

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

**MAYARA CRISTIANA STANGER**

**MANEJO PÓS-COLHEITA DE MAÇÃS 'DAIANE'**

**LAGES – SC**

**2012**

**MAYARA CRISTIANA STANGER**

**MANEJO PÓS-COLHEITA DE MAÇÃS ‘DAIANE’**

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

Orientadores: Prof. Dr. Cristiano André Steffens  
Pesquisador. Dr. Luiz Carlos Argenta  
Co-orientador: Prof. PhD. Cassandro Vidal Talamini do Amarante

**LAGES – SC**

**2012**

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária  
Renata Weingärtner Rosa – CRB 228/14ª Região  
(Biblioteca Setorial do CAV/UEDESC)

Stanger, Mayara Cristiana

Manejo pós-colheita de maçãs 'Daiane' / Mayara Cristiana Stanger;  
orientador: Cristiano André Steffens. – Lages, 2012.  
53f.

Inclui referências.

Dissertação (mestrado) – Centro de Ciências Agroveterinárias /  
UEDESC.

1. *Malus domestica* Borkhausen. 2. Ponto de colheita. 3. Atmosfera controlada. 4. Pós-colheita. 5. Qualidade. I. Título.

CDD – 634.11

**MAYARA CRISTIANA STANGER**

**MANEJO PÓS-COLHEITA DE MAÇÃS 'DAIANE'**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal do Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina.

**Banca Examinadora**

Orientador:

---

Dr. Cristiano André Steffens  
CAV/UEDESC

Orientador:

---

Dr. Luiz Carlos Argenta  
EPAGRI/Caçador

Co-orientador:

---

PhD. Cassandro Vidal Talamini do Amarante  
CAV/UEDESC

Membro:

---

Dra. Lucimara Rogéria Antonioli  
EMBRAPA Uva e Vinho/Bento Gonçalves

**Lages-SC, julho de 2012**

À minha amada mãe e querida irmã pelo apoio, incentivo e paciência. Ao meu pai Luiz Stanger (*In Memoriam*), que mesmo não estando fisicamente ao meu lado, comemora comigo mais essa conquista.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar ao meu lado nas horas felizes e nos momentos de adversidade.

Ao professor e amigo Dr. Cristiano André Steffens, pela oportunidade de realização do mestrado sob sua orientação, sempre receptivo as idéias, criticando construtivamente os trabalhos, sanando as dúvidas, estimulando nos momentos de inseguranças, sempre muito ético e, acima de tudo, paciente para ouvir e ensinar.

Ao Professor Cassandro Vidal Talamini do Amarante, pelos ensinamentos e colaboração nos trabalhos, sempre disposto a compartilhar seus conhecimentos.

Ao Pesquisador Luiz Carlos Argenta, pela oportunidade de execução do projeto de pesquisa juntamente a Epagri, pelos seus ensinamentos, paciência e confiança.

A toda a equipe do Laboratório de Tecnologia Pós-Colheita da Epagri, pessoas queridas que sempre estiveram prontos e prestaram auxílio durante a realização dos experimentos: Andréia, Karyne, Sandra, Cleiton e Clodival, que foram a minha família durante o período de permanência na Estação Experimental. Em especial a Angélica que disponibilizou suas férias para me auxiliar no campo e nas análises de laboratório.

A minha família, especialmente a minha mãe, por ser essa pessoa tão maravilhosa e batalhadora. Deus não poderia ter me agraciado com uma mãe melhor do que essa. A minha irmã Monalisa, sempre incentivando, ouvindo todas as experiências vividas nesse período. Mesmo com a distância, vocês sempre serão meu porto seguro, que compartilham as alegrias e ajudam superar as dificuldades, sempre com palavras de carinho e conforto.

A minha mãe do coração, Marisa, por ser essa pessoa especial, pela companhia, pelos risos, momentos de descontração, cuidados, conselhos, incentivos, enfim, por estar presente no meu cotidiano.

Aos velhos amigos, aos que o vento levou em novas direções, e aos novos que conquistei durante o mestrado, pelo apoio e momentos de alegria e descontração, e aos que, de uma forma ou de outra, fizeram parte do processo de realização dos trabalhos.

Aos amigos do laboratório de fisiologia e tecnologia pós-colheita do CAV, que mesmo não participando de forma direta na avaliação dos experimentos, sempre se mostraram interessados em trocar experiências.

A Universidade do Estado de Santa Catarina, pela oportunidade de realização do Curso de Mestrado em Produção Vegetal.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa e apoio financeiro ao projeto.

A empresa Fischerm, que nos forneceu os frutos para os experimentos.

A todos os Professores da Pós Graduação do CAV, pelas inúmeras oportunidades de aprendizados e qualidade de ensino.

## RESUMO

STANGER, Mayara Cristiana. **Manejo pós-colheita de maçãs ‘Daiane’**. 2012. 53 f. Mestrado (Dissertação em Produção Vegetal – Área: Fisiologia Pós-Colheita) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Lages, 2012.

O objetivo deste trabalho foi identificar índices de maturação para o ponto ideal de colheita e sua relação com a qualidade após o armazenamento em atmosfera controlada (AC), bem como o efeito de condições de AC e da aplicação do 1-MCP sobre o metabolismo e a qualidade de maçãs ‘Daiane’ durante o armazenamento. Foram realizados dois experimentos independentes. O primeiro experimento teve como objetivo identificar índices de maturação para o ponto ideal de colheita, bem como o período ideal de colheita, de maçãs ‘Daiane’ destinadas a longos períodos de armazenamento refrigerado em AC. Os frutos foram colhidos semanalmente, em dois pomares comerciais do município de Fraiburgo – SC, a partir de 113 dias após o florescimento (DAPF) até 149 DAPF e armazenados por 180 e 240 dias em câmaras de AC (1,8 kPa de O<sub>2</sub> / 2,0 kPa de CO<sub>2</sub>, temperatura de 0,7±0,5°C/92±4%) e avaliados após sete dias em condições ambiente (23±0,3°C/68±6% de UR). O segundo experimento teve como objetivo avaliar o efeito de condições de AC e da aplicação do 1-MCP sobre o metabolismo e a qualidade de maçãs ‘Daiane’ durante o armazenamento. Foram utilizados frutos oriundos de um pomar comercial do município de Fraiburgo – SC, sendo avaliada a aplicação de 1-MCP (sem e com; 1 µL L<sup>-1</sup>) e quatro atmosferas de armazenamento (1,6 kPa de O<sub>2</sub> associado à <0,5; 1,5; 3,0 e 4,5 kPa de CO<sub>2</sub>). Os frutos foram armazenados por 180 dias (temperatura de 1±0,5°C/95±2% de UR) e avaliados após sete dias em condições ambiente (23±0,3°C/68±6% de UR). A qualidade de maçãs ‘Daiane’, na colheita, é máxima quando colhidas 149 DAPF. No entanto, a firmeza da polpa e a qualidade sensorial após a armazenagem indicaram que o período ideal de colheita para frutos destinados a longos períodos de armazenagem não deve estender-se além dos 136 DAPF. Considerando as normas legais relativas à intensidade de coloração vermelha da epiderme, as maçãs devem ser colhidas a partir de 121 DAPF. Os resultados indicam que o desenvolvimento de distúrbios fisiológicos associados à senescência e podridões em maçãs ‘Daiane’ armazenadas por 240 dias sob AC pode ser próximo de zero quando colhidas dos 121 a 136 DAPF. Em frutos tratados com 1-MCP não houve diferenças entre as condições de AC para os atributos avaliados. Todavia, em frutos não tratados com 1-MCP, as atmosferas de 3,0 e 4,5 kPa de CO<sub>2</sub> reduziram as taxas respiratória e de produção de etileno e promoveram a manutenção da cor de fundo da epiderme e da firmeza de polpa. O 1-MCP manteve a cor de fundo da epiderme e reduziu a produção de etileno em frutos armazenados em condições de AC com baixas pressões parciais de CO<sub>2</sub> (<0,5 e 1,5 kPa). O tratamento com 1-MCP, independente da atmosfera de armazenagem, reduziu a taxa respiratória e a perda de firmeza de polpa, mas não proporcionou benefícios na manutenção da acidez titulável e dos sólidos solúveis. Os frutos tratados ou não com 1-MCP não desenvolveram distúrbios fisiológicos relacionados a senescência e toleraram concentrações de 4,5kPa de CO<sub>2</sub> sem causar danos aos tecidos da polpa.

**Palavras-chave:** *Malus domestica* Borkhausen. Ponto de colheita. Atmosfera Controlada. Pós-colheita. Qualidade.

## ABSTRACT

STANGER, Mayara Cristiana. **Postharvest handling of apples 'Daiane'**. 2012. 53 f. Mestrado (Dissertação em Produção Vegetal – Área: Fisiologia Pós-Colheita) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2012.

The objective of this study was to identify the ideal maturity stage of fruit harvest and its relationship to quality after storage in controlled atmosphere (CA), as well as the effect CA conditions and the application of 1-MCP on the metabolism and quality of 'Daiane' apples during storage. Two independent experiments were carried out. The first experiment aimed to identify the ideal fruit maturity at harvest for long periods of storage in CA of 'Daiane' apples. The fruits were harvested weekly in two commercial orchards in Fraiburgo - SC, from 113 days after full bloom (DAFB) until 149 DAFB, and then stored for 180 and 240 days in CA chambers (1,8 kPa de O<sub>2</sub> / 2,0 kPa de CO<sub>2</sub>, temperature of 0,7±0,5°C/92±4% RH) and evaluated after seven days at ambient condition (23±0,3°C/68±6% RH). The second experiment aimed to evaluate the effect of CA conditions and the application of 1-MCP on the metabolism and quality of apples 'Daiane' during storage. Fruits were harvest in a commercial orchard in Fraiburgo - SC, and submitted to the application of 1-MCP (with and without treatment with 1-MCP at 1 µL L<sup>-1</sup>) and four CA conditions (1,6 kPa O<sub>2</sub> associated with <0,5; 1,5; 3,0 and 4,5 kPa of CO<sub>2</sub>). The fruits were stored for 180 days (at ±0,5°C/95±2% RH) and evaluated in terms of quality after seven days at ambient condition (23±0,3°C/68±6% RH). 'Daiane' apples have the best quality when harvested at 149 DAFB. However, the flesh firmness and sensory quality after storage indicated that the ideal time for harvesting fruit for long term CA storage should not extend beyond 136 DAFB. Considering the quality regulation regarding the intensity of red coloration of the epidermis, the apples should be harvested after 121 DAFB. The results indicate that the development of physiological disorders associated with senescence and decay in 'Daiane' apples stored for 240 days under CA is close to zero when fruit are harvested from 121 to 136 DAFB. In fruit treated with 1-MCP, no differences between the CA conditions for fruit quality attributes was observed. However, in fruit not treated with 1-MCP, the atmospheres of 3,0 and 4,5 kPa CO<sub>2</sub> reduced respiration and ethylene production rates and promoted the maintenance of the background color of the skin and flesh firmness. The treatment with 1-MCP maintained the background color of the epidermis and reduced the production of ethylene in fruit stored in CA conditions with low CO<sub>2</sub> partial pressures (<0,5 and 1,5 kPa). Treatment with 1-MCP, independent of the CA condition, reduced respiration and the loss of flesh firmness, but did not provide benefits in maintaining the titratable acidity and soluble solids content. The fruit treated or not with 1-MCP did not develop physiological disorders related to senescence and tolerated concentrations of 4,5 kPa CO<sub>2</sub> without signs of flesh damage.

**Key-words:** *Malus domestica* Borkhausen. Harvest Date. Controlled Atmosphere. Postharvest. Quality.

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Taxas de perda da firmeza da polpa (N/semana), estimadas pelas funções de regressão entre data de colheita (x) e firmeza de polpa (y) em maçãs 'Daiane', analisadas na colheita e após 180 e 240 dias de armazenagem sob atmosfera controlada a 0,7°C mais sete dias sob atmosfera do ar a 23°C..... 31
- Tabela 2 - Índices escurecimento pistilar e carpelar, de rachadura senescente e de podridões, em maçãs 'Daiane' colhidas de 113 a 149 dias após a plena floração (DAPF), em dois pomares, e armazenadas por 180 e 240 dias em atmosfera controlada a 0,7°C e mais sete dias em atmosfera do ar a 23°C..... 34
- Tabela 3 - Taxas respiratória e de produção de etileno em maçãs 'Daiane' tratadas ou não com 1-MCP e armazenadas em atmosfera controlada por 180 dias a 1±0,5°C, seguido de sete dias de exposição dos frutos a 23°C..... 42
- Tabela 4 - Cor de fundo da epiderme e firmeza de polpa em maçãs 'Daiane' tratadas ou não com 1-MCP e armazenadas em atmosfera controlada por 180 dias a 1±0,5°C, seguido de sete dias de exposição dos frutos a 23°C..... 44

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Taxas respiratórias e de produção de etileno de maçãs ‘Daiane’ na colheita.....	25
Figura 2 -	Índice de iodo-amido e firmeza da polpa de maçãs ‘Daiane’, na colheita e após 180 e 240 dias de armazenagem sob atmosfera controlada (AC) a 0,7°C e mais sete dias sob atmosfera do ar a 23°C.....	27
Figura 3 -	Massa e intensidade de coloração avermelhada de maçãs ‘Daiane’ na colheita.....	28
Figura 4 -	Teores de acidez titulável e de sólidos solúveis em maçãs ‘Daiane’, na colheita e após 180 e 240 dias de armazenagem sob atmosfera controlada a 0,7°C e mais sete dias sob atmosfera do ar a 23°C.....	29
Figura 5 -	Relação sólidos solúveis/acidez titulável e índice de cor de fundo (da região não avermelhada) da epiderme de maçãs ‘Daiane’, na colheita e após 180 e 240 dias de armazenagem sob atmosfera controlada a 0,7°C mais sete dias sob atmosfera do ar a 23°C.....	30
Figura 6 -	Índice sensorial para sabor de maçãs ‘Daiane’, após 180 e 240 dias de armazenagem sob atmosfera controlada a 0,7°C mais sete dias sob atmosfera do ar a 23°C.....	33

## LISTA DE ABREVIACOES

°Brix	graus Brix
°C	graus Celsius
1-MCP	1-metilciclopropeno
AA	atmosfera do ar
AC	atmosfera controlada
AT	acidez titulável
AVG	aminoetoxivinilglicina
CO <sub>2</sub>	dióxido de carbono
cm	centímetros
CV	coeficiente de variação
DAPF	dias após a plena floração
g	grama
h	hora
ha	hectare
i.a.	ingrediente ativo

kg	quilograma
kPa	quilo Pascal
L	litro
m	metro
mg	miligrama
mL	mililitro
mm	milímetro
mMol	milimolar
min	minuto
m <sup>3</sup>	metro cúbico
N	Newton (unidade de firmeza de polpa)
N	Normal (concentração de solução química)
nMol	Nanomolar
NaOH	hidróxido de sódio
O <sub>2</sub>	oxigênio
pH	potencial de hidrogeniônico

p	probabilidade
S	Sul
SC	Santa Catarina
SS	sólidos solúveis
t	toneladas
UR	umidade relativa do ar
W	Oeste
μL	microlitro

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>1 IDENTIFICAÇÃO DO ESTÁDIO DE MATURAÇÃO DE MAÇÃS ‘DAIANE’ DESTINADAS A ARMAZENAGEM EM ATMOSFERA CONTROLADA</b> .....	18
1.1 RESUMO.....	18
1.2 ABSTRACT.....	19
1.3 INTRODUÇÃO.....	19
1.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
1.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
1.6 CONCLUSÃO.....	36
<b>2 CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO EM ATMOSFERA CONTROLADA E USO DE 1-MCP NA CONSERVAÇÃO DE MAÇÃS ‘DAIANE’</b> .....	37
2.1 RESUMO.....	37
2.2 ABSTRACT.....	37
2.3 INTRODUÇÃO.....	38
2.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	39
2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
2.6 CONCLUSÃO.....	46
<b>3 CONCLUSÕES GERAIS</b> .....	47
<b>4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	48

## INTRODUÇÃO

A macieira, *Malus domestica* Borkhausen, é a espécie frutífera de clima temperado mais cultivada na região Sul do Brasil. Na safra 2010/2011 foram produzidas aproximadamente 1,3 milhões de toneladas de maçãs (IBGE, 2012). Do total, 90% concentram-se nas cultivares Gala e Fuji (PETRI et al., 2011). Esta escolha é resultado da aceitação do mercado e dos consumidores pela coloração e o sabor, bem como pelo potencial de conservação apresentado por ambas. A colheita da ‘Gala’ e da ‘Fuji’ é realizada com um intervalo de um mês, deixando uma lacuna durante o mês de março, período esse sem a colheita de nenhuma cultivar comercialmente importante.

Novas cultivares estão sendo desenvolvidas pelo melhoramento genético e utilizadas na renovação de pomares em substituição às cultivares tradicionais. A cultivar Daiane foi obtida em 1992, por meio da hibridação controlada realizada em 1987, entre ‘Gala’ e ‘Princesa’, podendo ser uma boa opção para a colheita dos frutos durante o mês de março, período com menor atividade de colheita para ‘Gala’ e ‘Fuji’. Isso facilitaria o gerenciamento dos pomares, o escalonamento da colheita, o processamento dos frutos e a obtenção de melhores preços de venda. A ‘Daiane’ tem exigência de frio hibernal de aproximadamente, 650 horas, com plena floração na segunda quinzena de outubro. Os frutos são muito semelhantes aos de ‘Gala’ em aparência, apresentando coloração vermelho-estriada sobre fundo amarelo, e também quanto ao potencial produtivo (30 a 50 t ha<sup>-1</sup>) (DENARDI e CAMILO, 1998).

O manejo pós-colheita é influenciado por diversos fatores, dentre eles a cultivar, o estágio de maturação na colheita e as condições de armazenagem. O estágio de maturação de maçãs no momento da colheita é de fundamental importância para obtenção de frutos de qualidade e é um dos fatores que mais afetam sua qualidade na colheita e após a armazenagem de maçãs.

A colheita antes da maturação adequada pode resultar em frutos de baixa qualidade após o armazenamento devido à falta de sabor e aroma, bem como pelo surgimento de distúrbios fisiológicos (YUAN e CARBAUGH, 2007). Quando colhidos tardiamente, devido ao desencadeamento de alguns processos fisiológicos, pode haver redução do período de conservação, maior incidência de pingo-de-mel (BRACKMANN et al., 2004), menor conservação da firmeza de polpa, acidez e açúcares (ARGENTA e MONDARDO, 1994; FELLMANN et al., 2003), além de maior incidência de degenerescência de polpa (STEFFENS et al., 2005).

Rhodes (1970) definiu o climatério como sendo um período na ontogenia dos frutos, no qual uma série de mudanças bioquímicas é iniciada pela produção autocatalítica de etileno, marcando o limite entre o crescimento e a senescência, envolvendo o aumento da respiração e conduzindo ao amadurecimento. Desta forma, o etileno tem papel fundamental nas mudanças bioquímicas e fisiológicas durante o amadurecimento, sendo o fator decisivo para determinar o estágio ideal de maturação para a colheita de maçãs. No entanto, a produção de etileno pode ser influenciada por fatores endógenos e exógenos ao fruto (WATKINS, 2003), muitas vezes não coincidindo com período de colheita comercial para muitas cultivares, devendo ser utilizada em conjunto com outros indicadores de maturação para predizer o estágio ideal para a colheita.

Os indicadores de maturação de maçãs mais empregados e considerados de fácil aplicação prática e que mais se relacionam com o ponto ideal de colheita comercial são a firmeza de polpa, o índice de amido, o teor de sólidos solúveis e a cor de fundo da epiderme. Estes atributos têm oferecido resultados seguros na estimativa de maturação e ponto ideal de colheita para diversas cultivares de maçãs destinadas à armazenagem e ao consumo imediato (ARGENTA, 2006).

Outro fator importante para a conservação de maçãs é a condição de armazenagem utilizada. O armazenamento refrigerado (AR) é uma excelente alternativa para retardar o amadurecimento, no entanto permite um curto período de conservação devido ao amadurecimento excessivo e à incidência de podridões. A atmosfera controlada (AC) é o sistema de armazenamento predominante para a conservação de maçãs no Brasil, apresentando os melhores resultados na conservação dos frutos por períodos prolongados, sendo que a combinação ideal de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> no interior da câmara é dependente da espécie e da cultivar a ser armazenada (KUPFERMAN, 2003).

Outras ferramentas podem ser utilizadas para prolongar o armazenamento de maçãs, como a utilização de inibidores da ação do etileno, como o 1-metilciclopropeno (1-MCP), antes do armazenamento, podendo preservar a qualidade pela manutenção dos atributos físico-químicos dos frutos (DeLONG et al., 2004; MATTHEIS et al., 2005). No entanto, a eficácia do 1-MCP em maçãs depende da cultivar, região e sistema de manejo de colheita e condição de armazenagem (AKBUDAK et al., 2009).

O objetivo deste trabalho foi identificar índices de maturação para o ponto ideal de colheita e sua relação com a qualidade após o armazenamento em AC, bem como o efeito de condições de AC e da aplicação do 1-MCP sobre o metabolismo e a qualidade de maçãs 'Daiane'.

# 1 IDENTIFICAÇÃO DO ESTÁDIO DE MATURAÇÃO DE MAÇÃS ‘DAIANE’ DESTINADAS A ARMAZENAGEM EM ATMOSFERA CONTROLADA

## 1.1 RESUMO

Este trabalho foi realizado com o objetivo de identificar índices de maturação para o ponto ideal de colheita, de maçãs ‘Daiane’, destinadas a longos períodos de armazenamento refrigerado. Os frutos foram colhidos semanalmente, em dois pomares comerciais, no período de 113 a 149 dias após a plena floração (DAPF), e armazenados por 180 e 240 dias em câmara comercial a  $0,7 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , sob atmosfera controlada (AC; 1,8 kPa de  $\text{O}_2$  / 2,0 kPa de  $\text{CO}_2$ ). Medidas do estágio de maturação e da qualidade de maçãs foram realizadas um dia após a colheita e após cada período de armazenagem. Atributos relacionados à aparência (cor vermelha) e ao sabor (relação açúcar/acidez) indicaram que a qualidade de maçãs ‘Daiane’, na colheita, é máxima quando colhidas 149 DAPF. No entanto, medidas da firmeza da polpa e da qualidade sensorial realizadas após a armazenagem indicaram que o período ideal de colheita de maçãs ‘Daiane’ destinadas a longos períodos de armazenagem em AC não deve se estender além dos 136 DAPF. Considerando as normas legais relativas à intensidade de coloração vermelha da epiderme, maçãs ‘Daiane’ devem ser colhidas a partir de 121 DAPF. Desta maneira, o período ideal de colheita de maçãs ‘Daiane’ destinadas a longos períodos de armazenagem ocorre entre 121 e 136 dia após a plena floração (DAPF) em plantas sobre porta-enxerto Marubakaido com filtro M-9, e entre 129 e 136 DAPF em plantas sobre porta-enxerto M-9 e tratadas com aminoetoxivinilglicina (AVG). No período ideal de colheita (121 a 136 DAPF), maçãs ‘Daiane’ apresentaram, um dia após a colheita, firmeza da polpa de 67 a 74 N, SS de 11,5 a 13 °Brix, AT de 0,26% a 0,34%, índice de amido de 4,6 a 7,9 e índice de cor de fundo da epiderme de 2,6 a 4,0. Os resultados indicaram que o desenvolvimento de distúrbios fisiológicos associados à senescência e podridões em maçãs Daiane armazenadas por 240 dias sob AC pode ser próximo de zero, quando colhidas de 121 a 136 DAPF.

**Palavras - chave:** Ponto de colheita, pós-colheita, firmeza de polpa, cor vermelha, distúrbios fisiológicos, qualidade, sabor.

## 1.2 ABSTRACT

The study was carried out to identify the maturity indices for the optimum harvest dates of ‘Daiane’ apples designated to long-term storage. Fruits from two commercial orchards were harvested weekly from 113 to 149 days after full bloom (DAFB), and stored for 180 or 240 days at  $0,7\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  under controlled atmosphere (CA). Maturity and quality were assessed one day after harvest and after storage. Fruit quality, based on skin red color was highest when harvested lately, 149 DAFB. However, measures of firmness and taste after long-term CA storage indicated that the ideal harvest period for ‘Daiane’ apples should not be extended beyond 136 DAFB. Considering the legal regulation regarding to skin red color intensity, ‘Daiane’ apples should be picked as from 121 DAFB. Therefore, the optimum harvest period for ‘Daiane’ apples designated to long-term storage is between 121 and 136 DAFB for trees on Marubakaido rootstock with M-9 inter-stem, and between 129 and 136 DAFB for trees on M-9 rootstock, treated with aminoethoxyvinylglycine. At optimum harvest period (121-136 DAFB) ‘Daiane’ apple presented, one day after harvest, firmness of 67-74 N, SS from 11,5 to 13 °Brix, TA of 0,26% - 0,34%, starch index from 4,6 to 7,9 and background color index between 2,6 and 4,0. The results indicated that senescent physiological disorders and rots development, during long-term CA storage, is close to zero, when ‘Daiane’ apples were harvested between 121 and 136 DAFB.

**Key-words:** Harvest Date, Post Harvest, Firmness, Red Color, Physiological Disorders, Quality, Taste.

## 1.3 INTRODUÇÃO

‘Daiane’ é uma nova cultivar de macieira, resultante do cruzamento entre ‘Gala’ (♀) e ‘Princesa’ (♂), que produz frutos semelhantes à ‘Gala’ quanto à aparência, sabor e aroma (DENARDI; CAMILO, 1998). O contínuo aumento da produção de maçãs ‘Daiane’ no RS e SC desde seu lançamento se deve especialmente a fatores de produção (DENARDI; CAMILO, 1998; FIORAVANÇO et al., 2011): 1) Macieiras ‘Daiane’ possuem resistência a doença Mancha Foliar de Glomerela, o que possibilita redução expressiva dos custos de produção e dos riscos de contaminação dos trabalhadores e do meio ambiente em relação aqueles com macieiras ‘Gala’; 2) O período de colheita comercial de maçãs ‘Daiane’ se concentra entre aqueles das cultivares Gala e Fuji, as quais representam mais de 95% da

produção nacional (PETRI et al., 2011), favorecendo o escalonamento da colheita; 3) Macieiras 'Daiane' possuem menor exigência ao frio hibernar para superação da dormência e maior produtividade em relação a macieiras 'Gala'.

O estágio de maturação no momento da colheita é um dos fatores que mais afetam qualidade na colheita e após a armazenagem de maçãs (KADER, 2002; WATKINS, 2003). A qualidade de maçãs aumenta durante sua maturação pelo aumento do tamanho, da coloração, do aroma e do sabor e, por isso, podem ser colhidas em estádios avançados de amadurecimento, mas, antes de iniciar a senescência, quando destinadas ao mercado imediato (KADER, 2002; BALDWIN, 2002; WATKINS, 2003). Por outro lado, a qualidade de maçãs destinadas à armazenagem por longos períodos pode ser afetada negativamente tanto pela antecipação quanto pelo retardamento excessivo da colheita. Maçãs colhidas precocemente são mais susceptíveis ao desenvolvimento de distúrbios como murchamento, escaldadura superficial e "bitter pit", enquanto maçãs colhidas tardiamente são mais susceptíveis ao desenvolvimento de podridões, danos por CO<sub>2</sub>, danos mecânicos e distúrbios relacionados à senescência tais como polpa amarronzada, polpa farinácea e rachadura (WATKINS, 2003; ARGENTA, 2006; DE CASTRO et al., 2007). Adicionalmente, maçãs podem ser insípidas, especialmente pelo baixo teor de açúcares e baixa produção de compostos aromáticos, quando colhidas precocemente, ou apresentarem qualidade sensorial desagradável devido à perda de crocância, suculência e relação açúcar/acidez excessivamente alta, quando colhidas tardiamente (PLOTTO et al., 1995; LITTLE e HOLMES, 2000; FELLMANN et al., 2003; CASALS et al., 2006).

Dezenas de indicadores da evolução de maturação de maçãs têm sido propostos, incluindo medidas bioquímicas, fisiológicas, morfológicas, físicas, sensoriais e da aparência (WATKINS, 2003). De acordo com Watkins (2003), a produção de etileno é o principal indicador fisiológico do estágio de maturação de maçãs, por ser o hormônio que regula a maturação e a senescência de frutos climatéricos. No entanto, o aumento acentuado, autocatalítico, da produção de etileno nos frutos ligados a planta, não coincide com período de colheita comercial, hortícola, para muitas cultivares, como Golden Delicious e Fuji, além de ser significativamente influenciado pela região e ano de produção, época de cultivo e variabilidade na população de frutos (WATKINS, 2003; ARGENTA, 2006). Devido a estas limitações, a taxa de produção de etileno deve ser utilizada em conjunto com outros índices de maturação para predizer o estágio ideal para a colheita.

Na prática, os indicadores de maturação de maçãs que mais se relacionam com o ponto ideal de colheita comercial para máxima qualidade sensorial ou alto potencial de

armazenagem são a firmeza de polpa, o índice de iodo-amido, o teor de sólidos solúveis e a cor de fundo da epiderme (LITTLE e HOLMES, 2000; WATKINS, 2003; ARGENTA, 2006). Esses indicadores de maturação também são os mais usados pelos fruticultores pela simplicidade, rapidez e baixo custo das análises (ARGENTA et al., 2010). Adicionalmente, o percentual de cobertura das maçãs com cor vermelha é levado em consideração para determinar o início da colheita, por afetar significativamente a aparência e o seu valor comercial (WATKINS, 2003; BRASIL, 2006; ARGENTA et al., 2010).

Medidas fisiológicas e físico-químicas de maçãs correspondentes ao período ideal de colheita comercial e para a máxima qualidade após a armazenagem não foram ainda estabelecidas para maçãs cv. Daiane. A identificação do ponto ideal de colheita de maçãs ‘Daiane’, por medidas da maturação, tem se tornado prioridade de pesquisa à medida que se atinge novos patamares de produção a cada ano.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de identificar índices de maturação para o ponto ideal de colheita, bem como o período ideal de colheita, de maçãs ‘Daiane’ destinadas a longos períodos de armazenamento refrigerado em atmosfera controlada.

#### 1.4 MATERIAL E MÉTODOS

Maçãs ‘Daiane’ foram colhidas em dois pomares comerciais, localizados no município de Fraiburgo-SC (27°01’ S e 50°55’ W, com altitude entre 950-1.000 m), na safra 2010/2011. O pomar MKM9 era constituído por plantas com cinco anos de idade, sobre porta-enxerto Marubakaido e filtro M-9, espaçadas em 0,7 m na linha e 4,25 m entre linhas. O pomar M9 era constituído por plantas com oito anos de idade, sobre porta-enxerto M-9, espaçadas em 1,0 m na linha e 3,5 m entre linhas. Em ambos os pomares, se aplicaram as mesmas práticas de cultivo e manejo preconizadas pelo sistema de produção integrada de macieiras, exceto a aplicação do inibidor da síntese de etileno (aminoetoxivinilglicina, ReTain<sup>TM</sup>, 124 mg de i.a L<sup>-1</sup>), 100 dias após a plena floração (DAPF), realizada apenas no pomar M9.

Amostras de frutos foram colhidas semanalmente, durante seis semanas, aos 113, 121, 129, 136, 143 e 149 DAPF. Logo após cada colheita, foram preparadas, em laboratório, três amostras homogêneas de 50 frutos, de forma casualizada para cada pomar, sendo uma amostra para a análise dos atributos de maturação realizada no dia seguinte à colheita e as demais foram destinadas a armazenagem. Apenas frutos sem defeitos morfológicos e livres de danos mecânicos, por doenças e insetos foram selecionados.

Os frutos foram armazenados por 180 e 240 dias em câmara comercial sob atmosfera controlada (AC), com pressões parciais de 1,8 kPa de O<sub>2</sub> e 2,0 kPa de CO<sub>2</sub>, temperatura de 0,7±0,5°C e umidade relativa do ar de 92±4%. Após o armazenamento, os frutos foram mantidos sob atmosfera do ar (AA) a 23±0,3°C e umidade relativa de 68±6%, por sete dias, antes de serem analisados. Analisou-se 50 frutos de cada pomar e data de colheita, para cada período de armazenagem.

Cada fruto foi considerado como uma repetição para as análises da intensidade de cor vermelha e índice de amido na colheita, cor de fundo e firmeza de polpa na colheita e após a armazenagem e da incidência e severidade de distúrbios fisiológicos e patológicos após a armazenagem. Os teores de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e taxas respiratória e de produção de etileno foram analisados na colheita e após a armazenagem, utilizando quatro sub-amostras de sete frutos, correspondentes a quatro repetições por tratamento.

A intensidade de cor vermelha foi estimada visualmente, considerando a porcentagem de área coberta com a coloração vermelha, relativa à superfície total do fruto. A cor de fundo também foi estimada visualmente, atribuindo-se notas de 1 a 5, conforme catálogo de escalas de cores desenvolvido para maçãs 'Gala' (ARGENTA et al., 2010). O índice de amido foi avaliado utilizando a escala de 1 a 9, na qual o índice 1 (secção transversal da polpa corada pelo complexo iodo-amido) indica alto teor de amido e fruto imaturo, e o índice 9 (secção transversal da polpa não corada pelo complexo iodo-amido) indica teor de amido próximo a zero e fruto amadurecido. A firmeza da polpa (N) foi medida com a utilização de um penetrômetro eletrônico motorizado, com ponteira de 11 mm (Güss, África do Sul), em dois pontos opostos na região equatorial de cada fruto, após remoção da epiderme. Os teores de SS e a AT foram determinados no suco preparado com espremedor centrífugo (Plastaket Mgf, Estados Unidos). O teor de SS (°Brix) foi medido usando refratômetro digital com compensação automática de temperatura (Atago, Japão). A AT (% de ácido málico) foi determinada pela titulação de 10 mL de suco, diluído em 20 mL água destilada, com NaOH 0,1 N até pH 8,2, usando-se titulador automático (Radiometer, França).

As avaliações das taxas respiratória e de produção de etileno foram feitas em quatro amostras de frutos, usando um sistema de fluxo contínuo. Amostras de frutos (±1000 g) foram colocadas em jarras de 4 L, supridas com ar comprimido, livre de etileno, a 100 mL min<sup>-1</sup>, e mantidas a 23±0,3 °C durante 12 h, para equilíbrio da temperatura. No ar efluente foi analisada a concentração de CO<sub>2</sub> e etileno por meio de um cromatógrafo a gás (Shimadzu 14B, Japão).

A incidência de frutos com sintomas de rachadura senescente foi avaliada atribuindo-se escores 1 e 2, para ausência e presença, respectivamente. Para podridões foram atribuídos escores 1: para ausência; e 2 e 3: para uma ou duas lesões com somatório de diâmetro(s) inferior a 1 cm e superior a 1 cm de diâmetro, respectivamente.

O distúrbio escurecimento pistilar, na região do córtex, foi analisado visualmente pela severidade dos sintomas, caracterizado pela epiderme e/ou córtex com coloração amarronzada. Considerando que a severidade desse distúrbio diminui longitudinalmente a partir da região distal ao pedúnculo, o seu grau de severidade foi determinado pela análise em três cortes transversais do fruto, conforme segue: corte inferior, na região dos lóbulos, na cavidade pistilar; corte mediano, no terço inferior do fruto, entre a margem inferior da cavidade carpelar e o corte inferior; corte superior, no meio do fruto e da cavidade carpelar. Os escores de severidade desse distúrbio foram: 1: ausência de sintoma; 2: córtex com coloração amarronzada presente apenas na secção transversal do corte inferior; 3: córtex com coloração amarronzada presente nas secções transversais dos cortes inferior e mediano; 4: epiderme e córtex com coloração amarronzada presente nas secções transversais dos três cortes.

O distúrbio escurecimento carpelar (também denominado de coração amarronzado), o qual se limita aos tecidos de origem carpelar (na medula), foi analisado visualmente pela severidade do sintoma, conforme a percentagem da secção transversal da região carpelar com coloração amarronzada: 1: sem dano; 2) 1 a 10%; 3) 11% a 50%; e 4) mais de 50%. Esse sintoma foi analisado apenas no corte superior, descrito acima.

Duas amostras de 10 frutos do pomar MKM9 foram analisadas quanto ao sabor e a firmeza de polpa, após 180 e 240 dias sob AC a 0,7°C mais 7 dias sob AA a 23°C. A análise sensorial foi realizada por 20 provadores não treinados. Os provadores foram orientados a atribuir escores de 1 a 5 para o sabor e firmeza, correspondendo, respectivamente, aos conceitos ruim, regular, bom, muito bom e excelente. Cada provador analisou dois frutos de cada data de colheita, em duas ocasiões, num intervalo de 24 h. Em cada ocasião, cada provador analisou seis cunhas (com tamanho de  $\frac{1}{4}$  de fruto), cada uma correspondente a uma data de colheita. As cunhas de frutos foram cortadas e descascadas imediatamente antes da análise sensorial.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com 50 frutos-repetição por tratamento (data de colheita) e época de análise, exceto para as análises de SS, AT, etileno e respiração, onde se utilizaram quatro repetições por tratamento. Os dados foram submetidos à análise da variância (ANOVA), utilizando o programa SAS (SAS Institute,

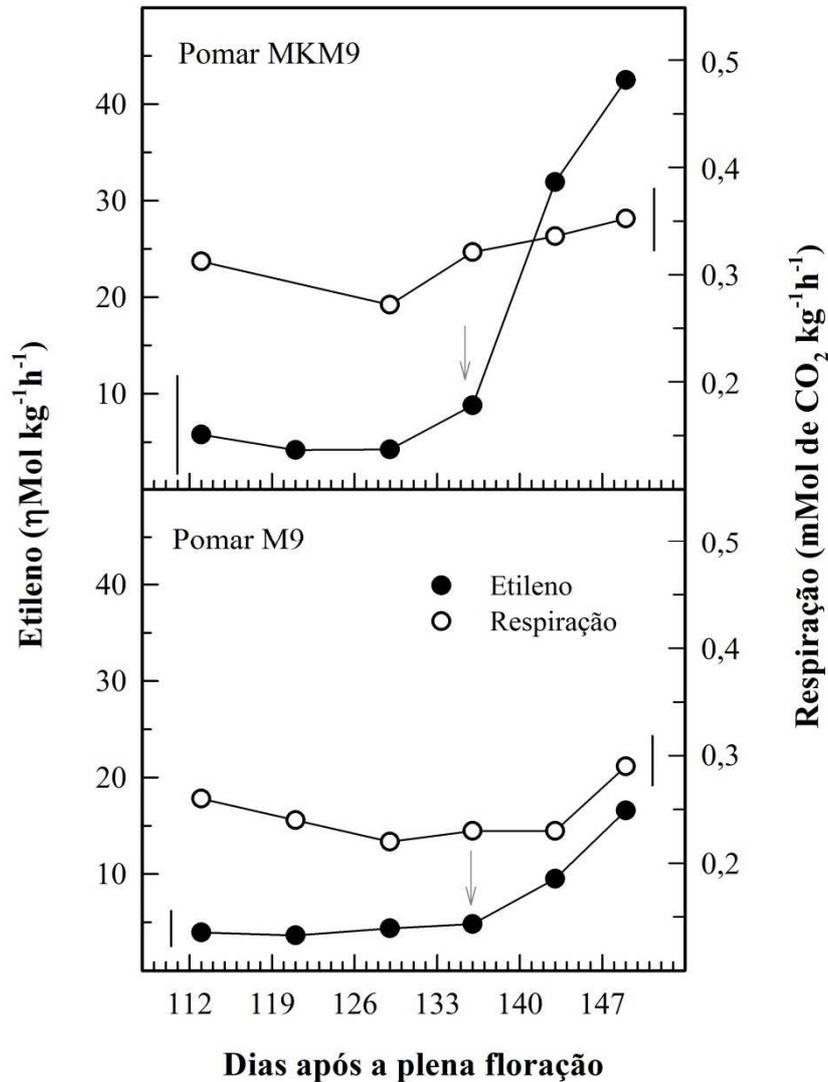
2002). Os efeitos de tratamento (data de colheita) foram analisados pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Os efeitos das datas de colheita sobre a firmeza de polpa foram ajustados através da análise de regressão, para determinar a taxa de perda de firmeza de polpa.

## 1.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A taxa respiratória de maçãs ‘Daiane’ não mudou significativamente entre 113 e 136 DAPF no pomar MKM9, nem entre 113 e 143 DAPF no pomar M9 (Figura 1). Pequeno aumento da taxa respiratória ocorreu entre 129 e 149 DAPF no pomar MKM9 e entre 143 e 149 DAPF no pomar M9. Esses resultados indicam que maçãs ‘Daiane’ estavam em estágio correspondente ao mínimo respiratório até 129 DAPF no pomar MKM9, e até 143 DAPF no pomar M9. A taxa respiratória de maçãs é máxima no período de divisão celular, durante as primeiras semanas após a fecundação, e diminui 2 a 3 vezes ao longo do seu crescimento, para atingir um mínimo antes do início da maturação hortícola (comercial) (ARGENTA, 2006).

A maturação de maçãs ‘Daiane’ caracterizou-se pelo aumento significativo da produção de etileno a partir de 136 DAPF, em ambos os pomares (Figura 1). Estudos indicam que o período ideal de colheita de maçãs destinadas à armazenagem por longos períodos ocorre no estágio em que a respiração é mínima, e antes do aumento acentuado da produção de etileno (ARGENTA e MONDARDO, 1994; WATKINS, 2003). Por isso, os dados referentes à produção de etileno indicam que o período ideal de colheita de maçãs ‘Daiane’, destinadas a longos períodos de armazenagem, não deveria estender-se além de 136 DAPF, para ambos os pomares. A maturação de maçãs normalmente é antecipada quando produzida sobre o porta-enxerto anão M-9 em relação aquelas sobre porta-enxerto vigoroso Marubakaido (LARSEN et al., 1985; BARDEN e MARINI, 1992). Ao contrário, a maturação de maçãs na planta é retardada pelo tratamento com inibidor da síntese de etileno, AVG (AMARANTE et al., 2001; STEFFENS et al., 2006). Isso justifica por que o aumento acentuado da produção de etileno ocorreu na mesma semana em ambos os pomares, apesar de um pomar ser sobre porta-enxerto anão e o outro ser sobre porta enxerto vigoroso. Aparentemente, o efeito antecipador da maturação do porta-enxerto anão M9 foi anulado pelo efeito retardador da maturação do AVG.

Figura 1 - Taxas respiratórias e de produção de etileno de maçãs ‘Daiane’ na colheita. As barras verticais inseridas no gráfico representam as diferenças mínimas significativas para efeitos de data de colheita, determinadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). As setas no interior dos gráficos indicam as datas de colheita a partir das quais houve aumento significativo da taxa de produção de etileno.

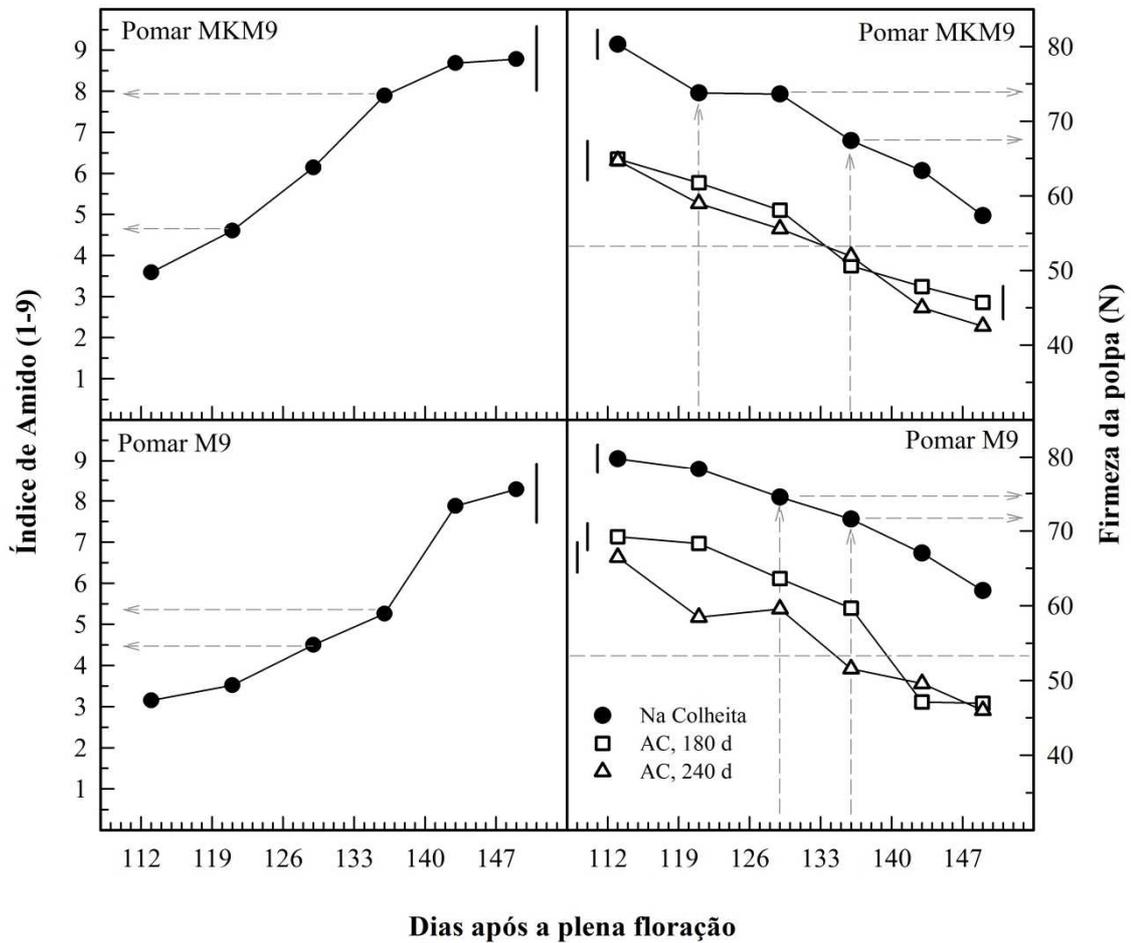


Fonte: produção do próprio autor

Durante a maturação de maçãs ‘Daiane’, houve redução da firmeza da polpa e da AT, associada à contínua degradação do amido (aumento do índice de amido), amarelecimento da epiderme e aumento da intensidade de coloração vermelha e do teor de SS (Figuras 2 a 5), em ambos os pomares, conforme esperado e já descrito para muitas outras cultivares de maçãs (LITTLE e HOLMES, 2000; WATKINS, 2003; STEFFENS et al., 2006). Pequeno aumento da taxa de degradação do amido e da taxa de amarelecimento da epiderme coincidiu com o aumento da produção de etileno, a partir de 136 DAPF, no pomar M9. No entanto, muitas das alterações relativas à maturação e a qualidade dos frutos, inclusive a degradação do amido, iniciaram antes de se detectar aumento significativo, climatérico, da respiração e da produção de etileno (Figura 1), semelhantemente ao descrito para as cultivares Gala, Golden Delicious e

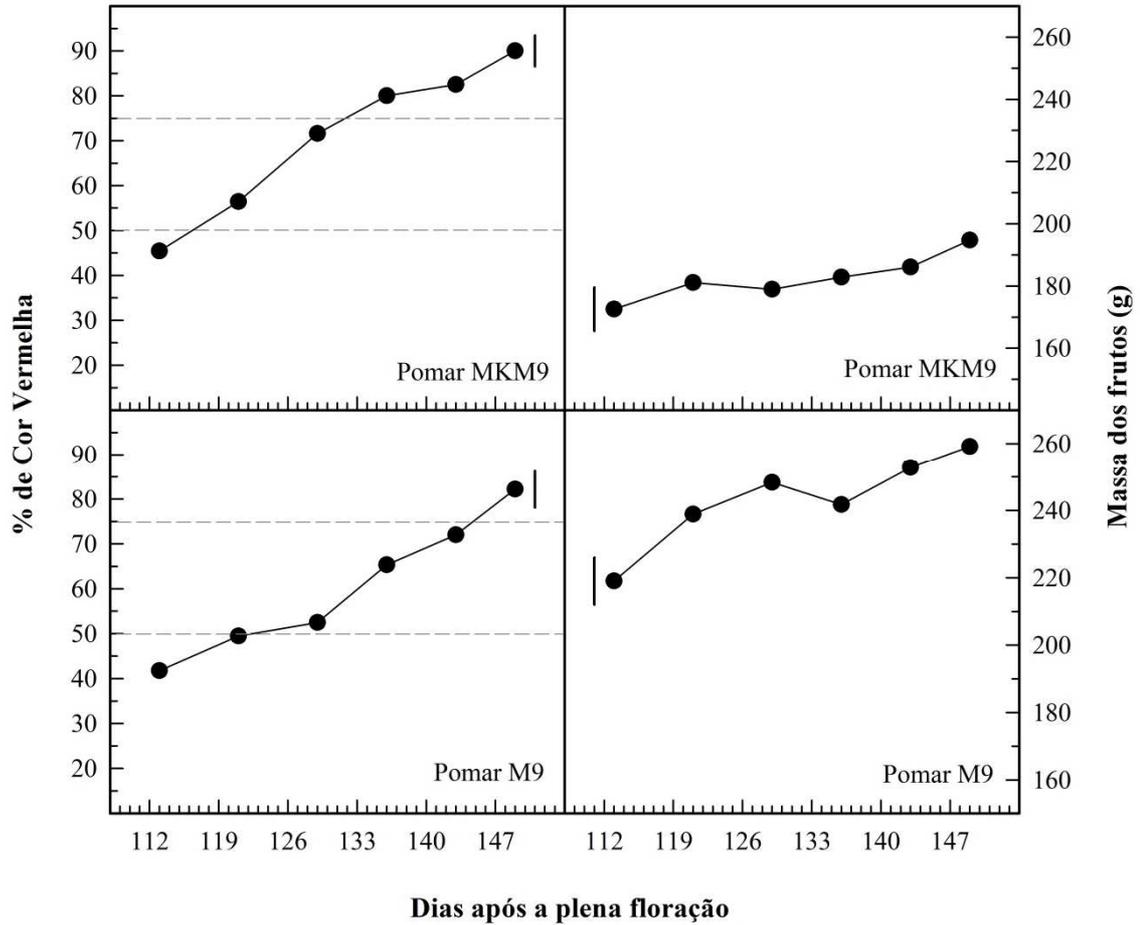
Fuji (ARGENTA, 1993). O fato da degradação do amido ter iniciado antes do aumento acentuado da taxa de evolução de etileno, não significa que essa alteração química tipicamente associada à maturação de frutos, não tenha sido induzida pelo etileno endógeno. A degradação do amido é considerada um evento dependente do etileno, conforme demonstrado para maçãs tratadas com o 1-metilciclopropeno, inibidor da ação do etileno (WATKINS et al., 2010). O fato da degradação do amido iniciar antes do aumento significativo da evolução do etileno do fruto indica que esse processo, possivelmente, seja induzido por baixas alterações da concentração endógena de etileno, não detectadas pelo método de análise usado nesse estudo. O fato do índice de amido ser determinado de forma simples e rápida, e frequentemente aumentar antes ou juntamente ao aumento acentuado da evolução de etileno pelos frutos, o torna um dos mais importantes indicadores do início da maturação e do ponto de colheita de maçãs em nível comercial (ARGENTA et al., 2010).

Figura 2 - Índice de amido e firmeza da polpa de maçãs ‘Daiane’, na colheita e após 180 e 240 dias de armazenagem sob atmosfera controlada (AC) a 0,7°C e mais sete dias sob atmosfera do ar a 23°C. As barras verticais inseridas no gráfico representam as diferenças mínimas significativas para efeitos de data de colheita, determinadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), para cada época de análise dos frutos. As linhas pontilhadas horizontais indicam limite inferior de firmeza da polpa, abaixo do qual as maçãs possuem menor valor e aceitação comercial. As setas horizontais pontilhadas indicam as faixas de índice de iodo-amido e firmeza da polpa para o período ideal de colheita.



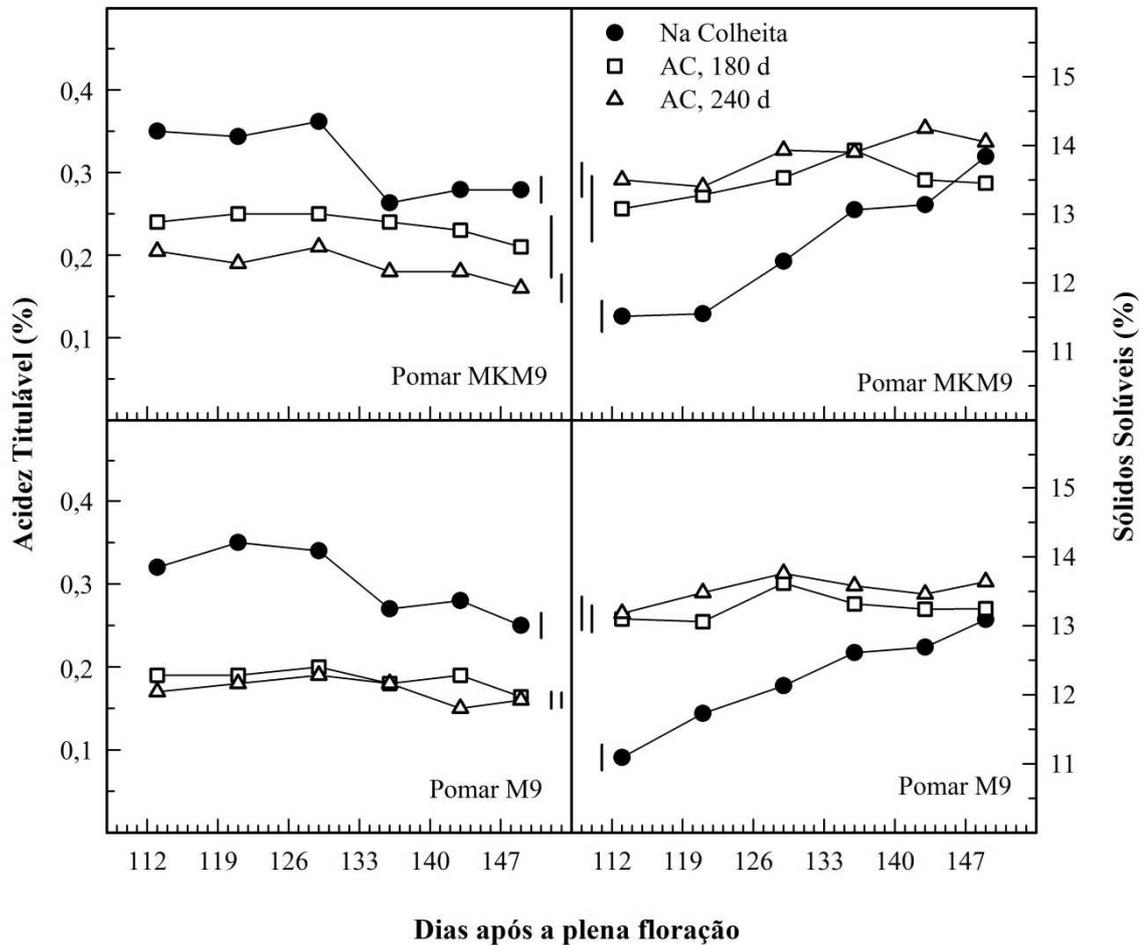
Fonte: produção do próprio autor

Figura 3 - Massa e intensidade de coloração avermelhada de maçãs ‘Daiane’ na colheita. As barras verticais inseridas no gráfico representam as diferenças mínimas significativas para efeitos de data de colheita, determinadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). As linhas pontilhadas horizontais indicam limites inferiores de percentagens de cor vermelha para que maçãs sejam classificadas como Categoria 1 (50% de cor vermelha) ou Categoria Extra (75% de cor vermelha), segundo normas legais brasileiras.



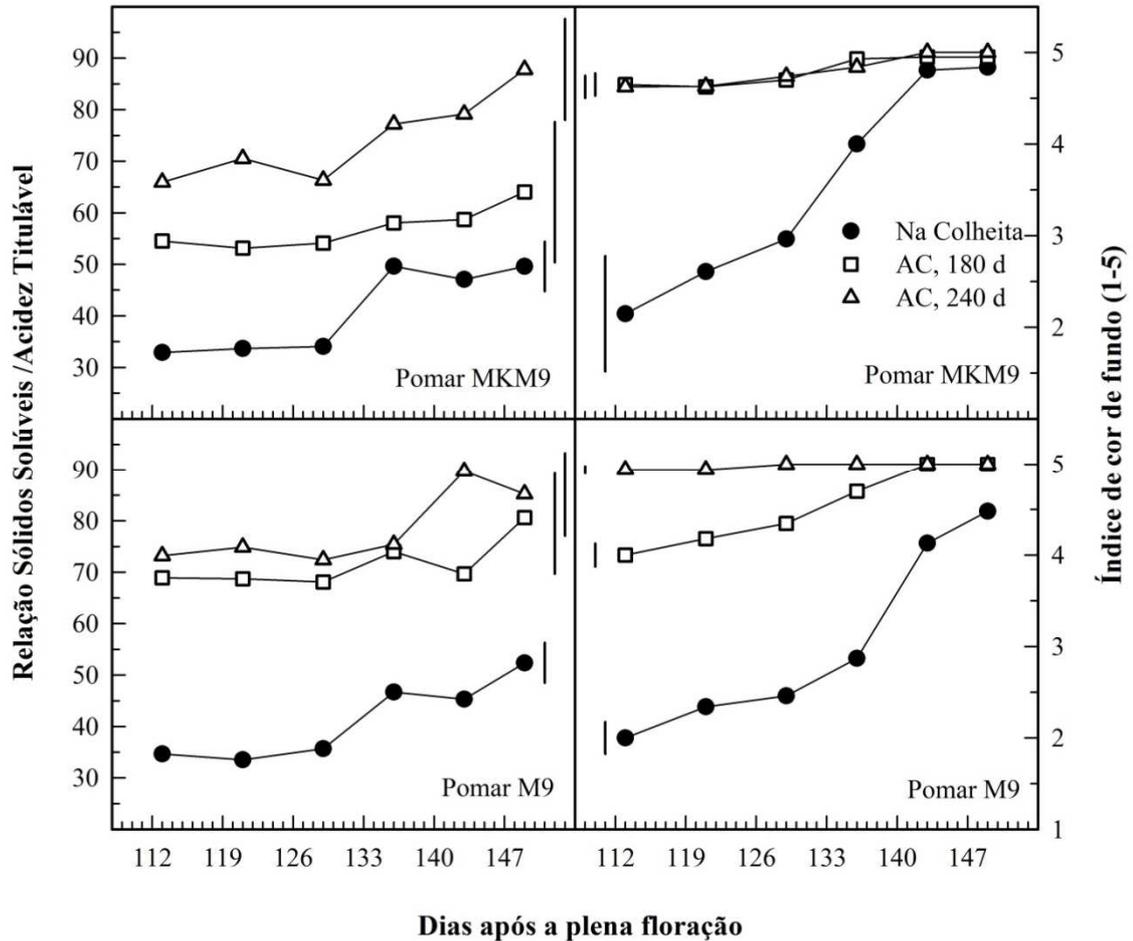
Fonte: produção do próprio autor

Figura 4 - Teores de acidez titulável e de sólidos solúveis em maçãs ‘Daiane’, na colheita e após 180 e 240 dias de armazenagem sob atmosfera controlada a 0,7°C e mais sete dias sob atmosfera do ar a 23°C. As barras verticais inseridas no gráfico representam as diferenças mínimas significativas para efeitos de data de colheita, determinadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), para cada época de análise dos frutos.



Fonte: produção do próprio autor

Figura 5 - Relação sólidos solúveis/acidez titulável e índice de cor de fundo (da região não avermelhada) da epiderme de maçãs 'Daiane', na colheita e após 180 e 240 dias de armazenagem sob atmosfera controlada a 0,7°C mais sete dias sob atmosfera do ar a 23°C. As barras verticais inseridas no gráfico representam as diferenças mínimas significativas para efeitos de data de colheita, determinadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), para cada época de análise dos frutos.



Fonte: produção do próprio autor

Taxas de perda de firmeza diária ou semanal são indicativos da velocidade de maturação de maçãs na planta e úteis para prever o período ideal de colheita, especialmente para frutos destinados a armazenagem em AC por longos períodos (ARGENTA et al., 1995). Análises de regressão indicaram que a taxa de perda de firmeza em função da data de colheita, para frutos analisados no dia seguinte a colheita, foi de 4,2 e 3,4 N por semana nos pomares MKM9 e M9, respectivamente (Tabela1). Esses valores são menores do que àquele observado para maçãs 'Gala' (5,7 N por semana) e ligeiramente maior ou menor, dependendo do pomar, àquele observado para maçãs 'Fuji' (3,7 N por semana) produzidas na mesma região de Fraiburgo, SC (ARGENTA et al., 1995). Plotto et al. (1995) verificaram taxas de perda de firmeza de polpa de 6,7 N e 1,6 N por semana para maçãs 'Gala' e 'Fuji', respectivamente, produzidas em Washington, EUA. As taxas de perda de firmeza da polpa durante a maturação de maçãs são maiores quando crescidas sobre porta-enxertos anões como M9, do que sobre

porta-enxertos vigorosos como Marubakaido (LORDE al., 1985; BARDEN e MARIN 1992). Isso não foi observado nesse estudo, provavelmente, devido à aplicação pré-colheita de AVG nas plantas sobre M9.

Tabela 1 - Taxas de perda da firmeza da polpa (N/semana), estimadas pelas funções de regressão entre data de colheita (x) e firmeza de polpa (y) em maçãs ‘Daiane’, analisadas na colheita e após 180 e 240 dias de armazenagem sob atmosfera controlada a 0,7°C mais sete dias sob atmosfera do ar a 23°C.

Pomar	Época de análise	Função de regressão linear (y =bx+a)	Taxa de perda de firmeza (N semana <sup>-1</sup> )	Probabilidade <sup>(1)</sup>	
				a	b
MKM9	Na colheita	y = -0,5971x + 148,01	4,2	0,0001	0,0001
	180 d a 0,7°C	y = -0,5744x + 130,55	4,0	0,0001	0,0001
	240 d a 0,7°C	y = -0,6176x + 134,55	4,3	0,0001	0,0001
M9	Na colheita	y = -0,4915x + 136,38	3,4	0,0001	0,0001
	180 d a 0,7°C	y = -0,7015x + 151,64	4,9	0,0001	0,0001
	240 d a 0,7°C	y = -0,5404x + 126,53	3,8	0,0001	0,0001

<sup>(1)</sup>Significância das variáveis ‘a’ e ‘b’ das funções de regressão testadas.

Fonte: produção do próprio autor

A taxa de perda da firmeza em função da data de colheita, para frutos analisados após a armazenagem foram semelhantes àquela observada na colheita para o pomar MKM9, e ligeiramente maiores que aquela observada na colheita para o pomar M9 (Figura 2, Tabela 1). Esses resultados indicam que o efeito do ponto de colheita sobre a perda de firmeza durante a armazenagem variou entre os pomares: maçãs ‘Daiane’ do pomar MKM9 colhidas precocemente apresentaram perda de firmeza após a colheita semelhante àquelas colhidas tardiamente, enquanto maçãs ‘Daiane’ no pomar M9, colhidas precocemente apresentaram perda de firmeza, após a colheita, menor que aquelas colhidas tardiamente. Por exemplo, maçãs ‘Daiane’ do pomar MKM9 colhidas 112 e 149 DAPF perderam aproximadamente 16 e 15 N, respectivamente, durante os 240 dias a 0,7°C mais 7 dias a 23°C (Figura 2). Por outro lado, maçãs ‘Daiane’ do pomar M9 colhidas 112 e 149 DAPF perderam aproximadamente 14 e 16 N, respectivamente, durante os 240 dias a 0,7°C mais 7 dias a 23°C (Figura 2). Os dados do presente estudo não permitem inferir o quanto essa diferença entre os dois pomares se deve ao efeito de porta-enxerto ou do tratamento AVG.

Pesquisas indicam que maçãs com firmeza da polpa inferior a 53 N são consideradas farináceas, com suculência e crocância muito baixas, e normalmente rejeitadas pelos consumidores (HARKER et al., 2002). Normas legais impedem o despacho e comercialização de maçãs com firmeza da polpa inferior a 50 N em alguns países como EUA

(CLARIFYING..., 1999). Essa norma tem sido informalmente usada como referência para estimar o ponto crítico de venda nos principais parques de armazenagem e empacotamento de maçãs no Brasil.

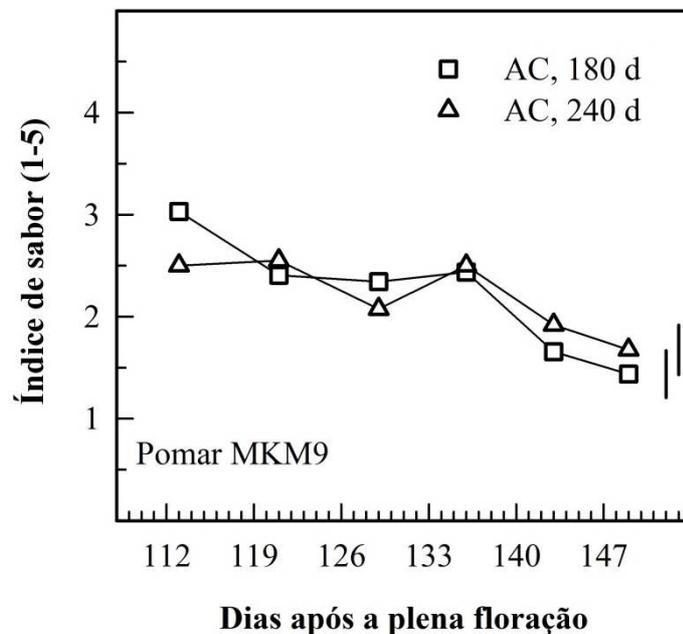
Maçãs ‘Daiane’ de ambos os pomares, analisadas no dia seguinte a colheita apresentaram firmeza da polpa superior a 53 N, independentemente da data de colheita (Figura 2), indicando que poderiam ser colhidas até 149 DAPF, se destinadas ao comércio imediatamente após a colheita. No entanto, maçãs de ambos os pomares apresentaram firmeza da polpa inferior a 53 N após a armazenagem por até 240 dias em AC, quando colhidas de 136 a 149 DAPF. Assim, considerando o ponto crítico de venda, o período ideal de colheita de maçãs ‘Daiane’ destinada a longos períodos de armazenagem terminou aos 136 DAPF, para ambos os pomares. Assim, apesar dos frutos do pomar MKM9 colhidos tardiamente apresentarem taxa de perda de firmeza, durante a armazenagem, semelhante à de frutos colhidos precocemente, aqueles apresentaram menor potencial de armazenagem por atingirem firmeza de polpa crítica antes desses colhidos precocemente.

Aspectos da aparência, incluindo a coloração, ainda são os atributos de qualidade mais percebidos pelos consumidores e que mais influencia a primeira compra de frutos, embora o contínuo retorno à compra de tais frutos seja determinado pela qualidade sensorial (BALDWIN, 2002; HARKER et al., 2003). Maçãs do pomar MKM9, colhidas 143 e 149 DAPF apresentaram qualidade sensorial mínima, menor que aquelas colhidas de 113 a 136 DAPF, após o armazenamento por 180 dias sob AC, e menor que aquelas colhidas aos 113, 121 e 136 DAPF, após o armazenamento por 240 dias sob AC (Figura 3). Assim, considerando a qualidade sensorial, o período ideal de colheita de maçãs ‘Daiane’ destinadas a armazenagem não deveria se estender além de 136 DAPF.

Por outro lado, considerando-se a intensidade da coloração vermelha na epiderme, maçãs ‘Daiane’ apresentaram máxima qualidade quando colhidas entre 143 e 149 DAPF (Figura 3). Normas legais definem que lotes de maçãs classificados como Categoria 1 (CAT 1), devem apresentar 100% das maçãs com mais de 50% da superfície avermelhada, enquanto lotes de maçãs classificados como CAT 1 Extra, devem apresentar 100% das maçãs com mais de 75% da superfície avermelhada (BRASIL, 2006). Considerando-se essa norma legal, as maçãs ‘Daiane’ deveriam ser colhidas a partir de 121 DAPF em ambos os pomares, para se produzir pelo menos 50% (assumindo distribuição normal entorno da média) de frutas CAT 1 (quanto a coloração), as quais possuem maior valor comercial agregado (Figura 3). Pelo menos 50% (assumindo distribuição normal entorno da média) das maçãs ‘Daiane’ do pomar

MKM9 poderiam ser classificados como CAT 1 Extra (quanto a coloração) se colhidas a partir de 136 DAPF.

Figura 6 - Índice sensorial para sabor de maçãs ‘Daiane’, após 180 e 240 dias de armazenagem sob atmosfera controlada a 0,7°C mais sete dias sob atmosfera do ar a 23°C. As barras verticais internas ao gráfico representam as diferenças mínimas significativas para efeitos de data de colheita, determinadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), para cada período de armazenagem.



Fonte: produção do próprio autor

Medidas de massa indicam que maçãs ‘Daiane’ cresceram aproximadamente 13% no pomar MKM9 e 18% no pomar M9 durante os 35 dias de avaliação (Figura 3), confirmando que a colheita de maçãs tardiamente permite aumento da produtividade (LITTLE e HOLMES, 2000; WATKINS, 2003). No entanto, análises da qualidade após a armazenagem indicam que maçãs ‘Daiane’ colhidas aos 149 DAPF, no pomar MKM9, apresentam maior risco de desenvolverem rachadura senescente (após 240 dias em AC) e escurecimento pistilar (após 180 dias em AC) em relação aos frutos colhidos de 113 a 136 DAPF (Tabela 2). A incidência de rachadura senescente implica em menor rendimento de empacotamento (produtividade) após a armazenagem. Argenta e Mondardo (1994), Ploto et al. (1995) e Steffens et al. (2005) também verificaram o aumento no desenvolvimento de rachadura senescente em maçãs colhidas tardiamente.

A AT diminuiu acentuadamente a partir de 129 DAPF, enquanto os teores de SS aumentaram continuamente em ambos os pomares, durante a maturação (Figura 4). Esses efeitos de data de colheita sobre os teores de AT e SS foram menores ou não existiram nos

frutos analisados após a armazenagem. Na colheita, as relações SS/AT dos frutos entre 136 e 149 DAPF foram significativamente maiores que aquelas entre 113 e 129 DAPF, em ambos os pomares. A maior relação SS/AT nos frutos colhidos tardiamente em relação a dos frutos colhidos precocemente manteve-se após a armazenagem por 240 dias em AC (Figura 5). Altas relações SS/AT observadas após a armazenagem poderiam estar relacionadas, em parte, aos menores índices de qualidade sensorial identificados pelo painel sensorial para frutos do pomar MKM9 colhidos tardiamente. De acordo com Harker et al. (2008), o conteúdo dos SS e a AT podem definir a qualidade de algumas cultivares específicas de maçãs. Na colheita, a relação SS/AT variou de 33 a 50 no pomar MKM9 e de 35 a 52 no pomar M9. Estas relações SS/AT de maçãs ‘Daiane’ no período de maturação são maiores que aqueles de maçãs ‘Gala’ (23 a 29), ‘Golden Delicious’ (22 a 25,5) e ‘Fuji’ (31 a 37) produzidas na mesma região (ARGENTA et al., 1995).

Tabela 2 - Índices escurecimento pistilar e carpelar, de rachadura senescente e de podridões, em maçãs ‘Daiane’ colhidas de 113 a 149 dias após a plena floração (DAPF), em dois pomares, e armazenadas por 180 e 240 dias em atmosfera controlada a 0,7°C e mais sete dias em atmosfera do ar a 23°C.

DAPF	Escurecimento Pistilar (1 - 4)		Escurecimento Carpelar (1 - 4)		Rachadura Senescente (1 - 2)		Podridões (1 - 3)	
	180 d	240 d	180 d	240 d	180 d	240 d	180 d	240 d
	Pomar MKM9							
113	1,00 b	1,00 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>	1,00 b	1,00 <sup>ns</sup>	1,03 <sup>ns</sup>
121	1,00 b	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00 b	1,00	1,05
129	1,00 b	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00 b	1,00	1,00
136	1,00 b	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00 b	1,00	1,00
143	1,00 b	1,00	1,00	1,00	1,00	1,05 ab	1,08	1,03
149	1,08 a	1,00	1,00	1,15	1,00	1,15 a	1,00	1,10
CV (%)	10,76	0,00	0,00	23,08	0,00	16,74	19,23	23,20
Pomar M9								
113	1,00 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>	1,04 <sup>ns</sup>
121	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
129	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,04
136	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,02	1,00
143	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,02	1,08	1,02
149	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,10	1,04
CV (%)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,75	18,85	18,67

\*Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

ns = não significativa pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Fonte: produção do próprio autor

Os distúrbios caracterizados pelo escurecimento interno pistilar ou carpelar ocorreram apenas em maçãs do pomar MKM9, colhidas aos 149 DAPF (Tabela 2). Já a rachadura senescente ocorreu em maçãs colhidas aos 143 DAPF, no pomar MKM9, e também em maçãs colhidas aos 149 DAPF no pomar MKM9, quando armazenadas por 240 dias. Maçãs ‘Daiane’ armazenadas por 180 dias desenvolveram podridões, embora não diferindo estatisticamente, apenas quando colhidas no pomar MKM9 aos 143 DAPF ou quando colhidas no pomar M9, de 136 a 149 DAPF. Essa tendência a maior severidade de podridões em frutos colhidos tardiamente não se manteve para frutos armazenados por 240 dias, especialmente para o pomar M9. Apesar do baixo desenvolvimento de distúrbios fisiológicos e podridões em maçãs ‘Daiane’ durante e após a armazenagem, foi possível evidenciar o maior risco de desenvolvimento de distúrbios associados à senescência e podridões quando colhidas tardiamente, dependendo do pomar e do tempo de armazenagem. Outros estudos com maçãs ‘Gala’, ‘Fuji’, ‘Braeburn’, mostram mais claramente o aumento do desenvolvimento de podridões e de degenerescência senescente pela colheita tardia (ARGENTA; MONDARDO, 1994; PLOTTO et al., 1995; STEFFENS et al., 2005). As severidades dos distúrbios fisiológicos e podridões em maçãs ‘Daiane’ observadas nesse estudo foram baixas em relação aquelas observadas para maçãs ‘Gala’ (STEFFENS et al., 2005).

Os resultados descritos acima referentes à produção de etileno na colheita e a firmeza da polpa, qualidade sensorial e distúrbios fisiológicos após a armazenagem indicam que o período adequado de colheita de maçãs ‘Daiane’ destinadas a armazenagem em AC não deveria se estender além de 136 DAPF, em ambos os pomares. Por outro lado, frutos do pomar MKM9 não deveriam ser colhidos antes de 121 DAPF e frutos do pomar M9 não deveriam ser colhidos antes de 129 DAPF por apresentarem intensidade média de cor vermelha muito próxima ou inferior a intensidade mínima legal para frutos classificados como CAT 1. Maçãs produzidas sobre porta-enxertos anões como o M-9, normalmente, apresentam maior coloração avermelhada que aquelas produzidas sobre porta-enxertos vigorosos como Marubakaido devido, em grande parte, a maior incidência de radiação solar nas maçãs sobre porta-enxerto anões (DENARDI, 2006). Esse efeito de porta-enxerto sobre a coloração avermelhada não foi observado para maçãs ‘Daiane’ nesse estudo, possivelmente porque aquelas produzidas sobre porta-enxerto M-9 foram tratadas com inibidor da síntese de etileno AVG. Aplicação pré-colheita de AVG tipicamente retarda o desenvolvimento de cor vermelha em maçãs (AMARANTE, et al., 2010; STEFFENS et al., 2006), inibindo a síntese de Antocianinas (AWAD; JAGER 2002).

Os resultados do presente estudo permitem sugerir que o período ideal de colheita de maçãs ‘Daiane’ destinadas a longos períodos de armazenagem, ocorreu entre 121 e 136 DAPF para o pomar MKM9, e entre 129 e 136 DAPF para o pomar M9. No período ideal de colheita, a firmeza da polpa de maçãs ‘Daiane’ foi menor e o índice de amido maior em relação àqueles de maçãs ‘Gala’ e ‘Fuji’, ao passo que o teor de SS foi maior em relação àquele de ‘Gala’ e menor em relação àquele de ‘Fuji’, produzidas na mesma região (ARGENTA et al., 2010).

O período ideal de colheita de maçãs ‘Daiane’ ocorreu em datas posteriores as do período ideal de colheita de maçãs ‘Gala’ (23 dias) e anteriores aos do período ideal de colheita de maçãs ‘Fuji’ (50 dias) (ARGENTA, 2006). Nesse sentido, o plantio de novos pomares de maçãs ‘Daiane’ representa uma estratégia para escalonamento da colheita de maçãs no Brasil. O escalonamento da colheita reduz custos de produção relacionados à colheita e recepção dos frutos nos parques de armazenagem, classificação e empacotamento. O escalonamento da colheita pela diversificação de cultivares também reduz o risco de colheita tardia, após o período ideal, permitindo aumento de produtividade pós-armazenagem associada à redução de perdas por deterioração.

## 1.6 CONCLUSÕES

1. O período ideal de colheita de maçãs ‘Daiane’ destinadas a longos períodos de armazenagem ocorre entre 121 e 136 dia após a plena floração (DAPF ) em plantas sobre porta-enxerto Marubakaido com filtro M-9, e entre 129 e 136 DAPF em plantas sobre porta-enxerto M-9 e tratadas com aminoetoxivinilglicina (AVG).
2. A firmeza da polpa, os teores de sólidos solúveis e de acidez titulável, e os índices de amido e de cor de fundo da epiderme, relativos ao período ideal de colheita de maçãs ‘Daiane’ variam de 74 a 67,4 N, 11,5 a 13 °Brix, 0,34 a 0,26%, 4,6 a 7,9 e 2,6 a 4,0, respectivamente, para macieiras sobre porta-enxerto Marubakaido com filtro M-9, e 74,5 a 71,5 N, 12,1 a 12,6 °Brix, 0,34 a 0,27%, 4,5 a 5,2, 2,5 a 2,9, respectivamente, para macieiras sobre porta-enxerto M-9 e tratadas com AVG.

## 2 CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO EM ATMOSFERA CONTROLADA E USO DE 1-MCP NA CONSERVAÇÃO DE MAÇÃS ‘DAIANE’

### 2.1 RESUMO

O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de condições de atmosfera controlada (AC) e da aplicação do 1-MCP sobre o metabolismo e a qualidade de maçãs ‘Daiane’ durante o armazenamento. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, usando esquema bifatorial (2x4), sendo avaliada a aplicação de 1-MCP (sem e com;  $1 \mu\text{L L}^{-1}$ ) e quatro atmosferas de armazenamento (1,6 kPa de  $\text{O}_2$  associado à <0,5; 1,5; 3,0 e 4,5 kPa de  $\text{CO}_2$ ). Os frutos foram armazenados por 180 dias (temperatura de  $1\pm 0,5^\circ\text{C}/95\pm 2\%$  de UR) e avaliados após sete dias em condição ambiente ( $23\pm 0,3^\circ\text{C}/60\pm 5\%$  de UR). Em frutos tratados com 1-MCP não houve diferenças entre as condições de AC para os atributos avaliados. Todavia, em frutos não tratados com 1-MCP, as atmosferas de 3,0 e 4,5 kPa de  $\text{CO}_2$  reduziram as taxas respiratória e de produção de etileno e promoveram a manutenção da cor de fundo da epiderme e da firmeza de polpa. O tratamento com 1-MCP, independente da condição de AC, reduziu a taxa respiratória e a perda de firmeza de polpa. O 1-MCP manteve a cor de fundo da epiderme e reduziu a produção de etileno em frutos armazenados em condições de AC com baixas pressões parciais de  $\text{CO}_2$  (<0,5 e 1,5 kPa). Maçãs ‘Daiane’ podem ser armazenadas de 3,0 e 4,5 kPa de  $\text{CO}_2$ , demonstrando que é uma cultivar tolerante ao  $\text{CO}_2$ .

**Palavras - chave:** *Malus domestica* Borkhausen, pós-colheita, etileno, qualidade.

### 2.2 ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the effect of controlled atmosphere (CA) and the application of 1-MCP on the metabolism and quality of apples ‘Daiane’ during storage. The experimental design was completely randomized using a factorial scheme (2x4), and evaluated the application of 1-MCP (with and without,  $1 \mu\text{L L}^{-1}$ ) and four storage atmospheres (1,6 kPa  $\text{O}_2$  associated with <0,5; 1,5; 3.0 and 4,5 kPa  $\text{CO}_2$ ). The fruits were stored for 180 days (temperature of  $\pm 0,5^\circ\text{C}/95\pm 2\%$  RH) and evaluated after seven days at ambient condition ( $23\pm 0,3^\circ\text{C}/60\pm 5\%$  RH). In fruit treated with 1-MCP, no differences between the CA conditions for the attributes. However, in fruit not treated with 1-MCP, the atmospheres of 3,0

and 4,5 kPa CO<sub>2</sub> reduced respiration rate and ethylene production and promoted the maintenance of the background color of the skin and flesh firmness. Treatment with 1-MCP, regardless of the condition of AC, reduced respiration and loss of firmness. The 1-MCP maintained the background color of the epidermis and reduced the production of ethylene in fruit stored in CA conditions with low CO<sub>2</sub> partial pressures (<0,5 and 1,5 kPa). Apples ‘Daiane’ may be stored at 3,0 and 4,5 kPa CO<sub>2</sub>, demonstrating that it is a cultivar tolerant to CO<sub>2</sub>.

**Key-words:** *Malus domestica* Borkhausen, postharvest, ethylene, quality.

### 2.3 INTRODUÇÃO

A macieira, *Malus domestica* Borkhausen, é a espécie frutífera de clima temperado mais cultivada na região Sul do Brasil, com produção na safra 2010/2011 de aproximadamente 1,3 milhões de toneladas, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2012). É a fruta de clima temperado mais comercializada na forma *in natura*, tanto no contexto internacional quanto brasileiro. Novas cultivares estão sendo desenvolvidas e introduzidas na renovação de pomares, em substituição às cultivares tradicionais. Dentre elas, destaca-se a cultivar Daiane, que é oriunda do cruzamento entre as cvs. Gala e Princesa. Os frutos da ‘Daiane’ apresentam coloração vermelho-estriada sobre fundo amarelo, são doces, com textura firme, crocantes, suculentos e aromáticos, com maturação durante o mês de março, podendo ser uma excelente alternativa às cultivares Gala e Fuji, que correspondem a aproximadamente 90% do total de maçãs produzidas no Brasil (PETRI et al., 2011). Atualmente já existem pomares comerciais de maçãs ‘Daiane’, com um volume de produção significativo, sendo necessário o armazenamento dos frutos para regular a oferta da produção.

Dentre as técnicas de armazenamento, a atmosfera controlada (AC) apresenta melhores resultados para a conservação de maçãs por períodos superiores a quatro meses (BRACKMANN et al., 2008). A redução da pressão parcial de O<sub>2</sub> e o aumento do CO<sub>2</sub> na atmosfera da câmara refrigerada reduzem as taxas respiratórias e a produção e ação do etileno, proporcionando a manutenção da qualidade dos frutos por um período prolongado (VOLZ et al., 1998). Atualmente a AC é o sistema de armazenamento predominante para a conservação de maçãs ‘Gala’ e ‘Fuji’.

A combinação ideal de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> no interior da câmara para o armazenamento de frutos é dependente da espécie e da cultivar (KUPFERMAN, 2003). Trabalhos demonstram

que maçãs ‘Fuji’ devem ser armazenadas em AC estática, com pressões parciais de O<sub>2</sub> de 1,0 a 1,2 kPa com CO<sub>2</sub> abaixo de 0,5 kPa (BRACKMANN et al., 2002b), e maçãs ‘Gala’ em condições de 0,8 a 1,5 kPa de O<sub>2</sub> e 2 a 3 kPa de CO<sub>2</sub> (BRACKMANN et al., 2005a). Condições inadequadas de armazenamento, como O<sub>2</sub> abaixo ou CO<sub>2</sub> acima do tolerado pela cultivar armazenada, inevitavelmente causam a manifestação de distúrbios fisiológicos como, por exemplo, o escurecimento da polpa (ELGAR et al., 1998; ARGENTA et al., 2002). A ‘Daiane’, por ser uma cultivar relativamente nova, inexistem trabalhos que reportem os limites tolerados de CO<sub>2</sub>, e, em virtude da possibilidade de associação ao armazenamento de maçãs ‘Gala’, o nível de O<sub>2</sub> utilizado, foi o recomendado para esta cultivar.

Apesar da AC permitir o armazenamento prolongado de maçãs, a utilização de inibidores da ação do etileno, com o 1-metilciclopropeno (1-MCP), pode preservar ainda mais a qualidade, pela melhor manutenção dos atributos físico-químicos dos frutos (DELONG et al., 2004; MATTHEIS et al., 2005). O tratamento pós-colheita de maçãs com 1-MCP reduz a produção de etileno e a respiração (SAFTNER et al., 2003; AKBUDAK et al., 2009), retarda a perda de firmeza de polpa, da acidez titulável e dos sólidos solúveis (SAFTNER et al., 2003; AKBUDAK et al., 2009), reduz a ocorrência de escaldadura superficial (ARGENTA et al., 2005; JUNG e WATKINS, 2008; AKBUDAK et al., 2009) e o escurecimento interno da polpa (WATKINS, 2006). Além disso, o 1-MCP pode reduzir a incidência de podridões pós-colheita (SAFTNER et al., 2003). No entanto, a eficácia do 1-MCP em maçãs depende da cultivar, região e sistema de manejo de colheita e condição de armazenagem (AKBUDAK et al., 2009). Assim como para as condições de AC, inexistem trabalhos que relatem o efeito do 1-MCP na manutenção da qualidade de maçãs ‘Daiane’.

O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de condições de AC e da aplicação do 1-MCP sobre o metabolismo e a qualidade de maçãs ‘Daiane’ durante o armazenamento.

## 2.4 MATERIAL E MÉTODOS

As maçãs cultivar Daiane foram colhidas no dia 16 de março de 2011 (136 dias após a plena floração), em um pomar comercial localizado no município de Fraiburgo-SC (27°01’ S e 50°55’ W), com altitude entre 950-1.000 m. O pomar possui plantas com cinco anos de idade, espaçamento de 4,25 m entre linhas e 0,7 m entre plantas, sobre porta-enxerto Marubakaido com filtro M-9. Após a colheita os frutos foram transportados ao laboratório,

para homogeneização das amostras experimentais, sendo eliminados aqueles com lesões, defeitos, ferimentos ou danos mecânicos.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, usando esquema bifatorial (2x4), sendo avaliada a aplicação de 1-MCP (sem e com;  $1 \mu\text{L L}^{-1}$ ) e quatro atmosferas de armazenamento (1,6 kPa de  $\text{O}_2$  associado à <0,5; 1,5; 3,0 e 4,5 kPa de  $\text{CO}_2$ ). Os frutos foram armazenados por 180 dias em minicâmaras experimentais de AC, na temperatura de  $1\pm 0,5^\circ\text{C}$  e umidade relativa do ar de  $95\pm 2\%$ . Foram utilizadas três repetições de 20 frutos por tratamento.

Os frutos receberam tratamento com 1-MCP em câmaras herméticas de aproximadamente  $0,340 \text{ m}^3$ , durante 24 horas. A dose ( $1 \mu\text{L L}^{-1}$ ) e o tempo de exposição ao 1-MCP (24 horas) corresponderam àquelas indicadas como mais eficientes para maçãs (ARGENTA et al., 2005). Durante o período de tratamento com 1-MCP, os frutos não tratados foram mantidos em câmara hermética igual à usada para tratamento com 1-MCP, sob a mesma temperatura. O gás de 1-MCP foi gerado misturando-se SmartFresh<sup>SM</sup> (AgroFresh Inc., Philadelphia-PA, EUA) e água a  $35^\circ\text{C}$ , num frasco de 0,5 L, e bombeado à câmara de tratamento em sistema fechado, por um período necessário para alcançar a concentração desejada. A concentração de 1-MCP no ar da câmara de tratamento foi determinada por meio de um cromatógrafo a gás (Shimadzu 14B, Tóquio) equipado com um detector de ionização de chama e coluna de vidro de 2,5 m e diâmetro interno de 3,2 mm, empacotada com Poropak Q, 80 a 100 mesh. As temperaturas do forno, do detector e do injetor, foram de 90; 200 e  $100^\circ\text{C}$ , respectivamente. Os fluxos de  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$  e ar foram de 25; 25 e  $300 \text{ mL min}^{-1}$ , respectivamente.

Após o armazenamento foram realizadas análises aos sete dias de exposição dos frutos em condições ambiente ( $23\pm 0,3^\circ\text{C}/68\pm 6\%$  de UR). As variáveis analisadas foram taxas respiratória e de produção de etileno, cor de fundo, firmeza de polpa, SS, AT e incidência de frutos rachados, podridões, degenerescência senescente, escurecimento pistilar e dano de  $\text{CO}_2$ .

As avaliações das taxas respiratória e de produção de etileno foram feitas em quatro amostras de frutos, usando um sistema de fluxo contínuo. Amostras de frutos ( $\pm 1000 \text{ g}$ ) foram colocadas em jarras de 4 L, supridas com ar comprimido, livre de etileno, a  $100 \text{ mL min}^{-1}$ , e mantidas a  $23\pm 0,3^\circ\text{C}$  durante 12 h, para equilíbrio da temperatura. No ar efluente foram analisadas as concentrações de  $\text{CO}_2$  e etileno por meio de um cromatógrafo a gás (Shimadzu 14B, Japão).

A intensidade de cor vermelha foi estimada visualmente, considerando a porcentagem de área coberta com a coloração vermelha relativa à superfície total do fruto. A cor de fundo

também foi estimada visualmente, atribuindo notas de 1 a 5, conforme catálogo de escalas de cores desenvolvido para maçãs ‘Gala’ (ARGENTA et al., 2010). O índice de iodo-amido foi avaliado utilizando a escala de 1 a 9, na qual o índice 1 (secção transversal da polpa corada pelo complexo iodo-amido) indica alto teor de amido e fruto imaturo, e o índice 9 (secção transversal da polpa não corada pelo complexo iodo-amido) indica teor de amido próximo a zero e fruto amadurecido. A firmeza da polpa (N) foi medida com a utilização de um penetrômetro eletrônico motorizado, com ponteira de 11 mm (Güss, África do Sul), em dois pontos opostos na região equatorial de cada fruto, após remoção de uma pequena porção da epiderme. O teor de SS e a AT foram determinados no suco preparado com espremedor tipo Champion (Plastaket Mgf, CA). O teor de SS (°Brix) foi medido usando-se refratômetro digital com compensação automática de temperatura (Atago, Japão). A AT (% de ácido málico) foi determinada pela titulação de 10 mL de suco diluído em 90 mL água destilada com NaOH 0,1 N até pH 8,2, usando-se um titulador automático (Radiometer, França).

A incidência de frutos com sintomas de rachadura senescente foi avaliada atribuindo-se escores 1 e 2, para ausência e presença, respectivamente. Para podridões foram atribuídos escores 1: para ausência; e 2 e 3: para uma ou duas lesões com somatório de diâmetro(s) inferior a 1 cm e superior a 1 cm de diâmetro, respectivamente. A severidade de degenerescência senescente e de dano de CO<sub>2</sub> foram avaliadas na secção transversal dos frutos, cortados na região equatorial. A degenerescência senescente caracteriza-se por apresentar regiões escurecidas na polpa e de aspecto umedecido. O dano de CO<sub>2</sub> caracteriza-se pelo escurecimento na região do córtex, que não atinge a região carpelar. Para ambos os distúrbios, o grau de severidade foi avaliado visualmente, sendo atribuídas notas 1, para ausência do distúrbio, 2, polpa afetada com até 10% de área escurecida, 3, polpa com até 50% de área escurecida, e 4, polpa afetada com mais de 50% de área escurecida. O distúrbio escurecimento pistilar, na região do córtex, foi analisado visualmente pela severidade dos sintomas, caracterizado pela epiderme e/ou córtex com coloração amarronzada. Considerando que a severidade desse distúrbio diminui longitudinalmente da região distal ao pedúnculo, o seu grau de severidade foi determinado pela análise em três cortes transversais do fruto, conforme segue: corte inferior, na região dos lóbulos, na cavidade pistilar; corte mediano, no terço inferior do fruto, entre a margem inferior da cavidade carpelar e o corte inferior; corte superior, no meio do fruto e da cavidade carpelar. Os escores de severidade desse distúrbio foram: 1: ausência de sintoma; 2: córtex com coloração amarronzada presente apenas na secção transversal do corte inferior; 3: córtex com coloração amarronzada presente nas

secções transversais dos cortes inferior e mediano; 4: epiderme e córtex com cloração amarronzada presente nas secções transversais dos três cortes.

Os dados foram submetidos à análise da variância (ANOVA), utilizando o programa SAS (SAS Institute, 2002). Para a comparação das médias adotou-se o teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

## 2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a colheita, realizou-se uma análise inicial de 60 frutos que apresentaram porcentagem de cor vermelha da epiderme de 65%, cor de fundo da epiderme 2,8, índice de iodo-amido de 5,3 e firmeza de polpa de 71,4 N, sólidos solúveis 12,6 °Brix e acidez titulável 0,27% de ácido málico.

Houve interação entre as condições de AC e o tratamento dos frutos com 1-MCP para as variáveis taxas respiratória e de produção de etileno, firmeza de polpa e cor de fundo da epiderme (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3 - Taxas respiratória e de produção de etileno em maçãs 'Daiane' tratadas ou não com 1-metilciclopropeno (1-MCP) ( $1 \mu\text{L L}^{-1}$ ) e armazenadas em atmosfera controlada (AC) por 180 dias, a  $1 \pm 0,5^\circ\text{C}$ , seguido de sete dias de exposição dos frutos a  $23^\circ\text{C}$ .

Regimes de AC	Taxa respiratória ( $\text{mmol de CO}_2 \text{ kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ )		Taxa de produção de etileno ( $\square \text{mol kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ )	
	Sem 1-MCP	Com 1-MCP	Sem 1-MCP	Com 1-MCP
CO <sub>2</sub>				
<0,5	0,289 aA	0,125 bA	1706,0 aA	4,5 bA
1,5	0,214 aB	0,117 bA	778,2 aB	4,3 bA
3,0	0,159 aC	0,122 bA	54,8 aC	3,8 aA
4,5	0,142 aC	0,122 bA	90,4 aC	4,5 aA
CV (%)	12,72		54,23	

\*Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

Fonte: produção do próprio autor

Com relação ao efeito das condições de AC, nos frutos não tratados com 1-MCP as taxas respiratória e de produção de etileno foram menores nos frutos armazenados nas condições de 1,6 kPa de O<sub>2</sub> combinado com 3,0 kPa e 4,5 kPa de CO<sub>2</sub> (Tabela 3). Níveis elevados de CO<sub>2</sub> no interior da câmara de armazenagem diminuem significativamente a taxa respiratória de muitos frutos, devido, principalmente, a redução da atividade da enzima succinato desidrogenase (KAYS e PAULL, 2004). O CO<sub>2</sub> é também um inibidor competitivo

da ação do etileno (BURG e BURG, 1967), desta forma, níveis elevados de CO<sub>2</sub> reduzem a biossíntese e ação do etileno em maçãs (GORNY e KADER, 1996). Brackmann et al. (2002b) verificaram o efeito do alto CO<sub>2</sub> na redução das taxas respiratória e de produção de etileno em maçãs 'Fuji', corroborando com os resultados obtidos no presente trabalho.

Em frutos tratados com 1-MCP não foram verificadas diferenças entre as condições de AC para as taxas respiratórias e de produção de etileno (Tabela 3). Esse efeito do composto pode estar relacionado ao fato de que além de ligar-se irreversivelmente ao receptor do etileno em nível de membrana celular, também pode atuar reduzindo a atividade da ACC oxidase (BRACKMANN et al., 2009), enzima essa, promotora da conversão do ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC), precursor imediato na rota de biossíntese do etileno (KENDE, 1993), causando a inibição da sua síntese e, conseqüentemente, a respiração dos frutos em todas as condições de AC.

A taxa respiratória foi menor nos frutos tratados com 1-MCP, independente da condição de AC utilizada (Tabela 3). Para a taxa de produção de etileno, apesar do 1-MCP ter reduzido a produção em todas as condições de AC, apenas os frutos armazenados em menores pressões parciais de CO<sub>2</sub> (<0,5 e 1,5 kPa) apresentaram valores estatisticamente inferiores aos dos frutos não tratados com 1-MCP (Tabela 3). Vários trabalhos evidenciaram a eficácia da utilização do 1-MCP na inibição da síntese do etileno e na redução da taxa respiratória (DeEll et al., 2005; JUNG e WATKINS, 2008; AKBUDAK et al., 2009; ARGENTA et al., 2010). Todavia, Argenta et al. (2010) afirmam que os efeitos benéficos do 1-MCP podem ser mais evidentes em condições de AC com baixo CO<sub>2</sub>, estando de acordo com o resultado observado no presente trabalho para a taxa de produção de etileno.

Os regimes com baixo CO<sub>2</sub> (<0,5 e 1,5 kPa) proporcionaram maior amarelecimento da epiderme em relação aos tratamentos com alto CO<sub>2</sub> (3,0 e 4,5 kPa), em frutos não tratados com 1-MCP (Tabela 4). A coloração mais verde da epiderme dos frutos armazenados em 3,0 e 4,5 kPa de CO<sub>2</sub> possivelmente está relacionada a menor degradação das clorofilas, pelo fato de que a exposição ao CO<sub>2</sub> atrasa a síntese protéica que ocorre durante o climatérico, reduzindo o efeito das enzimas clorofilases (SAQUET et al., 1997). Brackmann et al. (2005b) também observaram maior manutenção da cor verde da epiderme em maçãs 'Gala' submetidas a maiores pressões parciais de CO<sub>2</sub>, concordando com os resultados obtidos no presente trabalho. A perda da cor verde da epiderme em maçãs geralmente é considerada comercialmente como um atributo negativo e como um sinal de senescência (PRE-AYMARD et al., 2003; SAFTNER et al., 2003; AKBUDAK et al., 2009).

Não foi verificado efeito das condições de AC na cor de fundo da epiderme em frutos tratados com 1-MCP (Tabela 4). Como não houve diferença entre as condições de AC para a taxa de produção de etileno, em frutos tratados com 1-MCP, esse efeito possivelmente tenha refletido na cor de fundo da epiderme dos frutos, pois, segundo Brackmann et al. (2006), esse fitohormônio é apontado como principal responsável pela síntese e ação das enzimas responsáveis pela degradação das clorofilas.

Tabela 4 - Cor de fundo da epiderme e firmeza de polpa em maçãs 'Daiane' tratadas ou não com 1-metilciclopropeno (1-MCP) ( $1 \mu\text{L L}^{-1}$ ) e armazenadas em atmosfera controlada (AC) por 180 dias, a  $1\pm 0,5^\circ\text{C}$ , seguido de sete dias de exposição dos frutos a  $23^\circ\text{C}$ .

Regimes de AC	Cor de fundo da epiderme (1 - 5)		Firmeza de polpa (N)		
	CO <sub>2</sub>	Sem 1-MCP	Com 1-MCP	Sem 1-MCP	Com 1-MCP
<0,5		4,67 aA	4,05 bA	51,11 bB	61,79 aA
1,5		4,58 aA	4,07 bA	50,00 bB	62,36 aA
3,0		4,19 aB	4,00 aA	57,65 bA	63,48 aA
4,5		4,10 aB	4,00 aA	57,42 bA	65,70 aA
CV (%)		17,17		15,06	

\*Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas linhas, e maiúscula nas colunas, não diferem entre si, pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

Fonte: produção do próprio autor

O 1-MCP apenas apresentou efeito sobre o retardo do amarelecimento da epiderme em frutos armazenados nas condições de AC com menores pressões parciais de CO<sub>2</sub> (<0,5 e 1,5 kPa) (Tabela 4). A manutenção da coloração da epiderme mais verde nos frutos tratados com 1-MCP pode ser explicada pela redução da ação do etileno associada ao climatério, impedindo ou atrasando os processos relacionados ao amadurecimento, no quais está incluído o processo de degradação de clorofilas (MATTHEIS et al., 2005; WATKINS e NOCK, 2005). Estes dados estão de acordo com os obtidos por Brackmann et al. (2005b) e Akbudak et al. (2009). A ausência de efeito do 1-MCP em frutos armazenados em maiores pressões parciais de CO<sub>2</sub> (3,0 e 4,5 kPa) se deve, possivelmente, ao fato de que essas condições de armazenamento propiciaram benefícios equivalentes a inibição da ação do etileno proporcionados pelo 1-MCP, uma vez que alguns trabalhos relatam que o CO<sub>2</sub> compete com o etileno em seu sítio de ligação, reduzindo os efeitos do etileno sobre alguns processos relacionados com o amadurecimento (BRACKMANN et al., 2002; BLANKENSHIP e DOLE, 2003).

Em frutos não tratados com 1-MCP, os regimes com alto CO<sub>2</sub> (3,0 e 4,5 kPa) proporcionaram maior preservação da firmeza de polpa dos frutos, quando comparados aos frutos submetidos às baixas pressões parciais de CO<sub>2</sub> (<0,5 e 1,5 kPa) (Tabela 4). Quando tratados com 1-MCP, não houve diferença entre as condições de AC (Tabela 4). As condições de armazenamento com 3,0 e 4,5 kPa de CO<sub>2</sub> reduziram as taxas respiratória e de produção de etileno e, conseqüentemente, o metabolismo dos frutos, o que pode ter retardado a degradação das pectinas da parede celular. Brackmann et al. (2002b) também evidenciaram maior conservação da firmeza de polpa em frutos submetidos a altas pressões parciais de CO<sub>2</sub>.

Os frutos tratados com 1-MCP apresentaram maior firmeza de polpa independente do regime da AC (Tabela 4), confirmando dados obtidos por outros autores (DeLONG et al., 2004; MATTHEIS et al., 2005; ARGENTA et al., 2007; AKBUDAK et al., 2009). A manutenção da firmeza de polpa nos frutos tratados com 1-MCP está associada à redução da atividade das enzimas pectolíticas, em decorrência da redução na ação do etileno (JACOMINO et al., 2002).

Os frutos não apresentaram dano de CO<sub>2</sub> em nenhuma das condições de AC avaliadas, quando tratados ou não com 1-MCP (dados não apresentados). Este distúrbio está associado à sensibilidade do tecido da polpa da maçã a altas pressões parciais de CO<sub>2</sub> ou a baixas pressões parciais de O<sub>2</sub> (PEDRESCHI et al., 2008). Embora não tenha ocorrido incidência do distúrbio no presente trabalho, alguns trabalhos reportam que a incidência e a severidade do dano de CO<sub>2</sub> são maiores em frutos tratados com 1-MCP do que em frutos não tratados (DeELL et al., 2003; WATKINS e NOCK, 2004). No entanto, poucos trabalhos tem sido realizados para o estudo desse possível efeito do 1-MCP no incremento do dano de CO<sub>2</sub>.

Não houve diferença estatística entre os tratamentos e as condições de AC para AT, SS e incidência de frutos podres e de distúrbios associados à senescência (dados não apresentados). Como se trata de um estudo pioneiro para essa cultivar, sugere-se que esses dados sejam utilizados com cautela pelas empresas armazenadoras de maçãs, principalmente com relação às pressões parciais dos gases O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> utilizadas, havendo a necessidade de que sejam realizados novos estudos para a confirmação dos resultados obtidos.

O fato de maçãs 'Daiene' apresentarem-se tolerantes às altas concentrações de CO<sub>2</sub>, além dos benefícios na manutenção dos atributos físico-químicos e de qualidade, pode reduzir os custos de produção pela redução do consumo de energia e de cal hidratada, utilizados na eliminação do CO<sub>2</sub> no interior da câmara de armazenamento.

## 2.6 CONCLUSÕES

1. Maças 'Daiane' podem ser armazenadas de 3,0 a 4,5 kPa de CO<sub>2</sub>, demonstrando que é uma cultivar tolerante ao CO<sub>2</sub>.
2. O uso do 1-MCP reduz o metabolismo dos frutos e melhora a manutenção da qualidade de maçãs 'Daiane' armazenadas em atmosfera controlada, principalmente em frutos armazenados em 1,6 kPa de O<sub>2</sub> combinado com <0,5 kPa ou 1,5 kPa de CO<sub>2</sub>.
3. Maças 'Daiane' armazenadas por seis meses em atmosfera controlada, tratadas ou não com 1-MCP, não desenvolvem distúrbios fisiológicos relacionados a senescência e toleram concentrações de 4,5kPa de CO<sub>2</sub> sem manifestar danos aos tecidos da polpa.

### 3 CONCLUSÕES GERAIS

Maçãs ‘Daiane’ armazenadas em atmosfera controlada apresentaram boa conservação devido ao baixo desenvolvimento de distúrbios fisiológicos associados à senescência e podridões, principalmente quando colhidas no período ideal de colheita (121 a 136 DAPF).

Alterações relativas à maturação e a qualidade dos frutos como a redução da AT, o aumento dos SS, o amarelecimento da epiderme e a degradação do amido podem iniciar antes do aumento significativo da respiração e da produção de etileno, indicando que esses processos podem ser induzidos por baixas alterações da concentração endógena de etileno.

A qualidade de maçãs ‘Daiane’, na colheita, é máxima quando colhidas aos 149 DAPF. Considerando a intensidade de coloração vermelha da epiderme, maçãs ‘Daiane’ devem ser colhidas a partir de 121 DAPF. O aumento da produção de etileno a partir de 136 DAPF indicou que o período ideal de colheita de maçãs destinadas a longos períodos de armazenagem, não deveria estender-se além dessa data de colheita, o que foi confirmado pela baixa firmeza de polpa após o armazenamento e menor aceitação dos frutos colhidos posteriormente a esta data.

No período ideal de colheita, maçãs ‘Daiane’ apresentaram, um dia após a colheita, firmeza da polpa de 67 a 74 N, SS de 11,5 a 13 °Brix, AT de 0,26% a 0,34%, índice de amido de 4,6 a 7,9 e índice de cor de fundo da epiderme de 2,6 a 4,0.

Em frutos não tratados com 1-MCP, as atmosferas de 1,6 kPa de O<sub>2</sub> associado a 3,0 e 4,5 kPa de CO<sub>2</sub>, reduziram as taxas respiratória e de produção de etileno e promoveram a manutenção da cor de fundo da epiderme e da firmeza de polpa.

O 1-MCP reduziu a produção de etileno e manteve a cor de fundo da epiderme em frutos armazenados em condições de AC com 1,6 kPa de O<sub>2</sub> e baixas pressões parciais de CO<sub>2</sub> (<0,5 e 1,5 kPa).

Maçãs ‘Daiane’ tratados ou não com 1-MCP não desenvolveram distúrbios fisiológicos relacionados a senescência e toleraram concentrações de 4,5 kPa de CO<sub>2</sub> na presença de 1,6 kPa O<sub>2</sub>, sem causar danos aos tecidos da polpa.

#### 4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARANTE, C.V.T. do; STEFFENS, C. A.; BLUM, L.E.B. Coloração do fruto, distúrbios fisiológicos e doenças em maçãs ‘Gala’ e ‘Fuji’ pulverizadas com aminoetoxivinilglicina. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.32, n.1, 2010.
- AKBUDAK, B.; OZER, M.H.; ERTURK, U.; CAVUSOGLU, S. Response of 1-methylcyclopropene treated “Granny Smith” apple fruit to air and controlled atmosphere storage conditions. **Journal of Food Quality**, Boston, v.32, n.1, p.18-33, 2009.
- ARGENTA, L.C.; VIEIRA, M.J.; SCOLARO, A.M. Validação de catálogos de cores como indicadores do estágio de maturação e do ponto de colheita de maçã. **Revista Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.23, n.3, p.71-77, 2010a.
- ARGENTA, L.C.; MATTHEIS, J.P.; FAN, X. Interactive effects of ca storage, 1-methylcyclopropene and methyl jasmonate on quality of apple fruit. In: INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, East Lasing , 2010. **Proceedings...** East Lasing, v.1, p.259-265, 2010b.
- ARGENTA, L.C.; FAN, X.; MATTHEIS, J.P. Responses of ‘Golden Delicious’ apples to 1-MCP applied in air or water. **HortScience**, Saint Joseph, v.42, n.7, p.1651–1655, 2007.
- ARGENTA, L.C. Fisiologia pós-colheita: maturação, colheita e armazenagem dos frutos. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**, 2 ed. Florianópolis: Epagri, 2006, v.1, p.691-725.
- ARGENTA, L.C.; FAN, X.; MATTHEIS, J. Factors affecting efficacy of 1-MCP to maintain quality of apples fruit after storage. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.682, p.1249-1255, 2005.
- ARGENTA, L.C.; FAN, X.; MATTHEIS, J. Responses of ‘Fuji’ apples to short and long duration exposure to high CO<sub>2</sub>. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.24, n.1, p.13-24, 2002.
- ARGENTA, L.C.; BENDER, R.J.; KREUZ, C.L.; MONDARDO, M. Padrões de maturação e índices de colheita de maçãs cvs. Gala, Golden Delicious e Fuji. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.10, p.1259-1266, 1995.
- ARGENTA, L.C.; MONDARDO, M. Maturação na colheita e qualidade de maçãs 'Gala' após a armazenagem. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, São Carlos, v.6, n.2, p.135-140, 1994.
- ARGENTA, L.C. Concentração de etileno interno e maturação de maçãs cvs. Gala, Golden Delicious e Fuji. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.15, n.1, p.125-132, 1993.
- AWAD, M.A.; de JAGER, A. Formation of flavonoids, especially anthocyanin and chlorogenic acid in ‘Jonagold’ apple skin: influences of growth regulators and fruit maturity. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.93, n.3-4, p.257-266, 2002.

- BALDWIN, E.A. Fruit flavor, volatiles metabolism and consumer perceptions. In: **Fruit Quality and its Biological Basis**. KNEE, M. ed. Sheffield: Academic Press, 2002. p.90-106.
- BARDEN, J.A.; MARINI, M.E. Maturity and quality of 'Delicious' apples as influenced by rootstock. **Journal American Society of Horticultural Science**, Alexandria, v.117, n.4, p.547-550, 1992.
- BLANKENSHIP, S.M.; DOLE, J.M. 1-Methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.28, p.1-25, 2003.
- BRACKMANN, A.; WEBER, A.; SESTARI, I.; PETERLE, M.E.; BOTH, V.; PAVANELLO, E.P.; PINTO, J.A.V. Manejo do etileno e sua relação com a maturação de maçãs 'Gala' armazenadas em atmosfera controlada. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.2, p.519-525, 2009.
- BRACKMANN, A.; WEBER, A.; PINTO, J.A.V.; NEUWALD, D.A.; STEFFENS, C.A. Manutenção da qualidade pós-colheita de maçãs 'Royal Gala' e 'Galaxy' sob armazenamento em atmosfera controlada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.9, p.2478-2484, 2008.
- BRACKMANN, A.; STEFFENS, C.A.; SESTARI, I.; NEUWALD, D.A.; GIEHL, R.F.H. Armazenamento em atmosfera modificada e controlada de banana 'Prata' com absorção de etileno. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.30, n.5, p.914-919, 2006.
- BRACKMANN, A.; PINTO, J.A.V.; NEUWALD, D.A.; GIEHL, R.F.H.; SESTARI, I. Temperatura e otimização da atmosfera controlada para o Armazenamento de maçã 'Gala'. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.11, n.4, p.505-508, 2005a.
- BRACKMANN, A.; FREITAS, S.T. Efeito do 1-MCP (1-metilciclopropeno) na qualidade pós-colheita de maçãs cultivar Gala em diferentes estádios de maturação. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v.12, n.1, p.44-52. 2005b.
- BRACKMANN, A.; STEFFENS, C.A.; GIEHL, R.F.H. Maturação da maçã 'Fuji' em função do atraso na colheita e da aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.3, p.737-742, 2004.
- BRACKMANN, A.; STEFFENS, C.A.; WACLAWOVSKY, A.J. Influência da época de colheita e do armazenamento em atmosfera controlada na qualidade da maçã 'Braeburn'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.3, p.295-301, 2002.
- BRACKMANN, A.; BENEDETTI, M.; STEFFENS, C.A.; MELLO, A.M. de. Efeito da temperatura e condições de atmosfera controlada na armazenagem de maçãs 'Fuji' com incidência de pingo de mel. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.8 n.1, p.37-42, 2002.
- BURG, S.P.; BURG, E.A. Molecular requirements for the biological activity of ethylene. **Plant Physiology**, Lancaster, v.42, n.1, p.144-152, 1967.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regulamento técnico de identidade e qualidade da maçã**. Brasília, 2006. 9p. (Instrução Normativa, 5).

CASALS, M.; BONANY, J.; CARBO, J.; ALEGRE, S.; IGLESIAS, I.; MOLINA, D.; CASERO, T.; RECASENS, I. Establishment of a criterion to determine the optimal harvest date of 'Gala' apples based on consumer preferences. **Journal of Fruit and Ornamental Plant Research**, Skierniewice, v.14, n.1, p.53-63, 2006.

CLARIFYING new 'Red Delicious' inspections. Washington: Good Fruit Grower, 1999, p.41.

DE CASTRO, E.; BIASI, W.; MITCHAM, E.J. Quality of 'Pink Lady' apples in relation to maturity at harvests, prestorage treatments, and controlled atmosphere during storage. **Horticultural Science**, Alexandria, v.42, n.3, p.605-610, 2007.

DeELL, J.R.; MURR, D.P.; MULLER, R.; WILEY, L.; PORTEOUS, M.D. Influence of 1-methylcyclopropene (1-MCP), diphenylamine (DPA), and CO<sub>2</sub> concentration during storage on 'Empire' apple quality. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.38, n.1, p.1-8, 2005.

DeELL, J.R.; MURR, D.P.; WILEY, L.; PORTEOUS, M.D. 1- Methylcyclopropene (1-MCP) increases CO<sub>2</sub> injury in apples. **Acta Horticulturae**, Wellington, v.1, n.600, p.277-280, 2003.

DeLONG, J.M.; PRANGE, R.K.; HARRISON, P.A. The influence of 1-methylcyclopropene on 'Cortland' and 'McIntosh' apple quality following long-term storage. **HortScience**, Saint Joseph, v.39, n.1, p.1062-1065, 2004.

DENARDI, F. Porta-enxertos. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**, 2 ed. Florianópolis: Epagri, 2006, v.1, p.169-227.

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

ELGAR, H.J.; BURMEISTER, D.M.; WATKINS, C.B. Storage and handling effects on a CO<sub>2</sub>-related internal browning disorder of 'Braeburn' apple. **HortScience**, Saint Joseph, v.33, n.1, p.719-722, 1998.

FELLMAN, J.K.; RUDELL, D.R.; MATTINSON, D.S.; MATTHEIS, J.P. Relationship of harvest maturity to flavor regeneration after CA storage of 'Delicious' apples. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.27, n.1, p.39-51, 2003.

FIORAVANÇO, J.C.; DENARDI, F.; CZERMAINSKI, A.B.C.; KVITSCHAL, M.V. **Avaliação da cultivar de macieira Daiane em Vacaria, RS**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2011, 8p. (Comunicado Técnico 109).

GORNY, J.R.; KADER, A.A. Controlled-atmosphere suppression of ACC synthase and ACC oxidase in 'Golden Delicious' apples during long-term cold storage. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.121, n.1, p.751-755, 1996.

HARKER, F.R.; KUPFERMAN, E.M.; MARIN, A.B.; GUNSON, F.A.; TRIGGS, C.M. Eating quality standards for apples based on consumer preferences. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.50, n.1, p.70-78, 2008.

HARKER, R.F.; GUNSON, F.A.; JAEGER, S.R. The case for fruit quality: an interpretive review of consumer attitudes, and preferences for apples. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.28, n.1, p.333-347, 2003.

HARKER, F.R.; MAINDONALD, J.; MURRAY, S.H.; GUNSON, F.A.; HALLETT, I.C.; WALKER, S.B. Sensory interpretation of instrumental measurements 1: texture of apple fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.24, n.1, p.225-239, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sistema de recuperação automática (SIDRA)**. 2011. Disponível em:

[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa\\_201102.pd](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201102.pd).

Acesso em: 16 fev. 2012.

JACOMINO, A.P.; KLUGE, R.A.; BRACKMANN, A.; CASTRO, P.R.C. Amadurecimento e senescencia de mamão com 1- metilciclopropeno. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.59, n.2, p.303-308, 2002.

JUNG, S.-K.; WATKINS, C.B. Superficial scald control after delayed treatment of apple fruit with diphenylamine (DPA) and 1-methylcyclopropene (1-MCP). **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.50, n.1, p.45-52, 2008.

KADER, C.B. Fruit in the global market. In: KNEE, M. **Fruit Quality and its Biological Basis**. 1 ed. Sheffield: Academic Press, 2002. p.1-16.

KAYS, S.J.; PAULL, R. **Postharvest Biology**. Exon Press, Athens, p.568, 2004.

KENDE, H. Ethylene biosynthesis. **Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology**, Palo Alto, v.44, p.283- 307, 1993.

KUPFERMAN, E. Controlled atmosphere storage of apples and pears. **Acta Horticulture**, Wellington, n.600, p.729-735, 2003.

LARSEN, F.E.; FRITTS, R.; OLSEN, K.L. Rootstock influence on 'Delicious' and 'Golden Delicious' apple fruit quality at harvest and after storage. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.26, n.1, p.339-349, 1985.

LITTLE, C.R.; HOLMES, R.J. Harvest Maturity. In: LITTLE, C.R., HOLMES, R.J. **Storage technology for apples and pears**. 1 ed. Knoxfield: Department of Natural Resources and Environment, Institute for Horticultural Development Agriculture Victoria, Highway Press

LORD, W.J.; GREENE, D.W.; DAMON, A.R.; BAKER, J.H. Effects of stempiece and rootstock combinations on growth, leaf mineral concentrations, yield, and fruit quality of 'Empire' apple trees. **Journal American Society of Horticultural Science**, Alexandria, v.110, n.1, p.422-425, 1985.

MATTHEIS, J.P.; FAN, X.; ARGENTA, L.C. Interactive responses of 'Gala' apple fruit volatile production to controlled atmosphere storage and chemical inhibition of ethylene action. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.1, n.53, p.4510-4516, 2005.

- PLOTTO, A.; AZARENKO, N.; MATTHEIS, J.P.; McDANIEL, M. 'Gala', 'Braeburn' and 'Fuji' apples: maturity indices and quality after storage. **Fruit Varieties Journal**, University Park, v.49, n.3, p.133-142, 1995.
- PEDRESCHI, R.; HERTOOG, M.; ROBBEN, J.; NOBEN, J.-P.; NICOLAI, B. Physiological implications of controlled atmosphere storage of 'Conference' pears (*Pyrus communis* L.): a proteomic approach. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.50, n.1, p.110-116, 2008.
- PETRI, J.L.; HAWERROTH, F.J.; LEITE, G.B.; COUTO, M. Concentração e época de aplicação de aminoetoxivinilglicina (AVG) na maturação de macieiras 'Fuji Suprema'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, n.2, p.335-344, 2011.
- PRE-AYMARD C.; WEKSLER, A.; LURIE, S. Responses of 'Anna', a rapidly ripening summer apple, to 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.27, n.1, p.163-170, 2003.
- REID, M.S.; RODES, M.J.C.; HULME, A.C. Changes in ethylene and CO<sub>2</sub> during ripening of apples. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Davis, v.24, n.1, p.971-979, 1973.
- RHODES, M.J.C. The climateric and ripening of fruits. In: HULME, A.C. **The Biochemistry of fruit and their products**, 1ed. London: Academic Press, 1970. p.521-533.
- SAFTNER, R.A.; ABBOTT, J.A.; CONWAY, W.S.; BARDEN, C.L. Effects of 1-methylcyclopropene and heat treatments on ripening and postharvest decay in 'Golden Delicious' apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, n.128, n.1, p.120-127, 2003.
- SAQUET, A.; BRACKMANN, A., STORCK, L. Armazenamento de maçã 'Gala' sob diferentes temperaturas e concentrações de oxigênio e gás carbônico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.27, n.3, p.399-405, 1997.
- SAS INSTITUTE. **Getting started with the SAS learning edition**. Cary, 2002. 200p.
- STEFFENS, C.A.; GUARIENTI, A.J.W.; STORCK, L.; BRACKMANN, A. Maturação da maçã 'Gala' com a aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina e ethephon. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.2, p.434-440, 2006.
- STEFFENS, C.A.; GIEHL, R.F.H.; BRACKMANN, A. Maçã 'Gala' armazenada em atmosfera controlada e tratada com aminoetoxivinilglicina e ethephon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.9, p.837-843, 2005.
- Volz, R. K.; Biasi, W. V.; Grant, J. A. et al. Prediction of controlled atmosphere- induced flesh browning in 'Fuji' apple. **Postharvest Biology and Tehnology**, v. 13, n. 7, p. 1231-1234, 1998.
- WATKINS, C.B.; JAMES, H.; NOCK, J.F.R.; OAKES, R.L. Preharvest application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) to control fruit drop of apples, and its effects on postharvest quality. **Acta Horticulturae**, Wellington, n.877, v.1, p.365-374, 2010.

WATKINS, C.B. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. **Biotechnology Advances Research**, New York, v.24, n.1, p.389-409, 2006.

WATKINS, C.B.; NOCK, J.F. Effects of delays between harvest and 1- methylcyclopropene (1-MCP) treatment, and temperature of treatment, on ripening of air - and controlled atmosphere-stored apples. **HortScience**, Saint Joseph, v.40, n.1, p.2096–2101, 2005.

WATKINS, C.B.; NOCK, J.F. SmartFresh™ (1-MCP) the good and bad as we head into the 2004 season. **New York Fruit Quarterly**, New York, v.12, n.1, p.3-8, 2004.

WATKINS, C.B. Principal and practices of postharvest handling and stress. In: FERREE, D.C.; WARRINGTON, I.J. **Apples: botany, production and uses**, 1ed. Wallingford: CABI Publishing, 2003. p.585-614.

YUAN, R.; CARBAUGH, D.H. Effects of ANA, AVG, and 1-MCP on ethylene biosynthesis, preharvest fruit drop, fruit maturity and quality 'Golden Delicious' apples. **HortScience**, Saint Joseph, v.42, n.1, p.101-105, 2007.