balance, and return bloom in 'Honeycrisp' apple. **HortScience**, Alexandria, v. 51, n. 3, p. 236-244, 2016.

SHAPIRO S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, Southfield, v. 52, n. 4, p. 591-611, 1965.

SHARMA, S.; REHALIA, A. S.; SHARMA, S. D. Vegetative growth restriction in pome and stone fruits - A review. **Agricutural Reviews**, New Delhi, v. 30, n. 1, p. 13-23, 2009.

SILVA, K. S.; FARIA JÚNIOR, M. J. A. Uso de paclobutrazol como estratégia para redução do porte e da brotação lateral de plantas de tomateiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 3, p. 539-546, 2011.

SILVEIRA, J. P. G. **Crescimento vegetativo, potencial produtivo e qualidade dos frutos de macieiras tratadas com reguladores de crescimento.** 2011. 48 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages. 2011.

SILVEIRA, J. P. G. et al. A inibição na síntese de giberelina reduz o crescimento vegetativo em macieiras e proporciona controle de "bitter pit" nos frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 2, p. 328-335, 2012.

SILVEIRA, J. P. G. et al. Potencial produtivo e qualidade de frutos de macieiras tratadas com giberelina e inibidor da biossíntese de giberelinas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 4, p. 771-779, 2014.

SILVEIRA, J. P. G. **Qualidade e distúrbios fisiológicos de maçãs em resposta a giberelinas e proexadiona-cálcio.** 2015. 139 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal), Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages. 2015.

SMIT, M. et al. Shoot growth control of pear trees (*Pyrus communis* L.) with prohexadione-calcium. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 106, n. 4, p. 515-529, 2005.

SMITH, H. M.; SAMACH, A. Constraints to obtaining consistent annual yields in perennial tree crops. I: heavy fruit load dominates over vegetative growth. **Plant Science**, Limerick, v. 207, p. 158-167, 2013.

SOLOMAKHIN A.; BLANKE, M. M. The microclimate under coloured hailnets affects leaf and fruit temperature, leaf anatomy, vegetative and reproductive growth as well as fruit colouration in apple. **Annals of Applied Biology**, Londres, v. 156, p. 121-136, 2010.

SOUZA, F. et al. Qualidade de maçãs 'Fuji' influenciada pela adubação nitrogenada e potássica em dois tipos de solo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 1, p. 305-315, 2013.

SPINELLI, F. et al. Reduction of scab incidence (*Venturia inaequalis*) in apple with prohexadione-Ca and trinexapaque-ethyl, two growth regulating acylcyclohexanediones. **Crop Protection**, London, v. 29, p. 691-698, 2010.

STAMM, P.; KUMAR, P. The phytohormone signal network regulating elongation growth during shade avoidance. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v. 61, n. 11, p. 2889-2903, 2010.

STEFFENS, G. L.; JACOBS, F. W.; ENGELHAUPT, M. E. Thermosensitive genetic dwarfs of apple. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 76, n. 3, p. 368-374, 1989.

STEFFENS, G. L.; HEDDEN, P. Comparison of growth and gibberellin concentrations in shoots from orchard-grown standard and thermosensitive dwarf apple trees. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 86, n. 4, p. 544-550, 1992.

STEYN, W. J. et al. Evidence for a photoprotective function of low-temperature-induced anthocyanin accumulation in apple and pear peel. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 136, n. 4, p. 461-472, 2009.

STOPAR, M. et al. Lower crop load for cv. Jonagold apples (Malus x domestica Borkh.) increases polyphenol content and fruit quality. **Journal of agricultural and food chemistry**, Easton, v. 50, n. 6, p. 1643-1646, 2002.

STOVER, E. et al. Fruit weight, cropload, and return bloom of 'Empire' apple following thinning with 6-benzyladenine and NAA at several phenological stages. **HortScience**, Alexandria, v. 36, n. 6, p. 1077-1081, 2001.

STÜPP, J. J. et al. Composição mineral, sanidade e qualidade de maçãs em pomares convencionais e orgânico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 1, p. 230-239, 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**, 5th ed. Porto Alegre: Artmed Associates, p. 918, 2013.

TERBLANCHE, J. H. An integrated approach to orchard nutrition and bitter pit control. **The Deciduous Fruit Grower**, v. 31, p. 501-513, 1981.

UMANZOR, C. et al. Influencia del uso de malla Perla y roja en las condiciones microclimáticas, daño por sol y desarrollo de color de frutos en huertos de manzanos cvs. Gala y Fuji. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 39, n. 1, 2017.

UNRATH, C. R. Prohexadione-Ca: A promising chemical for controlling vegetative growth of apples. **HortScience**, Alexandria, v. 34, n. 7, p. 1197-1200, 1999.

XU, H. et al. Shedding light on integrative GA signaling. Current **Opinion in Plant Biology**, v. 21, p. 89-95, 2014.

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

WATANABE, M. et al. Effects of plant growth regulators on fruit set and fruit shape of parthenocarpic apple fruits. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, Tokio, v. 77, n. 4, p. 350-357, 2008.

WEBSTER, A. D. Shoot growth. In: **Fundamentals of temperate zone tree fruit production.** Backhuys Publishers. Leiden, The Netherlands, 2005. p. 120-135.

WÜNSCHE, J. N.; LAKSO, A. N. Apple tree physiology: implications for orchard and tree management. **Compact Fruit Tree**, v. 33, n. 3, p. 82-88, 2000.

ZADRAVEC, P. et al. Vegetative growth, yield and fruit quality of 'Gala' apple treated with Regalis (prohexadione-Ca). **Acta Horticulturae**, Haia, v. 774, p.287-290, 2008.

ZALIHA, W. S. W.; SINGH, Z. Exogenous application of prohexadione-calcium promotes fruit colour development of 'Cripps Pink' apple. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 1012, p. 219-226, 2013.

ZHANG, N. et al. Gibberellins regulate the stem elongation rate without affecting the mature plant height of a quick development mutant of winter wheat (*Triticum aestivum L.*). **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 107 p. 228-236, 2016.