



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA.
CÂMPUS URUPEMA
MANEJO PRÉ E PÓS-COLHEITA DE FRUTAS DE CLIMA
TEMPERADO**

**MANEJO DO ETILENO DURANTE O ARMAZENAMENTO
DE MAÇÃ ‘GALAXY’ ARMAZENADA EM ATMOSFERA
CONTROLADA DINÂMICA**

Jorge Roque Alves dos Santos

Urupema SC

2020



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA.
CÂMPUS URUPEMA
MANEJO PRÉ E PÓS-COLHEITA DE FRUTAS DE CLIMA
TEMPERADO**

Jorge Roque Alves dos Santos

**MANEJO DO ETILENO DURANTE O ARMAZENAMENTO DE MAÇÃ ‘GALAXY’
ARMAZENADA EM ATMOSFERA CONTROLADA DINÂMICA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Pós-Graduação em
Manejo Pré e Pós-Colheita de Frutas de Clima
Temperado do Câmpus Urupema do Instituto
Federal de Santa Catarina como requisito
parcial para obtenção do diploma de
**Especialista em Manejo Pré e Pós-Colheita
de Frutas de Clima Temperado**

Orientador: Rogerio de Oliveira Anese

URUPEMA SC

2020

Catálogo na fonte pelo Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Santa Catarina – IFSC
Câmpus Urupema

S237m Santos, Jorge Roque Alves dos
Manejo do etileno durante o armazenamento de maçã ‘Galaxi’ armazenada em atmosfera controlada dinâmica / Jorge Roque Alves dos Santos. - 2020. 41f.

Orientador: prof. dr. Rogerio de Oliveira Anese.

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Manejo Pré e Pós-Colheita de Frutas de Clima Temperado) - Instituto Federal de Santa Catarina, 2020.

1. Maçã - Armazenamento. 2. Etileno. 3. Maçã - Efeito do etileno. I. Anese, Rogerio de Oliveira. II. Título.

CDD 634.11

Ficha catalográfica elaborada por:
Maria Isabel Soares Feitosa – CRB 1/1571

Jorge Roque Alves dos Santos

**MANEJO DO ETILENO DURANTE O ARMAZENAMENTO DE MAÇÃ ‘GALAXY’
ARMAZENADA EM ATMOSFERA CONTROLADA DINÂMICA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Pós-Graduação em
Manejo Pré e Pós-Colheita de Frutas de Clima
Temperado do Câmpus Urupema do Instituto
Federal de Santa Catarina como requisito
parcial para obtenção do diploma de
**Especialista em Manejo Pré e Pós-Colheita
de Frutas de Clima Temperado**

Aprovado em 25 de agosto de 2020:

Rogério de Oliveira Anese, Dr. (IFSC- Urupema)
(Presidente Orientador)

Vanderlei Both, Dr. (UFSM)
Membro titular

Aquidauana Miqueloto, Dra. (IFSC – São Miguel do Oeste)
Membro titular

Urupema SC
2020

AGRADECIMENTO

A Deus que concedeu saúde, força e determinação para seguir em frente todos os dias.

A meus pais pelo esforço investido na minha educação, pelo apoio e inspiração para realizar os trabalhos e buscar melhorar a cada dia.

A minha noiva Aline, pelo amor, companheirismo, apoio e compreensão em todos os momentos.

A Agropecuária Schio pela oportunidade e tempo concedido para realização do curso.

Ao Instituto Federal de Santa Catarina pela oportunidade para realizar o curso e permitir ampliar os conhecimentos.

Ao professor Rogério de Oliveira Anese pelo apoio, orientação e ensinamentos no decorrer do curso.

Aos amigos e colegas de trabalho Marcelo, Luiz e Camila pelo auxílio na realização dos trabalhos.

MUITO OBRIGADO

RESUMO

MANEJO DO ETILENO DURANTE O ARMAZENAMENTO DE MAÇÃ 'GALAXY' ARMAZENADA EM ATMOSFERA CONTROLADA DINÂMICA

AUTOR: Jorge Roque Alves dos Santos

ORIENTADOR: Rogério de Oliveira Anese

O etileno é o hormônio vegetal que está ligado ao amadurecimento e senescência de frutos climatéricos. O armazenamento de maçãs em atmosfera controlada dinâmica (ACD) reduz a produção de etileno e prolonga o tempo de armazenamento. O armazenamento em ACD-FC associado a outras técnicas de manejo do etileno pode retardar ainda mais o amadurecimento e manter por um período maior a qualidade dos frutos. Para confirmar esta tese em câmara comercial foram conduzidos dois experimentos com a finalidade de comparar os efeitos da aplicação de 1-MCP e ou a absorção de etileno durante o armazenamento comercial em ACD-FC de maçã 'Galaxy'. Frutos provenientes de 11 diferentes pomares foram armazenados, com manejo do etileno realizado através da aplicação de 1-MCP, da absorção do etileno com KMnO_4 , ou ainda pela associação das duas técnicas. Como resultado das avaliações foi observado que a utilização de KMnO_4 conseguiu manter a concentração de etileno em níveis baixos durante o armazenamento. O manejo do etileno reduziu a perda de firmeza durante o armazenamento quando comparado à utilização do armazenamento em ACD-FC isolado. A utilização associada de 1-MCP + KMnO_4 não traz maiores benefícios de quando utilizados individualmente. A absorção do etileno com KMnO_4 pode ser uma ferramenta utilizada no manejo do etileno durante o armazenamento. As condições de pré-colheita como o local de produção são determinantes para a ocorrência de podridões na pós-colheita.

Palavras-chave: *Malus domestica*; 1-MCP; Podridão; Firmeza de polpa; KMnO_4

ABSTRACT

MANAGEMENT OF ETHYLENE DURING THE STORAGE OF 'GALAXY' APPLE STORED IN DYNAMIC CONTROLLED ATMOSPHERE

AUTHOR: Jorge Roque Alves dos Santos

ADVISOR: Rogerio de Oliveira Anese

Ethylene is a plant hormone linked to the ripening and senescence of climacteric fruits. Apple storage under dynamic controlled atmosphere (DCA) reduces the ethylene production and prolongs the storage time. DCA-FC storage associated with some other ethylene management technique can further delay ripening and maintain the apple quality for a longer period. To confirm this statement, two experiments were carried out in commercial storage room, to compare the effects of 1-MCP application or ethylene absorption with KMnO_4 during commercial storage of 'Galaxy' apple under DCA-FC. Apples of 11 different orchards were stored, with ethylene management being carried out through 1-MCP application, absorption of ethylene, or even by the association of the two technologies. The results revealed that the use of KMnO_4 maintained the ethylene concentration at low levels throughout the storage. The handling of ethylene reduces the loss of firmness during DCA-FC storage when compared to DCA-FC without ethylene handling. The associated use of 1-MCP + KMnO_4 together does not bring greater benefits compared with 1-MCP or KMnO_4 isolated. Ethylene absorption with KMnO_4 can be an interesting tool to be used in the management of ethylene during storage. Pre-harvest conditions such as the place of production are determinant for the occurrence of rot in the post-harvest period.

Keywords: 1-MCP; Decay; Flesh firmness; KMnO_4

LISTA DE FIGURA

Figura 1 - Concentração de etileno durante o armazenamento de maçã ‘Galaxy’ armazenada em atmosfera controlada dinâmica por 9,5 meses.....	22
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Firmeza da polpa, sólidos solúveis totais, índice de Iodo Amido e acidez titulável na colheita.....	21
Tabela 2 - Percentual de frutos deteriorados de maçã ‘Galaxy’ após 1 dia da saída da atmosfera controlada dinâmica armazenados por 9,5 meses.	22
Tabela 3 - Ocorrência de podridões na maçã ‘Galaxy’ armazenada em atmosfera controlada dinâmica por 9,5 meses seguidas de 7 dias a temperatura de 20 °C.....	23
Tabela 4 - Firmeza de polpa de maçã ‘Galaxy’ armazenada em atmosfera controlada dinâmica por 9,5 meses.	24
Tabela 5 - Escurecimento da polpa de maçã ‘Galaxy’ armazenada em atmosfera controlada dinâmica por 9,5.	24
Tabela 6 - Ocorrência de polpa farinácea na maçã ‘Galaxy’ armazenada em atmosfera controlada dinâmica por 9,5 meses.	25
Tabela 7 - Firmeza da polpa, sólidos solúveis totais, índice de Iodo Amido e acidez titulável antes do armazenamento de maçã ‘Galaxy’.	26
Tabela 8 - Ocorrência de podridões na maçã ‘Galaxy’ armazenada em atmosfera controlada dinâmica por 9,5 meses.	27
Tabela 9 - Firmeza de polpa da maçã ‘Galaxy’ armazenada em atmosfera controlada dinâmica por 9,5 meses.	29
Tabela 10 - Ocorrência de escurecimento interno na maçã ‘Galaxy’ armazenada em atmosfera controlada dinâmica por 9,5 meses.....	30
Tabela 11 - Ocorrência de polpa farinácea em maçã ‘Galaxy’ armazenada em atmosfera controlada dinâmica por 9,5 meses.	31
Tabela 12 - Ocorrência de lenticelose em maçã ‘Galaxy’ armazenada em atmosfera controlada dinâmica por 9,5 meses.	32

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	11
MATERIAL E MÉTODOS.....	15
Experimento 1	15
Experimento 2	18
RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
Experimento 1	20
Experimento 2	26
CONCLUSÃO.....	33
REFERÊNCIAS	35

INTRODUÇÃO

A produção de maçã no Brasil tem se mantido estável nos últimos anos. A área plantada é de 29.742 ha e a produção na safra 18/19 foi de 1,02 milhão de toneladas (Hortifrut Brasil, 2019). A maior parte da produção é destinada ao armazenamento, já que a colheita da maçã é sazonal e a comercialização é realizada durante todo o ano.

A maçã tem capacidade de continuar o processo de amadurecimento mesmo depois de o fruto ser destacado da planta mãe. Durante o processo de amadurecimento, ocorrem alterações irreversíveis nos frutos, e estes adquirem características desejadas pelo consumidor como crocância, suculência, sabor e aroma característico. No período de amadurecimento ocorre a degradação da clorofila, amarelecimento dos frutos, perda de firmeza de polpa, degradação do amido, redução da acidez titulável e dos sólidos solúveis. Ocorre também aumento na produção de etileno e na respiração do fruto (KADER, 2002.).

O etileno é o hormônio vegetal que regula o processo de amadurecimento e senescência dos frutos climatéricos (LI et al., 2002). Em maçãs, o etileno regula processos como a degradação da clorofila, redução da firmeza da polpa e a taxa respiratória (WATKINS et al., 2000). Sua produção é estimulada quando os frutos sofrem algum tipo de estresse como injúrias mecânicas, infecções por doenças (YANG; HOFFMAN, 1984) ou ainda pela própria produção autocatalítica de etileno do fruto. Maçãs quando armazenadas em concentrações inferiores a $1,0 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno apresentaram menor degenerescência de polpa, polpa farinácea, maior firmeza de polpa e acidez titulável (BRACKMANN et al., 2003).

A respiração é responsável por fornecer energia para as atividades metabólicas através da degradação de reservas como os açúcares e ácidos armazenados nas células. Além da energia, a respiração também fornece alguns compostos como pigmentos, aminoácidos, ácido ascórbico, compostos fenólicos, compostos voláteis, que serão utilizados em outras rotas metabólicas (VALPUESTA; BOTELLA, 2004). Na pós-colheita, durante o período de

armazenamento, a energia produzida pela respiração é utilizada principalmente na manutenção da permeabilidade seletiva das membranas e manutenção do metabolismo celular (SAQUET et al., 2000). A respiração também está associada ao metabolismo dos frutos e conseqüentemente a vida útil do fruto na pós-colheita. A adoção de técnicas que visam a diminuição do processo de respiração durante o armazenamento estão sendo estudadas, uma vez que buscam reduzir o metabolismo, reduzindo o consumo de substratos e aumentando a vida dos frutos, prolongando assim o período de armazenamento (MATHOOKO, 1996). Alguns fatores como temperatura, concentração de O₂ e CO₂ e a quantidade de etileno no ambiente de armazenamento, são capazes de influenciar a taxa respiratória dos frutos (KADER, 2002).

A redução da temperatura na câmara de armazenagem diminui a velocidade das reações bioquímicas que ocorrem na fruta. STEFFENS et al. (2007) observou um aumento na respiração em mais de 4 vezes quando elevou em 10 °C a temperatura dos frutos. No entanto, com o armazenamento de maçãs em ambientes refrigerados apenas, consegue-se manter a qualidade por até quatro meses. Quando este período for prolongado podem ocorrer distúrbios como perda de suculência, firmeza e aumento na ocorrência de degenerescência e polpa farinácea (SAQUET et al., 1997).

Para prolongar o período de armazenamento são utilizadas técnicas adicionais à refrigeração, como a atmosfera controlada (AC). Esta técnica consiste em reduzir a temperatura, controlar a umidade relativa, reduzir a concentração de oxigênio e aumentar a concentração de gás carbônico no interior das câmaras. As pressões parciais de O₂ e CO₂ permanecem estáveis durante todo o período de armazenamento. No caso de maçã 'Gala' é recomendada a utilização de 1,2 kPa de O₂ e 2,5 kPa de CO₂ (BRACKMANN et al., 2008 a). A AC mantém a qualidade dos frutos, reduzindo a perda da firmeza da polpa e acidez

titulável, assim como a produção de etileno, a respiração e a ocorrência de distúrbios fisiológicos (BRACKMANN et al., 2008a).

O aumento da concentração de CO_2 reduz a produção de etileno pela inibição da expressão gênica e da atividade da enzima ACC sintase (GORNY; KADER, 1997). Já Wild et al. (1999), sugerem que a alta concentração de CO_2 reduz a respiração e como consequência reduz a produção de ATP. As células com menos ATP disponível reduzem a produção de etileno.

Níveis muito baixos de oxigênio e ou altos de CO_2 induzem a respiração anaeróbica, que tem como subproduto substâncias como etanol e acetaldeído. Altas concentrações de etanol e ou acetaldeídos na polpa são tóxicos ao fruto e podem causar degenerescência e depreciar a qualidade dos frutos (WRIGHT et al., 2015).

As baixas concentrações de O_2 no ambiente de armazenamento reduzem respiração e a produção de etileno dos frutos. Os níveis ideais de oxigênio onde ocorre a mínima atividade metabólica, sem causar danos ao fruto dependem de cada cultivar e varia para cada ano e local de produção. Pela dificuldade de se identificar os níveis mínimos de oxigênio, os frutos são armazenados em AC com concentrações seguras de O_2 e CO_2 , que muitas vezes estão acima do nível ideal para obter menores perdas de qualidade (TRAN et al., 2015).

Como alternativa para o armazenamento de maçã com níveis de O_2 próximos aos níveis de compensação anaeróbica, foi desenvolvida a atmosfera controlada dinâmica (ACD). Este método de armazenagem é assim denominado devido ao nível de oxigênio ser alterado durante o período de armazenamento, de acordo com as respostas do fruto. Para monitorar o nível mínimo de O_2 podem ser utilizadas basicamente três metodologias diferentes.

O monitoramento do nível mínimo de Oxigênio pode ser realizado através da determinação da concentração de etanol no suco da fruta ou no ambiente de armazenagem. A concentração de Oxigênio na câmara é reduzido até o nível de etanol atingir o limite pré-

estabelecido para cada cultivar. Quando a concentração de etanol atingir o limite máximo, o nível de oxigênio deve ser elevado conforme descrito por Santos, (2016). Outra maneira de determinar a concentração mínima de oxigênio tolerada é através do quociente respiratório (QR). Este método consiste em determinar a razão entre a produção de CO_2 e o consumo de O_2 pelos frutos em um intervalo de tempo. Quando o QR atingir valores iguais a 1 indicam respiração aeróbica e quanto maiores os valores, maior será a respiração anaeróbica. (Both, 2015).

A terceira metodologia utilizada é a atmosfera controlada dinâmica com sensores de fluorescência de clorofila (ACD-FC). Este método utiliza sensores que emitem luz sobre os frutos. Parte da luz é absorvida pela clorofila dos frutos e parte é refletida na forma de fluorescência. Em momentos que a fruta está sob estresse pelo baixo oxigênio, ocorre redução na quantidade de luz absorvida e aumento na luz refletida. Os sensores conseguem detectar o aumento da quantidade de luz refletida, e indicar em um software específico. A recomendação é de que os frutos sejam armazenados com concentrações entre 0,2 a 0,3 kPa de oxigênio acima do ponto de ocorrência do estresse (TRAN et al., 2015). Segundo Zanella et al. (2008) o armazenamento em ACD reduz a ocorrência de distúrbios fisiológicos que depreciam a qualidade dos frutos como a degenerescência senescente e perda de firmeza de polpa.

O manejo adequado do etileno durante o armazenamento é muito importante, já que tem efeito direto no desenvolvimento do amadurecimento do fruto. Para inibir a ação do etileno pode ser utilizado 1-Metilciclopropeno (1-MCP) na câmara de armazenamento (McCORMICK et al., 2010). O 1-MCP é um composto gasoso que se liga aos receptores de etileno na membrana celular. Como esta ligação é irreversível, impossibilita a ligação do etileno e, conseqüentemente, a ativação das rotas de sínteses de proteínas e enzimas relacionadas à maturação e senescência. Dessa forma, diminui a respostas do fruto ao etileno, reduzindo a velocidade do amadurecimento dos frutos (FAN et al., 1999). O 1-MCP mantém

a qualidade da maçã por até seis meses de armazenamento refrigerado (BRACKMANN et al., 2004). Por outro lado, além do alto custo da aplicação, o 1-MCP pode reduzir a produção de compostos voláteis como ésteres e álcoois, relacionados com o aroma. Segundo Thewes et al. (2015) houve decréscimo na produção de ésteres em maçã “Royal gala” tratados com 1-MCP e armazenados em AC. Já Leverents et al. (2003) verificaram aumento na incidência e severidade de podridões em maçã ‘Golden Delicious’ tratadas com 1-MCP.

Outra maneira de reduzir os efeitos do etileno na maturação dos frutos é através da sua remoção do ambiente de armazenagem. Absorvedores com permanganato de potássio (KMnO_4) promovem a oxidação do etileno à água, gás carbônico, dióxido de manganês e potássio (Wills & Warton, 2004), reduzindo a concentração de etileno no ambiente de armazenagem. Para Brackmann et al. (2000) quanto menor a concentração de etileno durante o armazenagem de maçã ‘Royal Gala’, menor é a perda de firmeza de polpa e ocorrência de polpa farinácea.

O objetivo deste trabalho foi comparar o manejo do etileno com a utilização de 1-MCP e absorvedores de etileno em câmaras comerciais de armazenagem de maçãs em atmosfera controlada dinâmica. Para isso, foram realizados dois experimentos: o experimento 1 com a finalidade de comparar o percentual de perdas durante a armazenagem e o experimento 2 com o objetivo de avaliar os efeitos dos tratamentos na evolução da maturação e incidência de desordens fisiológicas.

MATERIAL E MÉTODOS

Experimento 1

Os frutos de maçã “Galaxy” foram colhidos no ano de 2018 em quatro pomares comerciais, sendo os pomares 1, 2 e 3 localizados na região de Bom Jesus/RS e o pomar 4 localizado na região de São Joaquim/SC. A região de Bom Jesus está localizada a

uma latitude 28° 40' 04" Sul e a uma longitude 50° 25' 00" Oeste, estando a uma altitude de 1054 metros. O Clima é temperado (Cfb), com verões amenos, invernos relativamente frios com geadas frequentes. A região de São Joaquim está localizada a uma latitude 28° 17' 38" Sul e a uma longitude 49° 55' 54" Oeste, estando a uma altitude de 1.354 metros. O clima é temperado (Cfb), com verões amenos e baixas temperaturas no inverno.

Na chegada dos frutos ao *packing house* foram selecionados ao acaso seis bins (caixa de madeira contendo 350 kg de maçãs) de cada um dos pomares. Três bins foram armazenados em uma câmara contendo 92 módulos de permanganato de potássio conforme recomendação do fornecedor do produto (KMnO₄ - Green Keeper/Iberia, S.L./Madrid/Espanha). Os outros 3 bins do mesmo pomar foram armazenados em outra câmara e posteriormente foi tratada com 1-metilciclopropeno (1-MCP – SmartFresh/Agrofresh Inc.), porém sem a presença dos módulos de KMnO₄. Os módulos Green Keeper foram distribuídos em paletes posicionados sobre bins localizados próximos aos evaporadores. Os frutos foram armazenados por 286 ± 2 dias sob atmosfera controlada dinâmica (ACD-FC, 0,4 kPa de O₂ + 1,5 kPa de CO₂). Para estabelecimento da ACD-FC, o gás O₂ foi diluído da atmosfera de armazenamento por meio da introdução do gás N₂ gerado pelo princípio “Pressure Swing Absorption” (PSA) até a pressão parcial de 5,0 kPa. A redução da pressão parcial de O₂ de 5,0 para 0,4 kPa e o aumento da pressão parcial de CO₂ para 1,5 kPa foram obtidos naturalmente pela respiração dos frutos. Os níveis de gases de 0,4 kPa de O₂ + 1,5 kPa de CO₂ foram atingido em até 12 dias após a instalação de AC. A pressão parcial dos gases O₂ e CO₂ foi monitorada diariamente utilizando analisadores marca Isolcell[®]. O O₂ consumido pela respiração foi compensado por meio da injeção de ar nas câmaras. Para manutenção do nível desejado de CO₂, foram utilizados adsorvedores marca Isolcell modelo IS600. A temperatura de polpa foi ajustada para 1,0 °C e monitorada com um termômetro de polpa na região próxima a porta da câmara. Durante o enchimento da câmara, manteve-se uma lâmina

de água no piso. Ao longo da armazenagem, o monitoramento da umidade relativa foi realizado de forma subjetiva, por meio do monitoramento do acúmulo de água no piso da câmara. E também, pela avaliação mensal da qualidade de uma amostra de frutos que não faziam parte do experimento, sobretudo quanto à incidência de frutos murchos. Com base nestes critérios, definiu-se a frequência e o tempo diário de umidificação da câmara.

A concentração de etileno no interior das câmaras foi monitorada mensalmente ao longo de todo o período de armazenagem. Foram realizadas coletas de duas amostras de ar em cada câmara com auxílio de uma bomba de vácuo-pressão, armazenado em bolsas e enviadas para análise no laboratório de pós-colheita da Epagri/Caçador onde foi determinada a concentração de etileno, por meio de cromatografia gasosa.

A qualidade dos frutos foi determinada na colheita e após armazenagem. Na colheita determinou-se o estágio de maturação de 15 frutos (firmeza de polpa, teor de sólidos solúveis (TSS), acidez titulável (AT) e índice de amido). Após armazenagem, os bins foram introduzidos individualmente em uma máquina comercial de classificação de maçãs (Prodol) para simular o processo de embalagem e determinar o percentual de perdas. Os frutos foram separados em sadios ou deteriorados e acondicionados em caixas plásticas. Foi classificado visualmente como maçãs deterioradas aquelas com sintomas de danos desenvolvidos durante a armazenagem (podridões e distúrbios fisiológicos). As maçãs sem defeitos ou com defeitos de origem na pré-colheita (deformação, batidas, tamanho inferior a 55 mm, falta de cor, etc.) foram classificadas como 'sadias'. Posteriormente as caixas de frutos sadios e deteriorados foram pesadas separadamente e determinou-se o percentual de frutos deteriorados em cada bins. Na sequência, para cada um dos bins analisados, foi coletada duas amostra de 100 frutos sadios de tamanho representativo da média dos frutos de cada um dos pomares. Uma das amostras foi avaliada para obter a qualidade dos frutos na abertura da câmara. A segunda amostra foi mantida a 20 °C por sete dias para simular a vida de prateleira e analisados após

este período. Os frutos foram avaliados quanto a firmeza de polpa, AT, SST e incidência de polpa farinácea, escurecimento interno da polpa, podridões e distúrbios associados a deficiência de cálcio (Lenticel blotch pit, bitter pit e/ou lenticelose).

Para a análise da firmeza da polpa, foi retirada a epiderme em lados opostos da região equatorial dos frutos e determinada com auxílio de um penetrômetro eletrônico com ponteira de 11 mm de diâmetro (Güss, África do Sul). Para a determinação dos teores de AT e SST, foi extraído suco da secção transversal de amostras de cinco frutos. O conteúdo de SST foi determinado utilizando-se um refratômetro. A AT foi determinada por meio da titulação de 10 mL de suco, diluídos em 90 mL de água, utilizando-se de solução de hidróxido de sódio 0,1 N, até pH 8,1, usando fenolftaleína como indicador. A incidência de podridões e distúrbios fisiológicos foram determinados pela análise visual e contagem dos frutos que apresentava sintomas sendo atribuído notas 1 para ausência do dano e 2 para presença do dano. Foram considerados frutos podres os que apresentavam sintomas de doenças causados por fungos. Para polpa farinácea foram considerados frutos que apresentaram polpa seca e sem suculência. Para escurecimento interno foram considerados frutos que apresentavam escurecimento na polpa.

O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado contendo 2 manejos do etileno e 4 pomares, com 3 repetições. Os dados expressos em percentual ou quando foi atribuída uma nota, foram transformados pela fórmula $\arcsen\sqrt{x}/100 + 0,5$. Após os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o software Sisvar e, as médias dos tratamentos, comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), em arranjo bifatorial (2 manejos do etileno x 4 pomares).

Experimento 2

Os frutos de maçã “Galaxy” foram colhidos em sete pomares comerciais distintos no ano de 2018, sendo os pomares 5 e 6 localizados na região de Bom Jesus/RS e os pomares 7,

8, 9, 10 e 11 localizados na região de Vacaria/RS. A caracterização do clima de Bom Jesus está descrito no experimento 1. A região de Vacaria esta localizada no Nordeste do Rio Grande do Sul, à latitude de 28° 30' 44" Sul e à longitude de 50° 56' 02" oeste, estando a uma altitude de 971 metros. O clima temperado, de verões amenos, com temperatura máxima média 25 °C e mínima média 15 °C. No inverno a temperatura máxima média está em torno de 16 °C e a mínima média em torno de 7 °C.

Na chegada dos frutos no *packing house*, para cada um dos pomares, foi selecionado ao acaso 5 bins da mesma origem (pomar, quadra e data de colheita). Destes cinco bins selecionou-se 415 frutos sadios de tamanho uniforme e livres de defeitos graves (dano mecânico, lesão aberta, podridões e distúrbios fisiológicos). Na sequência, os frutos foram aleatoriamente distribuídos em bandejas, formando 16 bandejas de 25 frutos (amostras para armazenagem) e uma bandeja de 15 frutos (amostra para determinação da qualidade na colheita). Posteriormente, as 16 bandejas foram aleatoriamente distribuídas em caixas de papelão formando quatro caixas de 100 frutos (quatro bandejas por caixa). Duas caixas foram tratadas com 1-MCP e as outras duas permaneceram sob as mesmas condições, porém sem receber o tratamento. O tratamento com 1-MCP (SmartFresh, 625 ppb) ocorreu no dia seguinte a data de colheita quando os frutos já estavam refrigerados e seguiu o protocolo de aplicação comercial utilizado comercialmente pela AgroFresh. No segundo dia após a aplicação, uma caixa sem 1-MCP (T1) e outra com 1-MCP (T2) de cada pomar foram armazenadas em uma câmara de ACD-FC previamente tratada com 1-MCP. Outras duas caixas de cada pomar uma sem 1-MCP (T3) e a outra com 1-MCP (T4) foram armazenadas em uma segunda câmara de ACD-FC que não recebeu tratamento com 1-MCP e que possuía módulos de KMnO_4 para a absorção de etileno, formando os seguintes tratamentos:

T1. ACD-FC (ACD-FC sem 1-MCP e sem KMnO_4)

T2. ACD-FC + 1-MCP (ACD-FC com 1-MCP e sem KMnO_4)

T3. ACD-FC + KMnO₄ (ACD-FC sem 1-MCP e com KMnO₄)

T4. ACD-FC +1-MCP+ KMnO₄ (ACD-FC com 1-MCP e com KMnO₄)

As condições de armazenagem foram as mesmas descritas para os frutos do experimento 1.

A qualidade dos frutos foi determinada na colheita e após armazenagem. Na colheita determinou-se o estágio de maturação de 15 frutos (firmeza de polpa, teor de SS, AT e índice de amido). Na saída da câmara após armazenagem, avaliou-se a incidência total de podridões e distúrbios fisiológicos externos de todos os frutos para cada uma das combinações experimental, sendo que os frutos com danos foram descartados. Adicionalmente, foi analisado uma amostra de 20 frutos, sendo que, para algum dos pomares, em razão da maior incidência de podridões, a amostra foi reduzida para 15 frutos. O restante dos frutos retornou para caixas de papelão forradas com saco plástico (10 µm) e colocadas em estufa a 20°C por sete dias. Após este período, os frutos foram analisados quanto a firmeza de polpa e incidência de polpa farinácea, escurecimento interno da polpa, podridões e distúrbios associados a deficiência de cálcio (blotch pit, bitter pit e lenticelose). O método de análise dos frutos seguiu o mesmo procedimento utilizado no experimento 1.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado contendo 4 tratamentos de pós-colheita, sendo que cada fruto constituiu uma repetição, oriundos de 7 pomares. Após, os dados expressos em percentual ou quando foi atribuído uma nota, foram transformados pela fórmula $\arcsen\sqrt{x/100} + 0,5$ e com auxílio do software Sisvar, submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey ($p < 0,05$) para comparação das médias, em arranjo bifatorial (4 condições de armazenamento X 7 pomares).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento 1

Os frutos colhidos nos diferentes pomares apresentavam ponto de maturação diferente, como pode ser evidenciado pela análise estatística dos dados de FP e SST (Tabela 1). A FP e os SST no pomar 1 diferiram do pomar 2 e 3 demonstrando frutos em estágio de maturação menos avançado para o pomar 1 e frutos mais maduros nos pomares 2 e 3. O pomar 4 não diferiu para os parâmetros citados em relação aos demais pomares.

Tabela 1 - Firmeza da polpa, sólidos solúveis totais, índice de Iodo Amido e acidez titulável na colheita.

Pomar	FP (lb)		SST (%)		IA (1-9)	Acidez (meq 100 mL⁻¹)
1	17,00	a*	11,67	b	5,40**	5,40**
2	15,67	b	13,00	a	4,00	5,10
3	15,83	b	12,67	a	7,00	4,80
4	16,23	ab	12,40	ab	8,60	5,30
CV %	6,94		7,62			

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

**Dados sem repetições para a análise estatística.

A utilização da absorção do etileno com KMnO_4 durante o armazenamento foi eficiente na manutenção do etileno em níveis inferiores a $1,0 \mu\text{L L}^{-1}$ durante todo o período de armazenamento (Figura 1). Segundo (Kader, 2002) concentrações de $1,0 \mu\text{L L}^{-1}$ já são suficientes para desencadear respostas nos tecidos de plantas.

Os frutos produzidos no ano/safra 2017/2018 de modo geral apresentaram bom potencial de armazenamento e conservação. As perdas por podridões são consideradas aceitáveis até atingirem índices de 5%. Para este experimento a ocorrência de podridões e distúrbios fisiológicos, principais causas de perdas durante o armazenamento, podem ser consideradas baixas já que permaneceram ao redor de 2,5%. O percentual de frutos deteriorados não foi influenciado pelo tipo de armazenamento (Tabela 2).

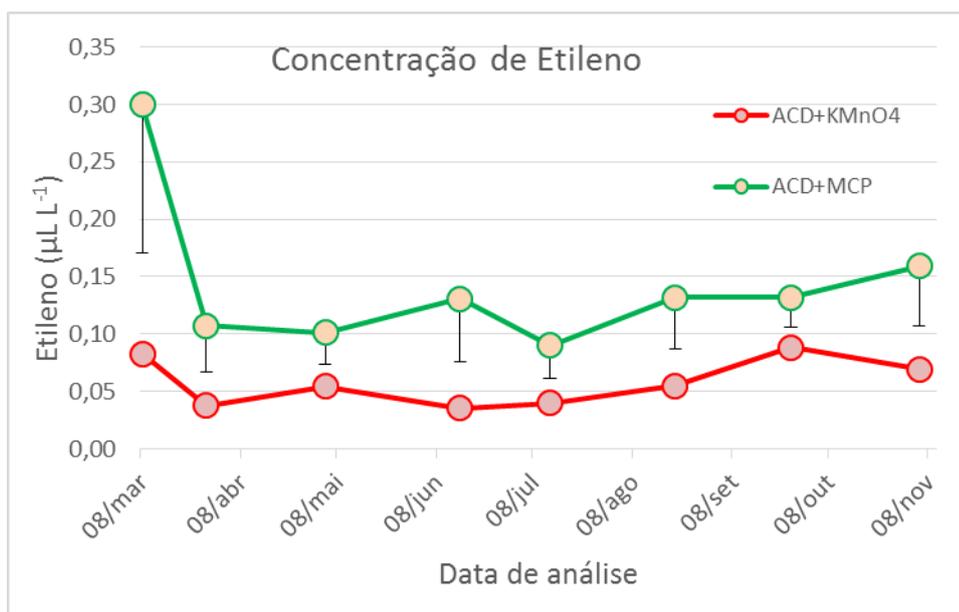


Figura 1 - Concentração de etileno durante o armazenamento de maçã 'Galaxy' armazenada em atmosfera controlada dinâmica por 9,5 meses.

As barras verticais indicam o desvio padrão entre as duas amostras da mesma câmara.

Tabela 2 - Percentual de frutos deteriorados de maçã 'Galaxy' após 1 dia da saída da atmosfera controlada dinâmica armazenados por 9,5 meses.

Pomar	FP Inicial	1-MCP		KMnO ₄		Média	
		1 dia a 20°C (%)					
1	17,00	a*	2,8	Aa	4,0	Aa	3,4
2	15,67	b	2,2	Aa	2,9	Aa	2,6
3	15,83	b	3,0	Aa	3,1	Aa	3,0
4	16,23	ab	2,0	Aa	0,8	Ab	1,4
Média			2,5		2,7		
CV %			43,53				

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Quando comparado o percentual de frutos deteriorados em relação aos diferentes pomares, percebemos que os frutos do pomar 4 armazenados com absorção de etileno apresentaram menor percentual de frutos deteriorados.

A ocorrência de podridões após 7 dias a 20 °C (Tabela 3) não diferiu para os diferentes tipos de armazenagem. Quando comparamos a ocorrência de podridões dentro do mesmo tratamento também não observamos diferença entre os pomares quando armazenados com

absorção de etileno. Foi encontrado diferença apenas quando comparamos a ocorrência de podridões entre os pomares tratados com 1-MCP, sendo que o pomar 3 apresentou maior incidência e o pomar 2 menor incidência. Both (2015) observou que frutos de ‘Fuji kiku’ tratados com 1-MCP e armazenados em condições de baixo oxigênio apresentaram maiores incidência de podridões que os não tratados. O etileno pode estar associado à ativação dos processos de defesa. Com a inibição da ação do etileno esses mecanismos podem não ser ativados aumentando a ocorrência de doenças (MARCOS et al., 2005).

Em muitos casos, a infecção do fruto pelo patógeno ocorre antes da colheita, sendo a sanidade do pomar um fator importante para a quantidade de infecção. Durante a armazenagem ocorre o desenvolvimento da infecção sendo que os mecanismos de resistência do fruto são importantes para conter o avanço da doença. Já o ponto de maturação na colheita parece não ser um fator determinante para a ocorrência de podridões, pois os pomares 2 e 3 apresentaram firmeza de polpa semelhante na colheita e diferença no percentual de podridões.

Tabela 3 - Ocorrência de podridões na maçã ‘Galaxy’ armazenada em atmosfera controlada dinâmica por 9,5 meses seguidas de 7 dias a temperatura de 20 °C.

Pomar	FP Inicial	7 dia a 20°C (%)				Média	
		1-MCP		KMnO ₄			
1	17,00	a*	11,7	Aab	9,7	Aa	10,7
2	15,67	b	5,7	Ab	9,0	Aa	7,3
3	15,83	b	23,3	Aa	19,8	Aa	21,5
4	16,23	ab	12,0	Aab	5,7	Aa	8,8
Média			13,1		11,0		
CV %					29,63		

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

O armazenamento com absorção de etileno manteve maior firmeza de polpa nos pomares 3 e 4 tanto a 1 como a 7 dias a 20 °C (Tabela 4). Quando comparamos os diferentes pomares, para frutos do pomar 3 tratados com 1-MCP, apresentaram menor firmeza de polpa a 1 e a 7 dias a 20°C. Essa diferença não foi observada no armazenamento com KMnO₄.

Tabela 4 - Firmeza de polpa de maçã ‘Galaxy’ armazenada em atmosfera controlada dinâmica por 9,5 meses.

Pomar	FP Inicial		1-MCP		KMnO ₄		Média
					1 dia a 20°C (lb)		
1	17,00	a*	15,9	Aa	16,4	Aa	16,1
2	15,67	b	15,5	Aa	15,8	Aa	15,7
3	15,83	b	13,5	Bb	15,0	Aa	14,2
4	16,23	ab	14,6	Bab	16,2	Aa	15,4
Média			14,8		15,8		
CV %					5,35		
					7 dia a 20°C (lb)		
1			15,9	Aa	16,4	Aa	16,1
2			15,6	Aab	16,0	Aa	15,8
3			14,1	Bb	15,4	Aa	14,7
4			14,8	Bab	16,4	Aa	15,6
Média			15,1		16,1		
CV %					4,58		

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Quanto ao escurecimento interno (Tabela 5), não houve diferença estatística significativa a 1 nem a 7 dias a 20°C para as duas condições de armazenamento.

Tabela 5 - Escurecimento da polpa de maçã ‘Galaxy’ armazenada em atmosfera controlada dinâmica por 9,5.

Pomar	FP Inicial		1-MCP		KMnO ₄		Média	
					1 dia 20°C (%)			
1	17,00	a*	4,7		7,3		6,0	ab
2	15,67	b	7,3		5,3		6,3	ab
3	15,83	b	24,0		15,3		19,6	a
4	16,23	ab	4,7		3,0		3,8	b
Média			10,2	A	7,7	A		
CV %					27,05			
					7 dias a 20°C (%)			
1			4,0	Ab	9,3	Aab	6,7	
2			7,3	Ab	9,3	Aab	8,3	
3			32,5	Aa	23,8	Aa	28,1	
4			7,3	Ab	4,3	Ab	5,8	
Média			12,8		11,7			
CV %					30,09			

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Brackmann, et. al. (2008b) também não observaram redução no escurecimento interno quando utilizado 1-MCP ou absorção do etileno isoladamente. Sete dias após a saída da câmara os frutos expostos a temperatura de 20 °C provenientes do pomar 3 em condição sob KMnO_4 e 1-MCP exibiram maior incidência de escurecimento de polpa em comparação ao pomar 4. No entanto na condição de absorção de etileno não diferiram do pomar 1 e 2 (Tabela 5). A incidência de escurecimento interno pode ser influenciada também pelo manejo realizado antes da colheita e não somente com o método de armazenamento e ou o ponto de colheita da fruta.

O armazenamento com absorção de etileno reduziu significativamente a incidência de polpa farinácea em relação à aplicação de 1-MCP apenas no pomar 4, tanto a 1 como a 7 dias a 20 °C (Tabela 6). Quando comparamos os diferentes pomares na mesma condição de armazenamento o pomar 4 apresentou maior incidência de polpa farinácea quando tratado com 1-MCP. Já com absorção de etileno não houve diferença para os diferentes pomares.

Tabela 6 - Ocorrência de polpa farinácea na maçã ‘Galaxy’ armazenada em atmosfera controlada dinâmica por 9,5 meses.

Pomar	FP Inicial	1-MCP		KMnO_4		Média		
		1 dia a 20°C (%)						
1	17,00	a*	1,0	Ab	1,0	Aa	1,0	
2	15,67	b	1,3	Ab	0,7	Aa	1,0	
3	15,83	b	5,3	Aab	3,8	Aa	4,5	
4	16,23	ab	8,0	Aa	2,0	Ba	5,0	
Média			3,9		1,9			
CV %			16,57					
7 dia a 20°C (%)								
1			0,3	Ab	0,3	Aa	0,3	
2			3,3	Aab	1,0	Aa	2,2	
3			2,0	Aab	4,3	Aa	3,1	
4			8,7	Aa	0,3	Ba	4,5	
Média			3,6		1,5			
CV %			15,45					

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

A aplicação de 1-MCP bloqueia os receptores de etileno existentes, no entanto, novos receptores de etileno podem ser criados durante o armazenamento (BLANKENSHIP &

DOLE, 2003). Os novos receptores se ligam ao etileno presente no ambiente o que acelera o amadurecimento dos frutos, reduzindo a firmeza de polpa, e aumentando distúrbios como escurecimento interno e polpa farinácea. Quando o etileno é removido do ambiente de armazenamento, mesmo com receptores disponíveis, há menor ativação destes pelo etileno.

Experimento 2

Os diferentes pomares deste experimento apresentavam pontos de maturação diferentes no momento da colheita, evidenciado principalmente pela diferença estatística na firmeza de polpa (Tabela 7).

Tabela 7 - Firmeza da polpa, sólidos solúveis totais, índice de Iodo Amido e acidez titulável antes do armazenamento de maçã ‘Galaxy’.

Pomar	FP (lb)		IA (1-9)		SST(%)		Acidez (meq 100 mL ⁻¹)
5	17,8	ab*	3,9	a	14,4	a	10,2**
6	16,1	bc	8,0	a	12,2	bc	6,8
7	16,1	c	3,8	a	10,9	d	4,8
8	18,6	a	3,0	a	11,7	cd	5,1
9	16,2	bc	5,2	a	12,8	bc	6,1
10	15,6	c	6,7	a	12,6	bc	4,8
11	17,3	abc	4,6	a	12,9	b	6,3
CV %	9,03		51,31		8,50		

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

**Não há repetições para a análise estatística.

Para a ocorrência de podridões, o armazenamento com diferentes manejos do etileno diferiu apenas para os pomares 9 e 11 (Tabela 8). Para o pomar 9, a aplicação de 1-MCP reduziu a incidência de podridões na avaliação a 1 dia à 20 °C. Já após 7 dias à 20 °C o tratamento com 1-MCP apresentou maior incidência de podridões para este pomar. Para o pomar 11 houve diferença apenas na saída da câmara, onde a maior ocorrência de podridões foi com absorção de etileno. Para os demais pomares não houve diferença para incidência de podridões com os diferentes manejos de etileno.

Tabela 8 - Ocorrência de podridões na maçã ‘Galaxy’ armazenada em atmosfera controlada dinâmica por 9,5 meses.

Pomar	FP Inicial	ACD-FC		1-MCP		KMnO ₄		1-MCP + KMnO ₄		Média	
		1 dia a 20°C (%)									
5	17,8	ab	1,0	Ad	0,0	Ac	10,0	Ab	8,0	Abc	4,8
6	16,1	bc	5,0	Acd	4,0	Abc	12,0	Ab	8,0	Abc	7,3
7	16,1	c	12,0	Abcd	11,0	Aabc	15,0	Ab	17,0	Aab	13,8
8	18,6	a	0,0	Ad	5,0	Abc	12,0	Ab	3,0	Ac	5,0
9	16,2	bc	18,0	ABabc	11,0	Babc	23,0	ABb	25,0	Aa	19,3
10	15,6	c	20,0	Aab	14,0	Aab	14,0	Ab	22,0	Aa	17,5
11	17,3	abc	26,0	Ba	24,0	Ba	39,0	Aa	16,0	Babc	26,3
Média			11,7		9,9		17,9		14,1		
CV %			30,04								
Pomar	FP Inicial	7 dias a 20°C (%)									
5			9,3	Ab	0,0	Ac	9,6	Ab	5,8	Abc	6,2
6			9,3	Ab	9,3	Abc	14,3	Ab	4,2	Abc	9,3
7			25,8	Aab	24,2	Aab	27,3	Aab	24,0	Aab	25,3
8			9,3	Ab	3,9	Ac	9,2	Ab	1,3	Ac	5,9
9			13,4	Cb	34,3	Aa	15,3	BCb	30,8	ABa	23,4
10			33,3	Aa	24,0	Aab	20,0	Ab	37,5	Aa	28,7
11			40,7	Aa	27,2	Aab	42,9	Aa	29,0	Aa	34,9
Média			20,2		17,6		19,8		19,0		
CV %			32,34								

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Quando comparamos os pomares dentro do mesmo tratamento, podemos observar que o pomar 8 apresentou menor incidência de podridões seguido do pomar 5, 6 e 9 tanto a 1 dia como a 7 dias à 20°C. A firmeza de polpa no momento da colheita parece não ser um fator determinante para a ocorrência de podridões durante o armazenamento, já que o pomar 11 apresentou firmeza de polpa elevada na colheita e alta incidência de podridões durante o armazenamento e a após 7 dias à 20°C.

É esperado que o etileno atue de forma indireta no desenvolvimento de podridões durante o armazenamento. O manejo do etileno retarda a perda de firmeza o que dificulta a penetração e desenvolvimento de patógenos. Brackmann et al. (2008b) verificaram redução da

ocorrência de podridões em frutos tratados na pré-colheita com aminoetoxivinilglicina (AVG), que é um inibidor da síntese de etileno, associado ao tratamento em pós colheita com 1-MCP, ou quando armazenados com absorção de etileno. No mesmo trabalho não observaram diferença quando o manejo do etileno foi realizado somente após a colheita.

O tratamento com 1-MCP foi eficiente em manter maior firmeza de polpa em relação ao uso somente da ACD para os pomares 5, 6, 8 e 10 (Tabela 9) na abertura da câmara. Essa diferença fica ainda mais clara quando avaliada aos 7 dias à 20°C, a qual apresentou diferença para os pomares 5, 6, 7, 8 e 10. A firmeza de polpa foi mais elevada no tratamento com 1-MCP quando comparado a absorção de etileno nos pomares 6 e 8, a 1 dia a 20°C e, nos pomares 5, 6 e 8, a 7 dias a 20 °C. A absorção de etileno com KMnO_4 foi eficiente em manter maior firmeza de polpa que a ACD sem manejo do etileno para os pomares 5 e 10 na abertura da câmara e para os pomares 5, 7, 8, 10 e 11 após 7 dias à 20°C. A associação das duas formas de manejo do etileno, 1-MCP+ KMnO_4 , manteve maior firmeza de polpa do que apenas a ACD na maioria dos pomares, após 7 dias à 20 °C. No entanto, após o período de vida de prateleira, a firmeza da polpa foi igual a aplicação de 1-MCP isoladamente, para todos os pomares, o que demonstra não ser necessário a aplicação das duas formas juntas de manejo do etileno para manter a firmeza da polpa. Na comparação entre os pomares podemos observar que os pomares 5, 8 e 11 apresentaram maiores firmeza de polpa na colheita e permaneceram entre os pomares com maior firmeza após o armazenamento tanto a 1 dia como a 7 dias a 20°C, independentemente da forma de armazenamento.

Para MAJUMDER e MAZUMDAR (2002) a atividade da enzima poligalacturonase está altamente correlacionada com a quantidade de etileno presente na câmara. Esta enzima atua na degradação da parede celular e redução da firmeza de polpa sendo que quando menor sua atividade menor será a perda da firmeza da polpa.

Tabela 9 - Firmeza de polpa da maçã ‘Galaxy’ armazenada em atmosfera controlada dinâmica por 9,5 meses.

Pomar	FP Inicial	ACD-FC		1-MCP		KMnO ₄		1-MCP + KMnO ₄		Média	
1 dia 20°C (lb)											
5	17,8	ab	14,7	Bab	17,4	Aa	16,4	Aa	16,8	Aa	16,3
6	16,1	bc	15,3	Bab	17,3	Aa	14,0	Bb	14,7	Bb	15,4
7	16,1	c	14,8	Aab	16,4	Aa	16,3	Aa	16,3	Aab	15,9
8	18,6	a	15,6	Ba	17,2	Aa	16,4	ABa	17,1	ABa	16,6
9	16,2	bc	13,6	Bbc	14,0	Bb	14,9	ABab	16,0	Aab	14,6
10	15,6	c	12,5	Cc	14,3	Bb	15,6	ABab	16,2	Aab	14,7
11	17,3	abc	15,9	Aa	16,9	Aa	16,0	Aab	16,9	Aa	16,4
Média			14,6		16,2		15,7		16,3		
CV%											13,19
7 dias 20°C (lb)											
5			14,3	Cabc	17,9	Aa	15,9	Ba	18,2	Aa	16,6
6			14,6	BCab	16,0	Ab	14,1	Cb	15,4	ABc	15,1
7			14,7	Bab	17,3	Aab	16,2	Aa	16,5	Abc	16,2
8			14,0	Cabc	16,9	Aab	15,4	Bab	17,4	Aab	16,0
9			13,5	Abc	14,1	Ac	14,0	Ab	13,5	Ad	13,8
10			12,9	Bc	16,6	Aab	15,9	Aa	15,6	Ac	15,4
11			15,2	Ba	16,6	ABab	16,7	Aa	16,1	ABbc	16,2
Média			14,2		16,5		15,3		16,3		
CV%											14,43

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Não houve diferença estatística para escurecimento interno (Tabela 10) em nenhuma condição de armazenamento nem entre diferentes pomares na abertura da câmara. Aos 7 dias à 20°C houve diferença entre as condições de armazenamento apenas nos pomares 9 e 10. Para o pomar 9, a absorção de etileno com KMnO₄ e KMnO₄+1-MCP apresentaram maior incidência de escurecimento interno. No pomar 10 a ACD apresentou maior incidência de escurecimento interno, demonstrando que neste caso a ACD não foi suficiente para controlar o escurecimento. Já quando foi realizado manejo do etileno houve redução no escurecimento para os frutos oriundos do pomar 10, com maior eficiência com a absorção com KMnO₄.

Tabela 10 - Ocorrência de escurecimento interno na maçã ‘Galaxy’ armazenada em atmosfera controlada dinâmica por 9,5 meses.

Pomar	FP Inicial		ACD-FC		1-MCP		KMnO ₄		1-MCP + KMnO ₄		Média
			1 dias a 20°C (%)								
5	17,8	ab	4,0		0,0		0,0		4,0		2,0
6	16,1	bc	0,0		4,0		8,0		12,0		6,0
7	16,1	c	0,0		0,0		0,0		0,0		0,0
8	18,6	a	0,0		0,0		0,0		0,0		0,0
9	16,2	bc	12,0		0,0		12,0		0,0		6,0
10	15,6	c	12,0		4,0		4,0		8,0		7,0
11	17,3	abc	0,0		4,0		4,0		0,0		2,0
Média			4,0		1,7		4,0		3,4		
CV %			17,24								
7 dias a 20°C (%)											
5			2,7	Ac	0,0	Ab	0,0	Ab	0,0	Ac	0,7
6			4,0	Ac	2,7	Ab	0,0	Ab	4,2	Abc	2,7
7			0,0	Ac	0,0	Ab	0,0	Ab	0,0	Ac	0,0
8			1,3	Ac	0,0	Ab	1,3	Ab	0,0	Ac	0,7
9			17,9	Bb	22,4	Ba	37,3	Aa	42,3	Aa	30,0
10			51,1	Aa	20,0	Ba	0,0	Cb	34,4	Ba	26,4
11			3,4	Ac	6,2	Ab	14,3	Ab	14,5	Ab	9,6
Média			11,5		7,3		7,6		13,6		
CV %			25,73								

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

A ocorrência de escurecimento interno durante o armazenamento está relacionada com o ponto de maturação na colheita dos frutos. Os pomares 9 e 10 apresentavam baixa firmeza na colheita e apresentaram maiores índices de escurecimento, e os pomares 5 e 8 apresentavam alta firmeza de polpa e menor incidência do distúrbio. No entanto, este não deve ser o único fator, pois o pomar 7 apresentou menor firmeza de polpa na colheita e também baixa incidência de escurecimento, porém os frutos deste pomar apresentaram índice de iodo amido ótimo para a armazenagem. Brackmann et al (2009) observou redução significativa na degenerescência quando os frutos foram tratados com 1-MCP e quando o etileno foi removido da câmara comparados com o armazenamento atmosfera controlada sem manejo do etileno.

Não foi observado ocorrência de polpa farinácea em nenhum tratamento na abertura da câmara (dados não apresentados). Após 7 dias à 20 °C os dois tratamentos com 1-MCP apresentaram redução na incidência de polpa farinácea para o pomar 11 se comparada com a ACD-FC e KMnO_4 , (Tabela 11). Para o pomar 6 apenas o armazenamento em ACD-FC foi suficiente para controlar o distúrbio e quando associado aplicação de 1-MCP+ KMnO_4 houve aumento na incidência de polpa farinácea.

Tabela 11 - Ocorrência de polpa farinácea em maçã ‘Galaxy’ armazenada em atmosfera controlada dinâmica por 9,5 meses.

Pomar	FP Inicial	7 dias a 20°C									
		ACD-FC		1-MCP		KMnO_4		1-MCP + KMnO_4		Média	
5	17,8	ab	2,7	Ac	1,3	Aa	3,8	Ab	0,0	Aa	2,0
6	16,1	bc	0,0	Bc	5,3	ABa	8,6	ABab	11,3	Aa	6,3
7	16,1	c	7,6	Aabc	0,0	Aa	0,0	Ab	0,0	Aa	1,9
8	18,6	a	5,3	Aabc	0,0	Aa	5,3	Ab	0,0	Aa	2,6
9	16,2	bc	16,4	Aa	10,4	Aa	18,6	Aa	9,6	Aa	13,8
10	15,6	c	4,4	Abc	0,0	Aa	0,0	Ab	3,1	Aa	1,9
11	17,3	abc	15,3	Aab	1,2	Ba	11,9	Aab	1,6	Ba	7,5
Média			7,4		2,6		6,9		3,7		
CV%			20,92								

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

A ocorrência de polpa farinácea parece não estar relacionada apenas com o ponto de maturação do fruto no momento da colheita já que os pomares com firmeza de polpa baixa na colheita como os pomares 7 e 10 apresentaram baixa incidência deste distúrbio. Este fato sugere que além do ponto de maturação, a polpa farinácea é influenciada pelo local de produção ou manejo durante a produção dos frutos.

O etileno está relacionado com a evolução do amadurecimento e senescência dos frutos. Também está relacionado com o desenvolvimento de distúrbios analisados como, escurecimento interno e polpa farinácea. Brackmann et al. (2009) verificaram que a aplicação de 1-MCP reduziu a atividade da enzima ACC oxidase em maior intensidade que quando foi realizado a absorção do etileno na câmara. A enzima ACC oxidase atua na rota de produção

do etileno. A redução da produção de etileno retarda a evolução do amadurecimento e senescência dos frutos.

Não houve incidência de lenticelose na abertura da câmara (dados não apresentados). Após 7 dias à 20 °C não houve diferença quanto ao modo de armazenamento para os pomares 5, 6, 7 e 8 (Tabela 12). Os frutos do pomar 9 armazenados com KMnO_4 exibiram menor ocorrência de lenticelose. Já para o pomar 10 pode-se observar menor ocorrência deste distúrbio em frutos armazenados ACD-FC e KMnO_4 , em comparação aos frutos armazenados com 1-MCP e 1-MCP + KMnO_4 . Porém no pomar 11, nos tratamentos com 1-MCP e 1-MCP + KMnO_4 ocorreram a menor incidência lenticelose.

Tabela 12 - Ocorrência de lenticelose em maçã ‘Galaxy’ armazenada em atmosfera controlada dinâmica por 9,5 meses.

Pomar	FP Inicial	ACD-FC		1-MCP		KMnO ₄		1-MCP + KMnO ₄		Média	
				Percentual		Lenticelose 7 dias a 20°C					
5	17,8	ab	0,0	Ac	0,0	Ab	0,0	Ab	0,0	Ab	0,0
6	16,1	bc	4,0	Ac	1,3	Ab	1,4	Ab	0,0	Ab	1,7
7	16,1	c	9,1	Abc	13,6	Ab	16,7	Aab	8,0	Ab	11,8
8	18,6	a	6,7	Ac	2,6	Ab	1,3	Ab	0,0	Ab	2,6
9	16,2	bc	31,3	Aa	34,3	Aa	11,9	Bb	26,9	Aa	26,1
10	15,6	c	0,0	Bc	34,0	Aa	10,0	Bb	34,4	Aa	19,6
11	17,3	abc	23,7	Aab	9,9	Bb	31,0	Aa	8,1	Bb	18,2
Média			10,7		13,7		10,3		11,1		
CV%							27,45				

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Quando comparamos os diferentes pomares dentro da mesma condição de armazenagem podemos observar que o pomar 9 e 11 apresentaram maior incidência de lenticelose na condição de ACD-FC. Nos tratamentos com aplicação de 1-MCP e 1-MCP+ KMnO_4 os pomares 9 e 10 apresentaram maior ocorrência. Já com absorção do etileno o pomar 11 apresentou maior ocorrência de lenticelose. Também podemos observar que o ponto de maturação dos frutos pouco influenciou na ocorrência deste distúrbio já que pomares

com firmeza de polpa semelhantes na colheita apresentaram incidências diferentes após o armazenamento.

O manejo do etileno na pós-colheita não apresentou claramente efeitos no controle do aparecimento de lenticeloses. As causas que desencadeiam o desenvolvimento de lenticelose ainda são desconhecidas. No entanto, tem se observado maior ocorrência quando ocorrem períodos secos e quentes, com temperaturas noturnas acima dos 10°C no período de alongamento celular (CURRY e KUPFERMAN, 2004). Kupferman, (2007) observou maior ocorrência deste distúrbio quando os frutos foram armazenados por longos períodos.

CONCLUSÃO

De acordo com as condições testadas e os dados apresentados neste trabalho conclui-se que:

O manejo do etileno durante o armazenamento não influencia o percentual de frutos deteriorados, e apresentou pouco efeito no controle de podridões e lenticelose.

O bloqueio da ação do etileno com a aplicação de 1-MCP ou a absorção do etileno com KMnO_4 melhora a conservação da firmeza da polpa da maçã 'Galaxy' armazenadas em ACD-FC.

A utilização associada do 1-MCP + KMnO_4 não proporciona frutos com melhores qualidade após a armazenagem de que quando utilizados individualmente.

A aplicação de 1-MCP comparado com a absorção de etileno foi mais eficiente em manter a firmeza no experimento 2, o que não foi observado no experimento 1, onde a absorção apresentou resultado superior. Assim, é possível inferir que o manejo pré-colheita possui grande influência na variação da resposta ao manejo do etileno durante o armazenamento de maçãs.

A absorção de etileno durante o armazenamento de maçã 'Galaxy' é uma alternativa para o manejo do etileno quando não é utilizado 1-MCP.

Sugere-se dar continuidade a estudos que relacionem as condições de campo com o potencial de armazenamento de maçãs 'Galaxy' a fim de entender melhor a resposta diferenciada ao manejo do etileno observado nos diferentes pomares.

REFERÊNCIAS

BLANKENSHIP, S.M.; DOLE, J.M. 1-methylcyclopropene a review. **Postharvest Biology Technology**, v.28, p.1-25, 2003. Disponível em <[https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(02\)00246-6](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(02)00246-6)> acessado 23/05/2020 doi: 10.1016/S0925-5214(02)00246-6

BOTH, V. Atmosfera controlada dinâmica monitorada pelo quociente respiratório: efeito do manejo do etileno, temperatura e níveis de CO₂ sobre compostos voláteis e conservação de maçãs. Tese (Doutorado em agronomia) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 162 pag. 2015. Disponível em <<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/3255/BOTH%2c%20VANDERLEI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acessado em 24/05/20.

BRACKMANN A. et al. Manejo do etileno e sua relação com a maturação de maçãs ‘gala’ armazenadas em atmosfera controlada. **Bragantia**, v.68, n.2, p.519-525, 2009. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/S0006-87052009000200027>> acessado em 30/05/2020 doi: 10.1590/S0006-87052009000200027.

BRACKMANN, A. et al. Armazenamento de maçã „Gala“ em atmosfera controlada com remoção de etileno. **Ciência Rural**, v. 33, n. 4, p. 647-650, 2003. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/S0103-84782003000400009>> Acessado em 15/05/20 doi: 10.1590/S0103-84782003000400009.

BRACKMANN, A. et al. Influência da instalação das condições de atmosfera controlada e concentração de etileno sobre a qualidade da maçã Gala. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.25, n.1, p.22-27, 2000.

BRACKMANN, A. et al. Manutenção da qualidade pós colheita de maçãs Royal Gala e Galaxy sob armazenamento em atmosfera controlada. **Ciência Rural**, v.38, p.2478-2484, 2008 a. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000900010>>. Acessado em 17/05/2020 doi: 10.1590/S0103-84782008000900010.

BRACKMANN, A. et al. Qualidade da maçã „Gala“ armazenada em atmosfera controlada associada à absorção e ao controle da síntese e da ação do etileno. **Ciência Rural**, v. 38, n. 8, p. 2151-2156, 2008b. Disponível em < <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782008000800010>> acessado 25/05/2020 doi:10.1590/S0103-84782008000800010.

CURRY, E.; KUPFERMAN, E. Predicting susceptibility of ‘Gala’ apples to lenticel breakdown disorder: guidelines for using the dye uptake test. Washington tree fruit postharvest conference, 2004. Disponível em <<https://www.yumpu.com/en/document/read/37098104/gala-apples-to-lenticel-breakdown-disorder-postharvest->> Acessado 10/06/2020.

FAN, X. T. et al. 1-methylcyclopropene inhibits apple ripening. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 124, n. 6, p. 690- 695, 1999. Disponível em <<https://doi.org/10.21273/JASHS.124.6.690>> Acessado em 10/06/2020 doi: 10.21273/JASHS.124.6.690.

GORNY, J. R.; KADER, A. A. Low oxygen and elevated carbon dioxide atmospheres inhibit ethylene biosynthesis in preclimacteric and climacteric apple fruits. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.122, n.4, p.542-546, 1997. Disponível em <<https://doi.org/10.21273/JASHS.122.4.542>> Acessado em 20/05/2020 doi: 10.21273/JASHS.122.4.542.

KADER, A. A. Postharvest technology of horticultural crops. 3rd ed. Oakland : University of California, 2002. 580 p.

KUPFERMAN, G. Plain talk about apple lenticel breakdown. Good Fruit Grower Magazine, v.58, n. 16, Nov. 2007. Disponível em < <https://www.yumpu.com/en/document/read/40221502/plain-talk-about-apple-lenticel-breakdown-postharvest->> Acessado em 10/06/2020.

LEVERENTZ, B. et al. Effect of combining MCP treatment, heat treatment, and biocontrol on the reduction of postharvest decay of Golden Delicious apples. **Postharvest Biology and Technology**, v.27, p.221-233, 2003. Disponível em <[https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(02\)00097-2](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(02)00097-2)> Acessado 22/05/2020 doi: 10.1016/S0925-5214(02)00097-2.

LI, Z. et al. Stimulation of „Fuji“ apple skin color by ethephon and phosphorus-calcium mixed compounds in relation to flavonoid synthesis. **Scientia Horticulturae**, v. 94, n. 1-2, p. 193-199, 2002. Disponível em < [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(01\)00363-6](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(01)00363-6) >Acessada em 14/05/2020, doi: 10.1016/S0304-4238(01)00363-6.

MAJUMDER, K.; MAZUMDAR, B. C. Changes of pectic substances in developing fruits of cape-gooseberry (*Physalis peruviana* L.) in relation to the enzyme activity and evolution of ethylene. **Scientia Horticulturae**, v.96, n.1-4, p.91-101, 2002. Disponível em < [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(02\)00079-1](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(02)00079-1)> acessado 22/05/2020 doi: 10.1016/S0304-4238(02)00079-1.

MARCOS, J. F. et al. Involvement of ethylene biosynthesis and perception in the susceptibility of citrus fruits to *Penicillium digitatum* infection and the accumulation of defence-related mRNAs. **Journal of Experimental Botany**, v.56, n.418, p.2183-2193, 2005. Disponível em < <https://doi.org/10.1093/jxb/eri218>> acessado em 01/06/2020 doi: 10.1093/jxb/eri218

MATHOOKO, F. M. Review - Regulation of respiratory metabolism in fruits and vegetables by carbon dioxide. **Postharvest Biology and Technology**, v.9, p.247-264, 1996 Disponível em <[https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(96\)00019-1](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(96)00019-1)> Acessado em 15/05/2020 doi: 10.1016/S0925-5214(96)00019-1. McCORMICK, R. et al. Commercial apple CA storage temperature regimes with 1-MCP (Smart Fresh™): Benefits and risks. **Acta Horticulturae**,

n.934, p.263-270, 2012. Disponível em <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.934.32>> acessado em 22/05/2020 doi: 10.17660/ActaHortic.2012.934.32.

MENDES A.R.; BARBIERI M.G. Anuário 2019 | 2020 - Retrospectiva 2019 e Perspectiva 2020 . **Hortifrut Brasil, edição especial**- Ano 18 – Nº 196 – Dez/2019 – jan/2020 – ISSN 1981-1837. Pg.44. Disponível em <<https://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/completo/anuario-2019-2020-retrospectiva-2019-perspectivas-2020-dos-hf-s.aspx>> acessado em 13/05/2020.

SANTOS, L. F Armazenamento de maçã ‘granny smith’ em atmosfera controlada dinâmica monitorada pelo quociente respiratório. Dissertação (Mestrado em agronomia) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 94 pág. 2016. Disponível em <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/5163/SANTOS,%20LUANA%20FERREIRA%20DOS.pdf>. Acessado em 12/09/20.

SAQUET, A. A et al. Armazenamento de maçã .Gala. sob diferentes temperaturas e concentrações de oxigênio e gás carbônico. **Ciência Rural**, v.27, n.3, p.399-405, 1997. Disponível em < <https://doi.org/10.1590/S0103-84781997000300006>> Acessado 10/01/2020 doi 10.1590/S0103-84781997000300006.

SAQUET, A. A. et al. Changes in ATP, ADP and pyridine nucleotide levels related to the incidence of physiological disorders in „Conference“ pears and „Jonagold“ apples during controlled atmosphere storage. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 75, p. 243-249, 2000. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/267980513_Changes_in_ATP_ADG_and_pyridine_nucleotide_levels_related_to_the_incidence_of_physiological_disorders_in_Conference_pears_and_Jonagold_apples_during_controlled_atmosphere_storage. Acessado 15/05/2020 doi: 10.1080/14620316.2000.11511231.

STEFFENS, C. A. et al. Taxa respiratória de frutos de clima temperado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.3, p.313-321, 2007. Disponível em <<https://www.scielo.br/pdf/pab/v42n3/03.pdf>> Acessado em 16/05/2020 doi: 10.1590/S0100-204X2007000300003.

THEWES F. R. et al. 1-methylcyclopropene effects on volatile profile and quality of 'Royal Gala' apples produced in Southern Brazil and stored in controlled atmosphere. **Ciência Rural**, v.45, n.12, p.2259-2266, 2015. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20141613>> Acessado em 13/09/2020 doi: 10.1590/0103-8478cr20141613.

TRAN, D. T. et al. Monitoring of extremely low oxygen control atmosphere storage of .Greenstar. apples using chlorophyll fluorescence. **Scientia horticulturae**, v.184, p.18-22, 2015. Disponível em < <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.11.014>> Acessado em 20/05/2020 doi: 10.1016/j.scienta.2014.11.014.

VALPUESTA V.; BOTELLA, M. A. Biosynthesis of L-ascorbic acid in plants: new pathways for an old antioxidant. **Trends in Plant Science**, v. 9, n. 12, p. 573-577, 2004. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.tplants.2004.10.002>> Acessado em 15/05/2020 doi: 10.1016/j.tplants.2004.10.002.

WATKINS, C. B. et al. Responses of early, mid and late season apple cultivars to postharvest application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) under air and controlled atmosphere storage conditions. **Postharvest Biology and Technology**, v. 19, n. 1, p. 17-32, 2000. Disponível em <[https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(00\)00070-3](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(00)00070-3)> Acessado em 14/05/020, doi: 10.1016/S0925-5214(00)00070-3.

WILD, H. P. J. et al. Carbon dioxide and 1-MCP inhibit ethylene production and respiration of pears fruit by different mechanisms. **Journal of Experimental Botany**, v.50,

n.335, p.837-844, 1999. Disponível em <<https://doi.org/10.1093/jxb/50.335.837>> Acessado em 21/05/2020 doi: 10.1093/jxb/50.335.837

WILLS, R.B.H.; WARTON, M.A. Efficacy of potassium permanganate impregnated into alumina beads to reduce atmospheric ethylene. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.129, n.3, p.433-438, 2004. Disponível em <<https://doi.org/10.21273/JASHS.129.3.0433>> acessado 22/05/2020 doi:10.21273/jashs.129.3.0433

WRIGHT, A. H. et al. The trend toward lower oxygen levels during apple (*Malus x domestica* Borkh) storage . A review. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v.90, p.1- 13, 2015. Disponível em <<https://doi.org/10.1080/14620316.2015.11513146>> Acessado em 21/05/2020 doi: 10.1080/14620316.2015.11513146.

YANG, S. F.; HOFFMAN, N. E. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 35, p. 155-189, 1984. Disponível em <<https://doi.org/10.1146/annurev.pp.35.060184.001103> > Acessado em 14/05/2020 doi: 10.1146/annurev.pp.35.060184.001103.

ZANELLA, A. et al Dynamic controlled atmosphere (DCA) storage by means of chlorophyll fluorescence response for firmness retention in apple. **Acta Horticulturae**, v.796, p.77-82, 2008. Disponível em <https://www.actahort.org/books/796/796_7.htm> Acessado em 21/05/2020 doi: 10.17660/ActaHortic.2008.796.7.