

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

THAIS ROSELI CORRÊA

**QUALIDADE E OCORRÊNCIA DE DEGENERESCÊNCIA DE POLPA
EM MAÇÃS ‘FUJI’ ARMAZENADAS EM ATMOSFERA
CONTROLADA EM FUNÇÃO DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DO
POMAR, PORTA-ENXERTO E DA COMPOSIÇÃO MINERAL DOS
FRUTOS**

LAGES-SC

2010

THAIS ROSELI CORRÊA

**QUALIDADE E OCORRÊNCIA DE DEGENERESCÊNCIA DE POLPA
EM MAÇÃS ‘FUJI’ ARMAZENADAS EM ATMOSFERA
CONTROLADA EM FUNÇÃO DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DO
POMAR, PORTA-ENXERTO E DA COMPOSIÇÃO MINERAL DOS
FRUTOS**

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.

Orientador: Prof. Dr. Cristiano André Steffens
Co-orientadores: Prof. PhD. Cassandro Vidal
Talamini do Amarante
Prof. Dr. Auri Brackmann

LAGES – SC

2010

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

Corrêa, Thais Roseli.

Qualidade e ocorrência de degenerescência de polpa em
maçãs 'Fuji' armazenadas em atmosfera controlada em
função das condições climáticas do pomar, porta-enxerto e
da composição mineral dos frutos. – Thais Roseli Corrêa,
2010.
70 p.

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

1.Maçã. 2.Degenerescência de polpa. 3.Condições climáticas
4. Porta enxerto. 5.Nutrição mineral. I. Título.

CDD – 634.11

THAIS ROSELI CORRÊA

**QUALIDADE E OCORRÊNCIA DE DEGENERESCÊNCIA DE POLPA
EM MAÇÃS 'FUJI' ARMAZENADAS EM ATMOSFERA
CONTROLADA EM FUNÇÃO DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DO
POMAR, PORTA-ENXERTO E DA COMPOSIÇÃO MINERAL DOS
FRUTOS**

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.

Aprovado em:
Pela Banca Examinadora:

Homologada em:
Por:

Dr. Cristiano André Steffens
Orientador - CAV/UEDESC

Dr. Léo Rufatto
Coordenador Técnico do Mestrado em
Produção Vegetal

Dr. Auri Brackmann
Professor – UFSM

Dr. Luciano Colpo Gatiboni
Coordenador do Programa de Pós-
graduação em Ciências Agrárias

PhD. Cassandro Vidal Talamini do
Amarante
Professor -CAV/UEDESC

Dr. Cleimon Eduardo do Amaral Dias
Diretor Geral do Centro de Ciências
Agroveterinárias

Lages-SC, 14 de dezembro de 2010

DEDICATÓRIA

À minha irmã Rejane Corrêa (*In Memoriam*),
hoje sua lembrança realimenta o amor que me
tornou uma pessoa capaz de chegar até aqui. A
minha amada mãe, irmãos e sobrinhos, com
muita compreensão e amor me proporcionaram
mais este momento importante.

AGRADECIMENTOS

A Deus que atendeu minhas preces todas as noite quando pedia força e sabedoria para concretizar meus objetivos.

Ao meu orientador Cristiano André Steffens, pessoa exemplar, sempre com sua humildade, paciência, amizade e profissionalismo, obrigado por acreditar em mim e depositar sua confiança quando ainda me conhecia tão pouco, enfim, obrigada por todos os ensinamentos proporcionados.

Ao Professor Cassandro Vidal Talamini do Amarante, que sempre se mostrou disposto a me ensinar e contribuir em todos os trabalhos, com muita dedicação e sabedoria.

Ao Professor Auri Brackmann, por sempre nos apoiar nos trabalhos e também a toda a sua equipe que me recebeu em Santa Maria, em especial ao colega Vanderlei Both.

A toda a equipe do Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita do CAV, meus amigos mestrados: Aquidauana, Mayara, João Paulo, Patrícia, Bruno e Carmem Lídia, aos bolsistas Hélio, Mariuccia, Tiago, Aline, Oscar, Ana Luiza e Fran, que não mediram esforços nos experimentos, sempre com dedicação e muita alegria, obrigada por todos os nossos bons momentos, no laboratório, no campo, nos corredores, na cantina e nas nossas comemorações, vocês foram durante todo esse tempo a minha família em Lages.

A todos os meus amigos que conheci durante o mestrado, que me proporcionaram muitos momentos bons, me apoiaram e me deram muitas alegrias.

A minha família, minhas irmãs, minha mãe, avó e tias, que mesmo tão distante sempre me colocaram em suas orações, me ajudaram a superar os dias de saudade, os onze meses sem vê-los em cada ano, estes foram difíceis, mas foram superados graças ao nosso amor, obrigada por me fazerem substituir a tristeza pela alegria, as incertezas pela segurança, a ver o lado positivo de tudo e todos e por se alegrarem sempre com minhas conquistas.

A Universidade do Estado de Santa Catarina pela oportunidade de realização do curso de mestrado em Produção Vegetal.

Ao CNPq pela concessão da bolsa e apoio financeiro ao projeto.

As empresas que nos forneceram os frutos para os experimentos e os dados climáticos.

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

RESUMO

CORRÊA, Thais Roseli. **QUALIDADE E OCORRÊNCIA DE DEGENERESCÊNCIA DE POLPA EM MAÇÃS ‘FUJI’ ARMAZENADAS EM ATMOSFERA CONTROLADA EM FUNÇÃO DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DO POMAR, PORTA-ENXERTO E DA COMPOSIÇÃO MINERAL DOS FRUTOS**. 2010. 70 f. Mestrado (Dissertação em Produção Vegetal – Área: Biologia e Tecnologia Pós-Colheita) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Lages, 2010.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de condições climáticas do pomar durante a fase de desenvolvimento dos frutos, do porta-enxerto e dos nutrientes cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K) e suas relações sobre a ocorrência da degenerescência de polpa em maçãs ‘Fuji’, relacionada à sensibilidade ao CO₂ durante o armazenamento em atmosfera controlada (AC). Foram realizados três experimentos independentes. O primeiro experimento teve como objetivo identificar os níveis críticos dos fatores climáticos a partir dos quais ocorre a predisposição dos frutos à degenerescência de polpa, associada à sensibilidade ao CO₂ e também avaliar diferentes condições de AC sobre a qualidade de maçãs ‘Fuji’. Foram utilizados frutos de três municípios caracterizados por condições climáticas distintas: Lages, São Joaquim – SC e Vacaria – RS, sendo que os frutos foram armazenados por oito meses em duas condições de AC (1,2 kPa O₂ + <0,5 kPa CO₂ e 1,2 kPa O₂ + 2,0 kPa CO₂). O segundo experimento teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes porta-enxertos sobre a qualidade, composição mineral e degenerescência de polpa em maçãs ‘Fuji’ armazenadas em duas condições de AC. Foram utilizados frutos de três porta-enxertos (MM-106, Marubakaido e Marubakaido com filtro M-9) provenientes de pomares comerciais do município de São Joaquim – SC, sendo armazenados por oito meses em duas condições de AC (1,2 kPa O₂ + <0,5 kPa CO₂ e 1,2 kPa O₂ + 2,0 kPa CO₂). O terceiro experimento teve como objetivo identificar qual o atributo nutricional que melhor discrimina as diferenças quanto ao grau de suscetibilidade a degenerescência de polpa em maçãs ‘Fuji’ armazenadas em AC. Foram utilizados frutos de três pomares do município de Vacaria – RS, dois pomares do município de Fraiburgo-SC e três pomares do município de São Joaquim-SC. A condição de armazenamento em AC com 1,2 kPa de O₂ + 2,0 kPa de CO₂ retarda o amadurecimento de maçãs ‘Fuji’, porém aumenta a ocorrência de degenerescência de polpa. Temperaturas médias

no pomar mais baixas durante o desenvolvimento dos frutos aumentam a suscetibilidade de maçãs 'Fuji' a este distúrbio fisiológico durante o armazenamento em AC. Em frutos de plantas com porta-enxerto Marubakaido e Marubakaido com filtro-M9 a incidência de degenerescência de polpa foi mais elevada do que frutos de plantas com porta-enxerto MM-106, quando estes foram armazenados na condição de 2 kPa de CO₂. O porta-enxerto MM-106 propiciou maiores teores de Ca, menores teores de K e menores relações K/Ca nos frutos. Frutos com degenerescência de polpa apresentam menores teores de Ca quando comparados aos frutos sem degenerescência de polpa. Os teores de Mg e K não possuem clara relação com este distúrbio.

Palavras-chave: *Malus domestica*. Armazenamento. Distúrbios fisiológicos. Pré-colheita. Pós-colheita. Nutrição mineral.

ABSTRACT

CORRÊA, Thais Roseli. **QUALITY AND INTERNAL BREAKDOWN INCIDENCE IN 'FUJI' APPLE STORED IN CONTROLLED ATMOSPHERE AND RELATION TO CLIMATIC CONDITIONS OF THE ORCHARD, ROOTSTOCK AND MINERAL COMPOSITION OF FRUITS.** 2010. 70 f. Mestrado (Dissertação em Produção Vegetal – Área: Biologia e Tecnologia Pós-Colheita) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2010.

The aim of this study was to evaluate the effects of climatic conditions of the orchard during fruit development, rootstock and of fruit contents of calcium (Ca), magnesium (Mg) and potassium (K) on the internal breakdown in 'Fuji' apples related to the CO₂ sensitivity during storage in controlled atmosphere (CA). Three independent experiments were carried out. The first experiment aimed to identify critical levels of climatic conditions from which there is the predisposition of the internal breakdown associated with sensitivity to CO₂, and also to evaluate different CA conditions on quality of 'Fuji' apples. Fruits were harvested at three locations characterized by different climatic conditions: Lages and São Joaquim in Santa Catarina (SC), and Vacaria in Rio Grande do Sul (RS). Fruits were stored for eight months in two CA conditions (1.2 kPa O₂ + <0.5 kPa CO₂ and 1.2 kPa O₂ + 2.0 kPa CO₂). The second experiment aimed to evaluate the effect of different rootstocks on quality, mineral composition and internal breakdown in 'Fuji' apples stored in two CA conditions. Fruits from three rootstocks (MM-106, Marubakaido and Marubakaido with filter of M-9) were harvested from commercial orchards in São Joaquim, SC, being stored for eight months in two CA conditions: 1.2 kPa O₂ + <0.5 kPa CO₂ and 1.2 kPa O₂ + 2.0 kPa CO₂. The third experiment aimed to identify the nutritional attribute that best discriminates the differences in the degree of susceptibility to internal breakdown in 'Fuji' apples stored in CA. Fruit were harvested from three orchards of Vacaria (RS), two orchards of Fraiburgo (SC), and three orchards of São Joaquim (SC). The condition of CA storage with 1.2 kPa O₂ + 2.0 kPa CO₂ delays ripening and increases the occurrence of internal breakdown of 'Fuji' apples. Lower average temperatures during fruit development increases the susceptibility of 'Fuji' apples to this physiological disorder during CA storage. Fruits from plants with Marubakaido and Marubakaido with filter of M-9 rootstocks show higher internal breakdown incidence than fruits from plants with MM-106 rootstock were stored with 2 kPa CO₂. Fruits from MM-106

rootstock had higher Ca content, lower K content and lower K/Ca ratio. Fruits with internal breakdown have lower levels of Ca when compared to fruit without internal breakdown. The Mg and K have no clear relationship with this disorder.

Key-words: *Malus domestica*. Storage. Physiological disorders. Preharvest. Postharvest. Mineral nutrition.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Taxas respiratórias e de produção de etileno em maçãs ‘Fuji’, após oito meses de armazenamento em duas condições de atmosfera controlada, mais sete dias de exposição dos frutos a condições ambiente, em dois anos agrícolas e em diferentes regiões..... 28
- Tabela 2 - Firmeza de polpa, acidez titulável, sólidos solúveis e cor da epiderme em maçãs ‘Fuji’, após oito meses de armazenamento em duas condições de atmosfera controlada, mais sete dias de exposição dos frutos a condições ambiente, em dois anos agrícolas e em diferentes regiões..... 30
- Tabela 3 - Ocorrência de podridões e degenerescência de polpa em maçãs ‘Fuji’ após oito meses de armazenamento em duas condições de atmosfera controlada mais sete dias de exposição dos frutos a condições ambiente, em dois anos agrícolas e em diferentes regiões..... 32
- Tabela 4 - Coeficientes de correlação (r) entre as temperaturas mínimas, máximas e médias registradas durante diferentes fases de desenvolvimento dos frutos, nos anos agrícolas de 2006/2007 e 2007/2008, e a incidência de degenerescência da polpa em maçãs ‘Fuji’, colhidas em diferentes pomares e armazenadas em duas condições de atmosfera controlada (1,2kPa O₂ + <0,5kPa CO₂ e 1,2kPa O₂ + 2,0kPa CO₂)..... 34
- Tabela 5 - Taxa de produção de etileno (saída de câmara e após sete dias de exposição a condição ambiente), cor da epiderme e força para penetração da polpa de maçãs ‘Fuji’ de diferentes porta-enxertos e armazenadas por oito meses em atmosfera controlada e mais sete dias de exposição a condições ambiente..... 42
- Tabela 6 - Acidez titulável, sólidos solúveis, incidência e severidade de degenerescência da polpa de maçãs ‘Fuji’ de diferentes porta-enxertos e armazenadas por oito meses em atmosfera controlada e mais sete dias de exposição a condições ambiente..... 44
- Tabela 7 - Atributos minerais (mg kg⁻¹) e relações nutricionais na polpa dos frutos de maçãs ‘Fuji’ provenientes de diferentes porta-enxertos e armazenadas em duas condições de AC durante oito meses e mantidas por sete dias em condições ambiente..... 45

Tabela 8 - Atributos minerais (mg kg^{-1}) e relações nutricionais na polpa dos frutos de maçãs 'Fuji' sem e com degenerescência de polpa polpa armazenadas em duas condições de AC ($1,2 \text{ kPa O}_2 + <0,5 \text{ kPa CO}_2$ e $1,2 \text{ kPa O}_2 + 2,0 \text{ kPa CO}_2$)..... 55

Tabela 9 - Coeficientes canônicos padronizados (CCP), coeficiente de correlação (r) e coeficientes da taxa de discriminação paralela (TDP) para a função canônica discriminante 1, referente aos atributos minerais (mg kg^{-1}) em maçãs 'Fuji' com e sem degenerescência de polpa armazenadas em duas condições de AC ($1,2 \text{ kPa O}_2 + <0,5 \text{ kPa CO}_2$ e $1,2 \text{ kPa O}_2 + 2,0 \text{ kPa CO}_2$)..... 57

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Coeficientes canônicos padronizados das funções canônicas discriminantes 1 e 2, em maçãs ‘Fuji’ sem e com degenerescência de polpa, considerando os teores de cálcio avaliados na polpa..... 56
- Figura 2 - Teores de cálcio em maçãs ‘Fuji’ armazenadas em AC, provenientes de pomares dos municípios de Fraiburgo, Vacaria e São Joaquim e sua relação com quatro níveis de severidade de degenerescência de polpa..... 59

LISTA DE ABREVIACOES

°Brix - Graus Brix

°C - Graus Celsius

AC - Atmosfera controlada

AT - Acidez titulável

Ca - Cálcio

CCP - Coeficiente canônico padronizado

CCR - Centro de Ciências Rurais

CV - Coeficiente de variação

CO₂ - Dióxido de carbono

DAC - Dias antes da colheita

DAPF - Dias após a plena floração

g - Grama

h - Hora

h° - Ângulo hue

ICV - Índice de cor vermelha

K - Potássio

Kg - Quilograma

kPa - Quilo Pascal

L - Litro

LFTPC - Laboratório de Fisiologia e Tecnologia de Pós-Colheita

M - Molar

Meq - miliequivalente

Mg - Magnésio

mL - mililitro

mm - Milímetro

m³ - Metro cúbico

N - Newton (unidade de firmeza de polpa)

N - Normal (concentração de solução química)

N₂ - Nitrogênio

Nmol - nanomol

nL - nanolitro

NaOH - Hidróxido de sódio

NPP- Núcleo de Pesquisa e Pós-Colheita

O₂ - Oxigênio

pH - Potencial de hidrogênio

pmol - picomol

r - Coeficiente de correlação

SS - Sólidos solúveis

TDP - Taxa de discriminação paralela

UR - Umidade relativa

UFMS - Universidade Federal de Santa Maria

μL - microlitro

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	18
1 QUALIDADE DE MAÇÃS ‘FUJI’ ARMAZENADAS EM ATMOSFERA CONTROLADA E A INFLUÊNCIA DO CLIMA NA DEGENERESCÊNCIA DE POLPA.....	22
1.1 RESUMO.....	22
1.2 ABSTRACT.....	22
1.3 INTRODUÇÃO.....	23
1.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	24
1.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
1.6 CONCLUSÃO.....	35
2 PORTA-ENXERTO INFLUENCIA NA QUALIDADE, COMPOSIÇÃO MINERAL E DEGENERESCÊNCIA DE POLPA DE MAÇÃS ‘FUJI’ ARMAZENADAS EM ATMOSFERA CONTROLADA.....	36
2.1 RESUMO.....	36
2.2 ABSTRACT.....	36
1.3 INTRODUÇÃO.....	37
2.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	38
2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
2.6 CONCLUSÃO.....	45
3 RELAÇÃO DA DEGENERESCÊNCIA DE POLPA EM MAÇÃS ‘FUJI’ COM A COMPOSIÇÃO MINERAL DO FRUTO.....	47

3.1 RESUMO.....	47
3.2 ABSTRACT.....	47
3.3 INTRODUÇÃO.....	48
3.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	49
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
3.6 CONCLUSÃO.....	60
4 CONCLUSÕES GERAIS.....	61
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63

INTRODUÇÃO

A maçã 'Fuji', atualmente, é uma das mais importantes cultivares de maçãs exploradas comercialmente no Brasil, participando com uma produção superior a 45% do total produzido. O expressivo incremento na produção dessa cultivar, nos últimos anos, deve-se basicamente a sua excelente aceitação por parte dos consumidores (Hunsche, 2001). Em função do grande volume produzido, parte da produção deve ser armazenada para regular a oferta do produto durante quase todo o período de entressafra.

O armazenamento de maçãs 'Fuji' em atmosfera controlada traz inúmeros benefícios, porém, um dos maiores problemas verificados são a redução acentuada do conteúdo de ácidos, a ocorrência de podridões e o desenvolvimento de degenerescência da polpa (Brackmann et al., 2002a). Este distúrbio fisiológico normalmente está associado a altas pressões parciais de CO₂ ou baixas pressões parciais de O₂ no armazenamento (Bortoluzzi, 1997).

Os frutos afetados pelo alto CO₂ normalmente apresentam um aspecto externo normal e somente ao serem cortados ao meio é que as regiões escurecidas da polpa serão visualizadas, as quais podem estar distribuídas ao acaso ou podem formar uma zona escurecida entre o carpelo e a epiderme. Inicialmente, o tecido afetado é firme e úmido, mas, após algumas semanas de armazenamento, ele torna-se seco e esponjoso, formando pequenas cavidades na polpa, decorrentes da morte de células por desidratação (Argenta et al., 1994; Brackmann & Saquet, 1995). Saquet et al. (2000) e Saquet et al. (2003) afirmam que, em condições de armazenamento que induzem ao escurecimento da polpa de maçãs e peras, a ocorrência deste distúrbio fisiológico pode ser decorrente da redução no metabolismo energético e no conteúdo de fosfolipídios, com consequente descompartimentalização das estruturas intracelulares (Veltman et al., 2003).

Diversos trabalhos recomendam como condição ideal ao armazenamento de maçãs 'Fuji' pressões parciais de O₂ de 1,0 a 1,2kPa e de CO₂ abaixo de 0,5kPa (Bortoluzzi, 1997; Brackmann et al., 2001; Brackmann et al., 2002). No entanto, no armazenamento de frutos nestas condições por períodos prolongados (oito meses) pode ocorrer acentuada redução da acidez, prejudicando a aceitação dos frutos devido à perda de sabor, e perdas quantitativas devido à elevada incidência de podridões (Kluch et al., 2001; Steffens & Brackmann, 2007). Steffens & Brackmann (2007) afirmam que a maçã 'Fuji' não apresenta sensibilidade ao alto CO₂ durante o armazenamento em todos os anos. Estes autores verificaram que o armazenamento desta cultivar com 2kPa de CO₂ combinado com 1kPa de O₂ não induziu o

desenvolvimento de degenerescência da polpa nos frutos e ainda proporcionou maior firmeza de polpa, maior acidez titulável, cor da epiderme mais verde e menor ocorrência de podridões do que os frutos armazenados em 1kPa de O₂ sem a presença de CO₂. Isto demonstra que fatores pré-colheita interferem na predisposição dos frutos à ocorrência de degenerescência da polpa em função da sua sensibilidade ao CO₂ durante o armazenamento em atmosfera controlada.

Segundo Ferguson et al. (1999) e Harker et al. (1999), a temperatura durante o crescimento e maturação dos frutos pode exercer forte influência sobre o desenvolvimento de degenerescência da polpa. Estes autores ainda citam que a radiação solar, a umidade relativa e a precipitação pluviométrica também podem interferir em uma maior ou menor ocorrência de distúrbios fisiológicos.

O espaço intercelular na polpa de maçãs normalmente tem pressões parciais mais elevadas de CO₂ que o ar circundante (Bender, 1986). No caso, a degenerescência da polpa, provocada pelo acúmulo de CO₂, pode ser devido à dificuldade de difusão deste gás na polpa do fruto (Watkins et al., 1997), apresentando pressões parciais de CO₂ maiores no interior e menores nas camadas mais próximas à epiderme do fruto. Um aumento das pressões parciais de CO₂ exógeno pode conduzir a um acúmulo ainda maior deste gás na polpa, levando a um aumento na extensão dos danos (Watkins et al., 1997). Ceretta et al. (2002) verificaram que a maçã ‘Fuji’ tem diferente permeabilidade ao CO₂ em função da região climática em que é produzida. Lau (1997) e Kupferman (1997) citam que a elevada incidência de degenerescência da polpa em frutos armazenados em atmosfera controlada pode estar relacionada à baixa difusividade da epiderme aos gases (O₂ e CO₂) devido ao adensamento das células na polpa que prejudicam as trocas gasosas.

Lau (1997) considera que a temperatura do ar durante o desenvolvimento dos frutos pode influenciar no adensamento das células. Parker & Guerra (2008), ao realizar estudos anatômicos em polpas de maçãs ‘Fuji’ oriundas de diferentes países, verificaram a presença de grupos multicelulares semelhantes a “pelos” nos espaços intercelulares, que podem dificultar a difusividade do CO₂ na polpa durante a armazenagem, causando a degenerescência de polpa. Estes autores também verificaram diferenças quanto à abundância e desenvolvimento destes “pelos” entre países de origem dos frutos, sendo maiores em maçãs ‘Fuji’ provenientes do Brasil.

Além das condições climáticas, outros fatores interferem no desenvolvimento pós-colheita da degenerescência da polpa associada à sensibilidade ao CO₂, como é o caso da nutrição mineral (Hunsche, 2001; Cantillano & Girardi, 2004). Os minerais podem influenciar

a estabilidade, funcionalidade e estrutura das células, o que conseqüentemente influencia na ocorrência de desordens fisiológicas (James & Joblin, 2009).

O cálcio é o elemento mais comumente associado à qualidade de frutos e à ocorrência de desordens fisiológicas (Ferguson et al., 1999). Elevados níveis de cálcio no fruto reduzem o desenvolvimento da degenerescência da polpa (Tomala & Dilley, 1990; Johnson, 1991). Também, conteúdos elevados de potássio (Szücs & Kallay, 1999) têm sido negativamente correlacionados com a qualidade dos frutos na colheita e após o armazenamento.

Além do efeito que cada nutriente pode exercer sobre a degenerescência da polpa, a relação entre as concentrações de nutrientes na polpa também pode influenciar a predisposição dos frutos ao desenvolvimento da degenerescência da polpa (Hunsche, 2001). Andziak & Tomala (2004) observaram que frutos com alta relação K/Ca apresentaram elevada incidência de distúrbios fisiológicos no armazenamento. Wills & Scott (1981) também constataram que quanto maior a relação K/Ca nos frutos, maior sua predisposição para desenvolver degenerescência da polpa.

A composição mineral do fruto pode ser influenciada pelo comportamento do porta-enxerto sobre a variedade copa, pois, o mesmo interfere na absorção de água e nutrientes (Schäfer et al., 2001; Rato et al., 2008; Martínez-Ballesta et al., 2010). Os porta-enxertos anões são capazes de direcionar mais nutrientes aos frutos devido a uma menor competição fornecida pela parte vegetativa da planta. Por outro lado, porta-enxertos vigorosos podem influenciar negativamente sobre essa competição por nutrientes (Remorini et al., 2008). Portanto, o porta-enxerto pode exercer uma importante influência na sensibilidade de frutos ao CO₂ no armazenamento, tendo em vista que o mesmo afeta a composição mineral da planta.

A suscetibilidade da maçã 'Fuji' à degenerescência da polpa também pode estar relacionada à incidência de pingo-de-mel no fruto (Fan, 1992; Ferguson et al., 1999; Brackmann et al., 2001; Brackmann et al., 2002; Cantillano & Girardi, 2004). O pingo-de-mel é um distúrbio de pré-colheita muito frequente na maçã 'Fuji', e caracteriza-se por apresentar áreas de aparência translúcidas na polpa, devido à inundação dos espaços intercelulares com suco rico em sorbitol (Bowen & Watkins, 1996). O sorbitol é produzido na folha e translocado para os demais órgãos da macieira (Epagri, 2002), e tende a desaparecer durante o armazenamento quando o dano não é muito severo (Clarck et al., 1996). O preenchimento dos espaços intercelulares pelo sorbitol aumenta o potencial osmótico e promove a retenção de água (Bowen & Watkins, 1997), dificultando assim a difusão do CO₂ da polpa e podendo ocasionar maior incidência de degenerescência, resultante do acúmulo de etanol e acetaldeído.

Estes produtos do metabolismo anaeróbico, em altas concentrações, são tóxicos aos tecidos e causam a degenerescência da polpa, durante o armazenamento. Williams (1966) observou que ocorre uma conversão prematura do amido, em determinadas áreas específicas do fruto, seguindo-se de um aumento da pressão osmótica, que ocasiona o preenchimento dos espaços intercelulares com líquido. Ocorre também incremento da absorção de água e do volume da célula. Assim, as células repletas de água entrariam em contato umas com as outras, dificultando a difusão do CO₂.

No entanto, mesmo quando os frutos apresentam pingo-de-mel na colheita eles podem não apresentar incidência de degenerescência da polpa (Brackmann et al., 2001). Segundo Ferguson et al. (1999), o pingo-de-mel pode desaparecer durante o armazenamento e não induzir o desenvolvimento de degenerescência da polpa. A maçã 'Fuji' também pode tolerar altos níveis de pingo-de-mel sem desenvolver degenerescência da polpa durante o armazenamento (Watkins et al., 1993). A incidência de pingo-de-mel está associada ao estágio de maturação dos frutos, sendo que frutos mais maduros apresentam maior incidência e severidade (Bowen & Watkins, 1997), que podem evoluir para a degenerescência da polpa (Lammertyn et al., 2000). Entretanto, Harker et al. (1999) citam que, na Nova Zelândia, os frutos produzidos em regiões mais frias apresentam maior incidência de pingo-de-mel, além de desenvolver o distúrbio mais precocemente e com maior severidade, independentemente do estágio de maturação, indicando que fatores climáticos estão envolvidos na ocorrência.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito das condições climáticas do pomar durante a fase de desenvolvimento dos frutos, do porta-enxerto e dos nutrientes cálcio, magnésio e potássio e suas relações sobre a ocorrência da degenerescência de polpa em maçãs 'Fuji', relacionada à sensibilidade ao CO₂ durante no armazenamento em atmosfera controlada.

1 QUALIDADE DE MAÇÃS 'FUJI' ARMAZENADAS EM ATMOSFERA CONTROLADA E A INFLUÊNCIA DO CLIMA NA DEGENERESCÊNCIA DE POLPA

1.1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito das condições climáticas durante o desenvolvimento de maçãs 'Fuji', em três pomares (Vacaria-RS, São Joaquim-SC e Lages-SC), sobre a incidência de degenerescência da polpa, bem como de condições de atmosfera controlada (AC) (1,2 kPa O₂ + <0,5 kPa CO₂ e 1,2 kPa O₂ + 2,0 kPa CO₂) sobre a qualidade de frutos. Os frutos foram armazenados por oito meses em AC a -0,5±0,1°C e umidade relativa de 97%. Os pomares foram monitorados diariamente durante o desenvolvimento dos frutos quanto à temperatura mínima, média e máxima, umidade relativa e precipitação. Estas condições climáticas foram submetidas ao teste de correlação de Pearson com a incidência de degenerescência da polpa após o armazenamento em AC. Frutos armazenados em 1,2 kPa de O₂ + 2,0 kPa de CO₂ apresentaram maior acidez titulável, firmeza de polpa e textura e menores taxas respiratória e produção de etileno, mas exibiram alta incidência de degenerescência da polpa quando comparados aos frutos armazenados em 1,2 kPa de O₂ + <0,5 kPa de CO₂. A incidência de degenerescência da polpa teve correlação negativa e significativa com as temperaturas médias diárias ocorridas entre 90 e 210 dias após o pleno florescimento.

Palavras - chave: *Malus domestica*, armazenamento, distúrbios fisiológicos, pós-colheita.

1.2 ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of weather conditions during the development of 'Fuji' apples in three orchards (Vacaria-RS, São Joaquim-SC e Lages-SC), on the incidence of breakdown, as well as conditions Controlled Atmosphere (CA) (1,2 kPa O₂ + <0,5 kPa CO₂ e 1,2 kPa O₂ + 2,0 kPa CO₂) on the quality of fruits. Fruits were stored during eight months in CA conditions at -0.5±0,1°C and 97% relative humidity. The orchards were daily monitored during fruit development in terms of minimum, maximum and medium temperatures, relative humidity, and rainfall. These climatic conditions were submitted to Pearson correlation with the internal browning incidence during CA storage. Fruit stored in 1.2kPa of O₂ + 2.0kPa of CO₂ had higher titratable acidity, flesh firmness and texture, and lower respiration and ethylene production rates, but exhibit a high internal browning

incidence in comparison to fruit stored at 1.2kPa of O₂ + <0.5kPa of CO₂. The internal browning incidence had a highly significant negative correlation with the medium daily temperatures recorded between 90 and 210 days after full bloom.

Key-words: *Malus domestica*, storage, physiological disorders, postharvest.

1.3 INTRODUÇÃO

Para maçãs ‘Fuji’, a condição ideal de armazenamento em atmosfera controlada (AC) envolve pressões parciais de O₂ de 1,0-1,2 kPa, com CO₂ abaixo de 0,5 kPa (Brackmann et al., 2002a). No entanto, o armazenamento prolongado (oito meses) dos frutos nessas condições pode causar acentuada redução da acidez e amarelecimento da epiderme dos frutos, além de perdas quantitativas, devido à elevada incidência de podridões. AC com 2,0 kPa de CO₂ pode proporcionar maior firmeza de polpa e acidez titulável, cor da epiderme mais verde e menor ocorrência de podridões (Brackmann et al., 2002a), porém com maior risco de ocorrer o desenvolvimento de degenerescência da polpa.

A degenerescência de polpa em maçãs ‘Fuji’ é um distúrbio caracterizado pelo escurecimento na região do córtex, que não atinge a região carpelar (Brackmann et al., 2005b, Clark et al., 2003) e está associada a altas pressões parciais de CO₂ ou baixas pressões parciais de O₂ (Brackmann et al., 2002a, Pedreschi et al., 2008). A ocorrência de degenerescência da polpa, associada à sensibilidade dos frutos ao CO₂, pode também estar relacionada à incidência de pingo-de-mel no momento da colheita, sendo que quanto maior for a severidade deste distúrbio, maior será a sensibilidade dos frutos à injúria de CO₂ (Brackmann et al., 2002a). Todavia, a incidência e severidade de degenerescência da polpa podem variar em função do ano e local de produção (Brackmann et al., 2002b).

A temperatura durante o crescimento e maturação dos frutos, o tipo de solo, a nutrição mineral, a idade da planta e manejo do pomar podem exercer forte influência sobre o desenvolvimento de degenerescência da polpa (Ferguson et al., 1999). Lau (1997) cita que a incidência de degenerescência da polpa, em frutos armazenados em AC, pode estar relacionada à baixa difusividade do tecido da polpa aos gases O₂ e CO₂, devido ao adensamento das células que prejudicam as trocas gasosas. Esse autor considera que a temperatura do ar, durante o desenvolvimento dos frutos, pode influenciar no adensamento das células, e que a degenerescência da polpa prevalece em frutos de plantas que se desenvolvem em regiões frias. Segundo Ferguson et al. (1999), além da temperatura durante o

crescimento e maturação dos frutos, a radiação solar, a umidade relativa e a precipitação pluviométrica também podem interferir na ocorrência de distúrbios fisiológicos. Portanto, o conhecimento dos fatores climáticos que influenciam na sensibilidade dos frutos a injúria de CO₂ durante o armazenamento em AC pode permitir a identificação de locais de produção e/ou de anos agrícolas em que as condições climáticas favoreçam o desenvolvimento de degenerescência da polpa.

Este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito das condições climáticas no pomar durante o desenvolvimento dos frutos sobre a incidência de degenerescência da polpa, e de condições de AC sobre a manutenção da qualidade e no retardo do amadurecimento de maçãs 'Fuji'.

1.4 MATERIAL E MÉTODOS

Os dois experimentos foram conduzidos com maçãs da cv. Fuji provenientes de pomares comerciais dos municípios de Lages-SC, São Joaquim-SC, e Vacaria-RS, no ano agrícola 2006/2007 e de pomares de Vacaria e São Joaquim em 2007/2008, caracterizados por condições climáticas distintas. Em ambos os anos, os frutos foram colhidos 210 dias após o pleno florescimento.

Após a colheita, frutos livres de incidência de podridões, lesões, defeitos ou ferimentos foram transportados para o Laboratório do Núcleo de Pesquisa e Pós-Colheita (NPP), da Universidade Federal de Santa Maria, em Santa Maria, RS.

Os tratamentos avaliados foram compostos pela combinação de três regiões de cultivo com duas condições de Atmosfera Controlada (1,2 kPa de O₂+ <0,5 kPa de CO₂ e 1,2 kPa de O₂ + 2,0 kPa de CO₂, a -0,5±0,1°C e umidade relativa de 97%). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, segundo um esquema fatorial completo 2 x 3, no ano 2006/2007, e 2 x 2, em 2007/2008. Cada unidade experimental foi constituída por 25 frutos.

Os frutos de todos os tratamentos foram armazenados em microcâmaras experimentais com capacidade de 250 L. As pressões parciais de O₂ foram obtidas mediante a diluição do O₂ no ambiente de armazenamento com injeção de N₂, proveniente de um gerador de nitrogênio, que utiliza o princípio "Pressure Swing Adsorption" (PSA). A pressão parcial de CO₂ referente ao tratamento com alto CO₂ (2,0 kPa) foi obtida mediante a injeção deste gás, provenientes de cilindro de alta pressão. A manutenção das pressões parciais desejadas dos gases, nas duas condições de armazenamento, que variavam em função da respiração dos frutos, foi realizada diariamente, com o uso de equipamento automático para controle de gases

(Kronenberger/Climasul, Caxias do Sul - RS, Brasil). Quando os níveis do CO₂ e O₂ não estavam adequados, o equipamento procedia a correção das pressões parciais até os níveis preestabelecidos nos tratamentos. O O₂ consumido pela respiração foi repostado por meio da injeção de ar atmosférico nas minicâmaras e o CO₂ em excesso (no tratamento com 2,0 kPa) foi absorvido por uma solução de hidróxido de potássio (40%), através da qual foi circulado o ar do ambiente de armazenamento. No tratamento com baixo CO₂, a pressão parcial <0,5 kPa foi mantida através da colocação de cal hidratada no interior das minicâmaras, para a contínua eliminação do CO₂ no ambiente de armazenamento.

Os frutos foram analisados no momento da colheita, aos oito meses de armazenamento e após sete dias de exposição à temperatura ambiente (20°C), simulando assim o período de comercialização. As características analisadas foram: taxas respiratória e de produção de etileno, teste de iodo-amido, densidade, diâmetro, índice de cor vermelha, cor da epiderme, firmeza de polpa, acidez titulável, sólidos solúveis, incidência e severidade de pingo-de-mel, incidência de podridões, incidência de degenerescência de polpa.

As taxas respiratória (nmol de CO₂ kg⁻¹ s⁻¹) e de produção de etileno (pmol de C₂H₄ kg⁻¹ s⁻¹) foram quantificadas por cromatografia gasosa. Seis a oito frutos de cada amostra foram colocados em recipiente de plástico, com o volume de 4100 mL, que permite fechamento hermético. A taxa respiratória foi obtida pela diferença da concentração de CO₂ no interior do recipiente, imediatamente após o seu fechamento e depois de uma hora. Alíquotas de gás (1 mL) foram retiradas dos recipientes através de um septo e injetadas em um cromatógrafo à gás (Varian®, modelo CP-3800, Palo Alto - CA, EUA) equipado com uma coluna Porapak N® de 3 m de comprimento (80-100 mesh), metanador e detector de ionização de chama. As temperaturas da coluna, do detector, do metanador e do injetor foram de 45°C, 120°C, 300°C e 110°C, respectivamente. Os fluxos de nitrogênio, hidrogênio e ar sintético foram de 70, 30 e 300 mL min⁻¹, respectivamente.

O teste de iodo-amido foi determinado por meio da comparação do escurecimento da metade peduncular dos frutos, tratada com uma solução de iodo, com a da tabela de fotografias em que o índice 1 indica o teor máximo de amido e o índice 5 representa o amido totalmente hidrolisado.

A densidade do fruto foi estimada pela relação entre a massa e o volume dos frutos (obtida com uma balança de precisão, através do deslocamento da coluna de água após a imersão completa do fruto em recipiente contendo 800 mL de água), sendo expressa em g cm⁻³.

O diâmetro dos frutos foi realizado através de duas medições, na secção transversal de cada fruto, com posterior cálculo do diâmetro médio. As medições foram efetuadas com paquímetro e os valores foram expressos em milímetros.

O índice de cor vermelha (ICV) foi determinado avaliando-se a superfície dos frutos recoberta com coloração vermelha, sendo atribuídas notas de 1 a 4 (com 0-25%, 26-50%, 51-75% e 76-100% de superfície do fruto pigmentada de vermelho, para os níveis 1, 2, 3 e 4, respectivamente). O ICV foi calculado pelo somatório dos produtos do número de frutos pela sua respectiva nota, dividido pelo total de frutos da amostra.

A determinação da cor da epiderme (ângulo *hue*) foi efetuada com um colorímetro Minolta, modelo CR 400. As determinações foram realizadas na região equatorial dos frutos, sendo os resultados expressos em ângulo de cor (h°). O h° define a coloração básica, sendo que 0° = vermelho, 90° = amarelo e 180° = verde.

A firmeza de polpa (N) foi determinada na região equatorial dos frutos, em dois lados opostos, após remoção de uma pequena porção da epiderme, com o auxílio de um penetrômetro equipado com ponteira de 11 mm de diâmetro.

Os valores da acidez titulável (AT) ($\text{mEq } 100 \text{ mL}^{-1}$) foram obtidos por meio de uma amostra de 10 mL de suco, extraído em uma centrífuga, de fatias transversais retiradas da região equatorial dos frutos. Esta amostra foi diluída em 90 mL de água destilada e titulada com solução de NaOH 0,1 N até pH 8,1.

Os teores de sólidos solúveis (SS) ($^\circ\text{Brix}$) foram determinados por refratometria, utilizando-se suco extraído para a quantificação de AT, com correção do efeito da temperatura.

A incidência e severidade de pingo-de-mel foram determinadas conforme metodologia descrita por Bowen & Watkins (1997).

A incidência de podridões (%) foi avaliada pela contagem dos frutos afetados, que apresentaram lesões externas maiores do que 5 mm de diâmetro, com características de infecção de patógenos, tecido mole, aquoso e de coloração bege tanto na epiderme como na polpa, apresentando ou não massas brancas e azuis constituídas de micélio e esporos de fungos (Sanhueza & Betti, 2005). A podridão carpelar (%) foi avaliada pela contagem de frutos que apresentavam sintoma interno característicos de infecção de fungos nas sementes e na cavidade carpelar (carpelos), conforme descrito por Kretzschmar et al. (2007).

A incidência de degenerescência da polpa (%) foi avaliada por meio de um corte na secção transversal dos frutos, sendo feita a contagem dos frutos que apresentavam regiões

internas da polpa com qualquer tipo de escurecimento, com aspecto úmido ou seco e esponjoso, com pequenas cavidades na polpa.

Durante a fase de desenvolvimento dos frutos, foram coletados os dados diários de precipitação pluviométrica, umidade relativa e temperaturas mínimas, médias e máximas, nas estações meteorológicas dos pomares.

Os dados obtidos aos oito meses de armazenamento e após sete dias em condição ambiente foram submetidos à análise da variância (ANOVA). Dados em percentagem foram transformados pela fórmula arco-seno $[(x+0,5)/100]^{0,5}$ antes de serem submetidos à ANOVA. Para a comparação das médias, adotou-se o teste de Tukey ($p < 0,05$). As médias das variáveis analisadas na colheita, após o armazenamento e os dados climáticos coletados durante o ciclo de desenvolvimento dos frutos, foram analisados conjuntamente para as duas safras, sendo os dados submetidos ao teste de correlação de Pearson com a incidência da degenerescência da polpa.

1.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em ambos os anos agrícolas, a taxa de produção de etileno foi menor nos frutos armazenados na condição 1,2 kPa de O₂ + 2,0 kPa de CO₂, tanto no momento da saída da câmara fria quanto após sete dias de exposição dos frutos em condição ambiente (Tabela 1). A menor taxa de produção de etileno no tratamento com 2,0 kPa de CO₂ deve estar relacionada ao efeito inibitório do CO₂ na ação do etileno, reduzindo assim a sua produção autocatalítica (Blankenship & Dole, 2003).

No momento da saída da câmara, nos dois anos avaliados, e após sete dias de exposição dos frutos em condição ambiente, no ano de 2007/08, a taxa respiratória não apresentou diferenças entre as condições de armazenamento (Tabela 1). Porém, no ano de 2006/07, os frutos armazenados com 2,0 kPa de CO₂ apresentaram uma menor taxa respiratória após sete dias em condição ambiente. Saquet & Streif (2002), em maçãs, e Steffens et al. (2007), em diversos frutos, verificaram menor taxa respiratória em condições com a combinação de baixo O₂ e alto CO₂. O efeito da AC na redução da respiração celular resulta da menor atividade de enzimas da glicólise e do ciclo de Krebs em condições de baixas pressões parciais de O₂ e altas pressões parciais de CO₂ (Brackmann et al., 2005c).

Tabela 1. Taxas respiratórias e de produção de etileno em maçãs ‘Fuji’, após oito meses de armazenamento em duas condições de atmosfera controlada, mais sete dias de exposição dos frutos a 20°C, em dois anos agrícolas e em diferentes regiões.

O ₂ + CO ₂ (kPa)	2006/2007			2007/2008			
	Vacaria	São Joaquim	Lages	Média	Vacaria	São Joaquim	Média
Taxa de produção de etileno (pmol kg⁻¹ s⁻¹)							
Saída da câmara							
1,2 + <0,5	1,59	1,03	0,93	1,18a	0,49	0,35	0,42a
1,2 + 2,0	0,09	0,13	0,09	0,10b	0,15	0,10	0,12b
CV (%)		19,3				20,4	
Após sete dias a 20°C							
1,2 + <0,5	1,97	1,14	1,22	1,45a	1,90	1,29	1,60a
1,2 + 2,0	0,88	0,58	0,18	0,54b	0,90	0,57	0,74b
CV (%)		26,2				37,9	
Taxa respiratória (nmol CO₂ kg⁻¹ s⁻¹)							
Saída da câmara							
1,2 + <0,5	6,51	6,28	5,05	5,91a	3,29	3,24	3,26a
1,2 + 2,0	6,51	7,82	8,37	7,57a	3,96	3,95	3,96a
CV (%)		16,4				14,9	
Após sete dias a 20°C							
1,2 + <0,5	10,9	11,6	12,8	11,8a	5,75	3,98	4,86a
1,2 + 2,0	9,1	10,3	9,3	9,6b	5,43	4,62	5,02a
CV (%)							

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

Após oito meses de armazenamento, em ambos os anos, os frutos armazenados na condição de 1,2 kPa O₂ + 2,0 kPa CO₂ apresentaram maior firmeza de polpa do que os frutos armazenados na condição 1,2 kPa de O₂ + <0,5 kPa de CO₂ (Tabela 2). O resultado obtido está de acordo com o resultado obtido por Brackmann et al. (2002a), que observaram maiores valores de firmeza de polpa em maçãs ‘Fuji’ armazenadas em alto CO₂. Konopacka & Plochanski (2004) encontraram maiores valores de firmeza de polpa ao armazenar maçãs ‘Elstar’, ‘Jonagold’ e ‘Gloster’ em AC com maiores níveis de CO₂. Brackmann et al. (2002b) afirmam que a manutenção da firmeza de polpa em maçãs armazenadas em AC é devido a uma menor atividade de enzimas hidrolíticas de parede celular, resultado do efeito combinando do baixo O₂ e alto CO₂.

Os maiores valores de AT, após oito meses de armazenamento mais sete dias de exposição dos frutos a 20°C, foram obtidos na condição de 1,2 kPa O₂ + 2,0 kPa CO₂ (Tabela 2), em ambos os anos avaliados. Possivelmente, os maiores valores de AT nos frutos armazenados nesta condição de AC estão relacionados ao menor consumo de ácidos durante o período de armazenamento, pois pressões parciais mais elevadas de CO₂ reduzem a atividade respiratória dos frutos durante o armazenamento (Saquet & Streif, 2002; Steffens et al., 2007).

Nos primeiro ano avaliado, os teores de SS não diferiram entre as condições de armazenamento (Tabela 2). Porém, no segundo ano, os teores de SS foram maiores nos frutos armazenados em alto CO₂. Brackmann et al. (2005b), em maçã ‘Fuji’, não verificaram diferenças nos teores de SS em resposta a diferentes condições de AC. Estes autores consideram que as condições de AC, de modo geral, não causam efeito consistente sobre os níveis de SS. Contudo, apesar desse trabalho não relatarem efeito da AC sobre a manutenção dos níveis de SS, teores mais elevados de SS obtidos no segundo ano de realização do experimento (2007/2008), contribuem para a qualidade dos frutos, pois melhoram o sabor.

A cor de fundo da epiderme não apresentou diferença entre as condições de armazenamento, no primeiro ano avaliado (Tabela 2). Contudo, no segundo ano, os frutos armazenados na condição de AC com 2,0 kPa de CO₂ apresentaram cor de fundo da epiderme mais verde (maior *h*^o). Brackmann et al. (2000), ao armazenar maçãs ‘Gala’ em diferentes condições de AC, não encontraram diferenças para a cor de fundo da epiderme. Entretanto, Brackmann et al. (2005a), ao armazenar maçãs dessa mesma cultivar, observaram maior retenção da cor verde na epiderme com a elevação do CO₂ durante o armazenamento em AC. Este efeito de condições de AC, em determinados anos de avaliação na mesma cultivar, evidencia o fato que fatores pré-colheita possivelmente exercem influência sobre a cor da epiderme, conforme observado no presente trabalho.

Tabela 2. Firmeza de polpa, acidez titulável, sólidos solúveis e cor da epiderme em maçãs 'Fuji', após oito meses de armazenamento em duas condições de atmosfera controlada, mais sete dias de exposição dos frutos a 20°C, em dois anos agrícolas e em diferentes regiões.

O ₂ + CO ₂ (kPa)	2006/2007				2007/2008		
	Vacaria	São Joaquim	Lages	Média	Vacaria	São Joaquim	Média
Firmeza de polpa (N)							
1,2 + <0,5	59,9	59,0	61,4	60,1b	59,9	65,0	62,4b
1,2 + 2,0	63,3	60,5	64,4	62,8a	69,3	69,8	69,6a
CV (%)		3,1				5,7	
Acidez titulável (meq 100mL⁻¹)							
1,2 + <0,5	3,66	3,51	4,45	3,87b	2,85	2,76	2,80b
1,2 + 2,0	4,04	4,17	5,18	4,46a	3,05	3,63	3,34a
CV (%)		7,5				12,0	
Sólidos solúveis (°Brix)							
1,2 + <0,5	13,6	13,4	14,5	13,8a	12,8a	12,6b	-
1,2 + 2,0	13,5	13,4	14,5	13,8a	12,8a	14,4a	-
CV (%)		1,6				5,9	
Cor da epiderme (h°)							
1,2 + <0,5	95,5	89,9	87,9	91,1a	93,6	87,8	90,7b
1,2 + 2,0	96,4	92,6	87,2	92,1a	96,8	93,7	95,3a
CV (%)		1,9				1,5	

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

Quanto à incidência de podridões, não houve diferenças significativas entre as condições de armazenamento, nos dois anos avaliados (Tabela 3). Brackmann et al. (2002b) encontraram redução na incidência de podridões em maçãs 'Braeburn' com a elevação do CO₂ de 2,0 para 4,0 kPa. Contudo, no presente trabalho, a elevação nos níveis de CO₂ de <0,5kPa para 2 kPa pode não ter sido suficiente para causar redução na incidência de podridões que ocorrem na fase pós-colheita.

A incidência de podridão carpelar foi menor nos colhidos em Vacaria, na safra 2007/2008 e armazenados na condição de 1,2 kPa O₂ + 2,0 kPa CO₂ (Tabela 3). Como o início da infecção dos frutos pelos patógenos associados à podridão carpelar ocorre em nível de campo, as condições de armazenamento possuem pouca influência sobre a evolução da doença na pós-colheita (Brackmann et al., 2000a). Contudo, no presente trabalho, obteve-se um resultado positivo no controle dessa podridão com 2,0 kPa de CO₂, apenas em um município e na segunda safra.

A degenerescência de polpa foi maior nos frutos armazenados na condição com 1,2 kPa de O₂ + 2,0 kPa de CO₂, nos dois anos avaliados (Tabela 3). Esses resultados estão de

acordo com aqueles obtidos por Brackmann et al. (1999), que verificaram alta sensibilidade ao CO₂ em maçã 'Fuji' durante o armazenamento em AC. Park & Lee (2008) também observaram maior incidência de degenerescência da polpa em condições de baixo O₂ e alto CO₂. Saquet et al. (2000) e Saquet et al. (2003) citam que a degenerescência da polpa em maçãs e peras, em condições de armazenamento que induzem o seu desenvolvimento, é decorrente da redução do metabolismo energético e do conteúdo de fosfolipídios, com consequente descompartmentalização das estruturas intracelulares. A redução excessiva de O₂ e/ou aumento do CO₂ durante o armazenamento pode prejudicar a qualidade das maçãs, devido, em grande parte, à mudança da respiração aeróbica para a respiração anaeróbica. Essa mudança no metabolismo pode causar acúmulo de substâncias voláteis e induzir a manifestação de distúrbios fisiológicos, como a degenerescência de polpa (Pedreschi et al., 2009).

Com relação à origem dos frutos, a ocorrência de degenerescência de polpa foi maior nos frutos provenientes do pomar de São Joaquim-SC (Tabela 3). Para Fergusson et al. (1999), há consideráveis variações na incidência de degenerescência da polpa entre anos de produção, regiões e pomares, independente dos efeitos do estágio de maturação dos frutos. Os autores também afirmam que fatores pré-colheita predispõem ao desenvolvimento deste distúrbio, quando os frutos são armazenados em condições de AC com alto CO₂ e/ou baixo O₂. Apesar de alguns trabalhos relacionarem a incidência de degenerescência da polpa com presença de pingo-de-mel (Brackmann et al., 2002a), no presente trabalho isto não ocorreu.

Tabela 3. Ocorrência de podridões (%), degenerescência de polpa em maçãs ‘Fuji’ após oito meses de armazenamento em duas condições de atmosfera controlada mais sete dias de exposição dos frutos a 20°C, em dois anos agrícolas e em diferentes regiões.

O ₂ + CO ₂ (kPa)	2006/2007				2007/2008		
	Vacaria	São Joaquim	Lages	Média	Vacaria	São Joaquim	Média
Podridões (%)							
Saída da câmara							
1,2 + <0,5	1,14	1,14	6,62	2,97a	1,39	0,00	0,70a
1,2 + 2,0	9,09	3,41	5,53	6,01a	5,95	0,00	2,98a
CV (%)		15,2				47,2	
Após sete dias a 20°C							
1,2 + <0,5	17,9	11,4	17,9	15,7a	6,94	1,25	4,10a
1,2 + 2,0	20,4	19,3	31,8	23,8a	2,94	2,63	2,79a
CV (%)		24,5				69,6	
Podridão carpelar (%)							
1,2 + <0,5	0,00	0,00	0,00	0,00	13,2a	0,0a	-
1,2 + 2,0	0,00	0,00	0,00	0,00	3,9b	0,0a	-
CV (%)		0,0				45,6	
Degenerescência de polpa (%)							
				Média			Média
1,2 + <0,5	1,14	4,54	1,09	2,57b	0,0	8,3	4,2b
1,2 + 2,0	4,85	14,7	3,41	7,65a	14,7	30,4	22,5a
Média	2,99B	9,62A	2,25B		7,35B	19,35A	
CV (%)		61,4				74,8	

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

Não foi verificada correlação significativa entre os atributos avaliados na colheita e a ocorrência de degenerescência da polpa (dados não apresentados). Contudo, a incidência da degenerescência da polpa, tanto em baixo (< 0,5 kPa) como em alto (2,0 kPa) CO₂, correlacionou-se com as temperaturas médias que ocorreram durante o desenvolvimentos dos frutos (Tabelas 4).

A ocorrência de degenerescência da polpa em maçãs ‘Fuji’ armazenadas com baixo CO₂ (<0,5 kPa) apresentou correlação negativa (p<0,05) com as temperaturas médias obtidas aos 60 dias após a plena floração (DAPF) (Tabela 4). Já na condição de 1,2 kPa de O₂ + 2,0 kPa de CO₂, a ocorrência de degenerescência da polpa apresentou correlação negativa

($p < 0,05$) com as temperaturas médias que ocorreram de 90 a 210 dias após a plena floração (DAPF), sendo que os maiores coeficientes de correlação foram obtidos com as temperaturas médias aos 120 DAPF ($r = -0,94$), 150 DAPF ($r = -0,92$) e 180 DAPF ($r = -0,92$) (Tabela 4). Segundo Fergusson et al. (1999), a temperatura durante a fase de maturação dos frutos exerce forte influência sobre o desenvolvimento da degenerescência de polpa. Lau (1997) cita que a degenerescência de polpa em frutos armazenados em AC ocorre devido ao adensamento das células, que prejudica as trocas gasosas. Este autor também considera que a menor temperatura do ar, durante a fase de desenvolvimento dos frutos, pode provocar este adensamento das células, o que explica o efeito das temperaturas médias mais baixas durante o desenvolvimento dos frutos no aumento da suscetibilidade ao dano por CO_2 obtido no presente trabalho.

Tabela 4. Coeficientes de correlação (r) entre as temperaturas mínimas, máximas e médias registradas durante diferentes fases de desenvolvimento dos frutos, nos anos agrícolas de 2006/2007 e 2007/2008, e a incidência de degenerescência da polpa em maçãs 'Fuji', colhidas em diferentes pomares e armazenadas em duas condições de atmosfera controlada (1,2kPa O₂ + <0,5kPa CO₂ e 1,2kPa O₂ + 2,0kPa CO₂).

	Temperaturas máximas (r)	Temperaturas médias (r)	Temperaturas mínimas (r)
1,2kPa O ₂ + <0,5kPa CO ₂			
Até 30 DAPF	-0,63 ^{ns}	-0,76 ^{ns}	-0,44 ^{ns}
30-60 DAPF	-0,71 ^{ns}	-0,92*	-0,17 ^{ns}
60-90 DAPF	-0,69 ^{ns}	-0,74 ^{ns}	-0,15 ^{ns}
90-120 DAPF	-0,79 ^{ns}	-0,85 ^{ns}	-0,18 ^{ns}
120-150 DAPF	-0,04 ^{ns}	-0,81 ^{ns}	-0,18 ^{ns}
150-180 DAPF	-0,11 ^{ns}	-0,78 ^{ns}	-0,18 ^{ns}
180-210 DAPF	0,42 ^{ns}	-0,71 ^{ns}	-0,19 ^{ns}
60 DAC	0,65 ^{ns}	0,60 ^{ns}	-0,13 ^{ns}
30 DAC	0,12 ^{ns}	0,50 ^{ns}	-0,10 ^{ns}
1,2kPa O ₂ + 2,0kPa CO ₂			
Até 30 DAPF	-0,51 ^{ns}	-0,60 ^{ns}	-0,60 ^{ns}
30-60 DAPF	-0,68 ^{ns}	-0,64 ^{ns}	-0,64 ^{ns}
60-90 DAPF	-0,88*	-0,65 ^{ns}	-0,65 ^{ns}
90-120 DAPF	-0,94*	-0,70 ^{ns}	-0,70 ^{ns}
120-150 DAPF	-0,92*	-0,70 ^{ns}	-0,70 ^{ns}
150-180 DAPF	-0,92*	-0,74 ^{ns}	-0,74 ^{ns}
180-210 DAPF	-0,84*	-0,80 ^{ns}	-0,80 ^{ns}
60 DAC	-0,05 ^{ns}	-0,66 ^{ns}	-0,66 ^{ns}
30 DAC	-0,07 ^{ns}	-0,48 ^{ns}	-0,48 ^{ns}

*Coeficiente de correlação (r) significativo ($p < 0,05$).

ns - Coeficiente de correlação (r) não significativo.

DAPF-Dias após a plena floração

DAC-Dias antes da Colheita

1.6 CONCLUSÕES

1. A condição de armazenamento em atmosfera controlada com 1,2 kPa de O₂ + 2,0 kPa de CO₂ retarda o amadurecimento de maçãs 'Fuji', reduz o desenvolvimento da podridão carpelar após o armazenamento, porém aumenta a ocorrência de degenerescência de polpa.
2. As condições de umidade relativa e de precipitação pluviométrica durante o desenvolvimento dos frutos não apresentam efeito na suscetibilidade de degenerescência de polpa em maçã 'Fuji'.
3. Temperaturas médias mais baixas dos 90 aos 210 DAPF, durante o desenvolvimento dos frutos aumentam a suscetibilidade de maçãs 'Fuji' a degenerescência de polpa durante o armazenamento em AC em condições de 1,2 kPa de O₂ + 2,0 kPa de CO₂.

2 PORTA-ENXERTO INFLUENCIA NA QUALIDADE, COMPOSIÇÃO MINERAL E DEGENERESCÊNCIA DE POLPA DE MAÇÃS 'FUJI' ARMAZENADAS EM ATMOSFERA CONTROLADA

2.1 RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes porta-enxertos sobre a qualidade, composição mineral e degenerescência de polpa em maçãs 'Fuji' armazenadas em duas condições de atmosfera controlada (AC). Foram utilizados frutos de três porta-enxertos (MM-106, Marubakaido e Marubakaido com filtro M-9). Os frutos foram armazenados por oito meses em duas condições de AC (1,2 kPa O₂ + <0,5 kPa CO₂ e 1,2 kPa O₂ + 2,0 kPa CO₂) seguidos de mais sete dias em condições ambiente. As análises realizadas foram: taxa de produção de etileno, cor da epiderme (*h*^o), força para penetração da polpa, acidez titulável, sólidos solúveis, incidência e severidade de degenerescência de polpa e teores de nutrientes (Ca, Mg e K) na polpa dos frutos. O armazenamento na condição de 2 kPa de CO₂ retardou o amadurecimento dos frutos, porém, em frutos de plantas com porta-enxerto Marubakaido e Marubakaido com filtro-M9 aumentou a incidência de degenerescência de polpa. Frutos provenientes do porta-exerto MM-106 apresentaram maiores teores de Ca e menores teores de K e menor relação K/Ca, além de uma menor degenerescência de polpa.

Palavras - chave: *Malus domestica*, armazenamento, pré-colheita, distúrbios fisiológicos.

2.2 ABSTRACT

The objective this work was to evaluate the effect of different rootstocks on quality, mineral composition and internal breakdown in 'Fuji' apples stored under two controlled atmosphere (CA) conditions. Utilized fruits of three rootstocks (MM-106, Marubakaido and Marubakaido with filter M-9) from commercial orchards in São Joaquim, SC. The fruits were stored for eight months in two CA conditions (1.2kPa of O₂ + <0.5kPa of CO₂ and 1.2kPa of O₂ + 2.0kPa of CO₂) plus seven days at shelf life. Were evaluated ethylene production rate, skin color (*h*^o), flesh penetration force, titratable acidity, soluble solids, incidence and severity of internal breakdown and Ca, Mg and K contents. The storage condition in 2 kPa CO₂ delayed the ripening of fruits, but fruits of plants with Marubakaido and Marubakaido

with filter-M9 rootstocks increased incidence of internal breakdown. Fruits from MM106 rootstock had higher Ca and lower K and lower ratio K/Ca and lower internal breakdown.

Key-words: *Malus domestica*, storage, pre-harvest, physiological disorders.

2.3 INTRODUÇÃO

Maçãs ‘Fuji’ apresentam um bom potencial de armazenamento em atmosfera controlada (AC), tendo sua qualidade mantida por um período prolongado. Porém, um dos maiores problemas no seu armazenamento é a presença da degenerescência de polpa (Brackmann et al., 2002a). Este distúrbio fisiológico está associado principalmente ao CO₂ durante o armazenamento. Os frutos afetados, externamente apresentam aspecto normal, porém, ao serem cortados ao meio, regiões escurecidas da polpa são visualizadas, comprometendo assim a sua qualidade.

A concentração de nutrientes na polpa de frutos pode estar relacionada com o surgimento da degenerescência de polpa em frutos armazenados. Trabalhos demonstram que o cálcio é o principal nutriente envolvido com a estrutura, funcionalidade e estabilidade celular e degradação da lamela média após o armazenamento dos frutos, sendo então, o nutriente mais relacionado com a degenerescência de polpa (James & Joblin, 2009). Este nutriente também tem baixa mobilidade via floema, o que impede sua redistribuição para os frutos, mesmo que esteja suficientemente disponível no solo dos pomares, sendo sua baixa concentração nos frutos responsável pela ocorrência de distúrbios fisiológicos (Saure, 2005).

A composição mineral e a qualidade de frutos podem ser influenciadas pelo comportamento do porta-enxerto sob a variedade copa, pois, o mesmo interfere na absorção de água e nutrientes (Schäfer et al., 2001; Rato et al., 2008; Martínez-Ballesta et al., 2010). Os porta-enxertos anões são capazes de direcionar mais nutrientes aos frutos devido a menor competição fornecida pela parte vegetativa da planta. Por outro lado, porta-enxertos vigorosos podem influenciar negativamente sobre essa competição por nutrientes (Remorini et al., 2008). Para Saure (2005), há uma competição por nutrientes entre folhas jovens e frutos, principalmente pelo cálcio, e, juntamente com uma capacidade insuficiente da planta em transmitir esse nutriente, há também uma concorrência entre frutos de baixa transpiração e frutos de crescimento vigoroso. Contudo, o porta-enxerto pode exercer uma importante influência na sensibilidade de frutos ao CO₂ no armazenamento, tendo em vista que o mesmo afeta a composição mineral da planta.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes porta-enxertos sobre a composição mineral de frutos, manutenção da qualidade e a incidência de degenerescência de polpa em maçãs ‘Fuji’ armazenadas em duas condições de AC.

2.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano agrícola 2008/2009, com maçãs ‘Fuji’ provenientes de três porta-enxertos (MM-106, Marubakaido e Marubakaido com filtro M-9) de um pomar comercial do município de São Joaquim, SC (situado 28° 11’ 19,66” S de latitude, 49° 59’ 42,60” W de longitude e 1.219m de altitude). Após a colheita, foram eliminados os frutos que apresentavam lesões, defeitos, ferimentos ou dano mecânico e em seguida efetuou-se a homogeneização das unidades experimentais.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, segundo um esquema fatorial completo 2 x 3 (duas condições de armazenamento e três porta-enxertos) com unidade experimental constituída por 40 frutos.

As condições para o armazenamento dos frutos em atmosfera controlada (AC) foram: 1,2 kPa de O₂+ <0,5 kPa de CO₂ e 1,2 kPa de O₂ + 2,0 kPa de CO₂, a 0,5±0,1°C e umidade relativa de 97%.

Os frutos de todos os tratamentos foram armazenados em microcâmaras experimentais com capacidade de 250 L. As pressões parciais de O₂ foram obtidas mediante a diluição do O₂ no ambiente de armazenamento com injeção de N₂, proveniente de um gerador de nitrogênio, que utiliza o princípio “Pressure Swing Adsorption” (PSA). A pressão parcial de CO₂ referente ao tratamento com alto CO₂ (2,0 kPa) foi obtida mediante a injeção deste gás, provenientes de cilindro de alta pressão. A manutenção das pressões parciais desejadas dos gases, nas duas condições de armazenamento, que variavam em função da respiração dos frutos, foi realizada diariamente, com o uso de equipamento automático para controle de gases (Kronenberger/Climasul). Quando os níveis do CO₂ e O₂ não estavam adequados, o equipamento procedia a correção das pressões parciais até os níveis preestabelecidos nos tratamentos. O O₂ consumido pela respiração foi repostado por meio da injeção de ar atmosférico nas minicâmaras e o CO₂ em excesso (no tratamento com 2,0 kPa) foi absorvido por uma solução de hidróxido de potássio (40%), através da qual foi circulado o ar do ambiente de armazenamento. No tratamento com baixo CO₂, a pressão parcial <0,5 kPa foi mantida através da colocação de cal hidratada no interior das minicâmaras, para a contínua eliminação do CO₂ no ambiente de armazenamento.

Os frutos foram analisados no momento da colheita, aos oito meses de armazenamento e após sete dias de exposição à temperatura ambiente (20°C), simulando assim o período de comercialização. As variáveis analisadas foram taxa de produção de etileno, cor da epiderme, força para penetração da polpa, acidez titulável (AT), teores de sólidos solúveis (SS), incidência e severidade de degenerescência de polpa e teores de Ca, Mg e K.

A taxa de produção de etileno (pmol de C₂H₄ kg⁻¹ s⁻¹) foi quantificada por cromatografia gasosa. Seis a oito frutos de cada amostra foram colocados em recipiente de plástico, com o volume de 4100 mL, que permite fechamento hermético. Aliquotas de gás (1 mL) foram retiradas dos recipientes através de um septo e injetadas em um cromatógrafo à gás (Varian®, modelo CP-3800) equipado com uma coluna Porapak N® de 3 m de comprimento (80-100 mesh), metanador e detector de ionização de chama. As temperaturas da coluna, do detector, do metanador e do injetor foram de 45°C, 120°C, 300°C e 110°C, respectivamente. Os fluxos de nitrogênio, hidrogênio e ar sintético foram de 70, 30 e 300 mL min⁻¹, respectivamente.

A cor da epiderme (ângulo *hue*) foi determinada com um colorímetro Minolta, modelo CR-400. As determinações foram realizadas na região equatorial dos frutos, sendo os resultados expressos em ângulo de cor (*h*°). O *h*° define a coloração básica, sendo que 0° = vermelho, 90° = amarelo e 180° = verde.

A força para penetração da polpa foi analisada com um texturômetro eletrônico TAXT-plus® (Stable Micro Systems Ltda.). Foi utilizada ponteira modelo PS2, com 2 mm de diâmetro, a qual foi introduzida na polpa a uma profundidade de 5 mm com velocidades pré-teste, teste e pós-teste de 30, 5 e 30 mm.s⁻¹, respectivamente.

Os valores de acidez titulável (AT) (mEq 100 mL⁻¹) foram obtidos por meio de uma amostra de 10 mL de suco, extraído em uma centrífuga, de fatias transversais retiradas da região equatorial dos frutos. Esta amostra foi diluída em 90 mL de água destilada e titulada com solução de NaOH 0,1 N até pH 8,1.

Os teores de sólidos solúveis (SS) (°Brix) foram determinados por refratometria, utilizando-se suco extraído para a quantificação de AT, com correção do efeito da temperatura.

A incidência de degenerescência da polpa (%) foi avaliada por meio de um corte na secção transversal dos frutos, sendo feita a contagem dos frutos que apresentavam regiões internas da polpa com qualquer tipo de escurecimento, com aspecto úmido ou seco e esponjoso, com pequenas cavidades na polpa. Então, os frutos foram agrupados, de acordo com as escalas de severidade: 1 (sem incidência de degenerescência de polpa), 2 (incidência

de degenerescência leve, com até 10% da polpa afetada), 3 (incidência de degenerescência moderada com 11 a 30% da polpa afetada) e 4 (incidência de degenerescência severa, com mais de 30% da polpa afetada).

Para a determinação dos teores de Ca, Mg e K, retirou-se uma fatia longitudinal (cunha) com 1mm de espessura da polpa dos frutos de cada escala de severidade. Após as amostras de polpa foram trituradas e homogeneizadas com um multiprocessador RI 6720 e um mixer Braun Multiquick MR40, respectivamente. Em seguida foram pesadas 5,0 gramas de polpa em uma balança analítica modelo Tecnal Mark-5000, e depositadas em cadinhos de porcelana M-2 e conduzidas a mufla a uma temperatura de 600 °C por quatro horas. Após a retiradas das amostras da mufla, adicionou-se 16 ml de HCl a 1,8N formando o extrato original.

Para a determinação de Ca, retirou-se uma alíquota de 5 ml do extrato original e adicionou-se 5ml de lantânio no interior de um tubo Falcon de 15 ml, para então efetuar-se a leitura em um aparelho de absorção atômica modelo A-analyst 100.

Para a determinação de Mg, retirou-se 2 ml do extrato original e adicionou-se 10 ml de água destilada. Desta solução diluída (2ml de extrato + 10 ml de água destilada), pipetou-se 3 ml da solução e adicionou-se 3ml de lantânio e em seguida efetuou-se a leitura no mesmo aparelho utilizado para a determinação de cálcio.

Para a quantificação de K, retirou-se uma alíquota de 3,0 ml do extrato original, seguidas de adição de 20 ml de água destilada, e homogeneização. Para a quantificação efetuou-se a leitura em um Fotômetro de chama Digimed DM-61.

Os dados foram submetidos à análise da variância (ANOVA), com o auxílio do programa SAS (SAS Institute, 2002). Dados em porcentagem foram transformados pela fórmula arco-seno $[(x+0,5)/100]^{1/2}$ antes de serem submetidos à ANOVA. Para a comparação das médias, adotou-se o teste de Tukey ($p < 0,05$).

2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis analisadas no momento da colheita não apresentaram diferenças entre porta-enxertos, com exceção da acidez titulável, em que os frutos do porta-enxerto Marubakaido com filtro –M9 apresentaram maiores valores (dados não apresentados).

A taxa de produção de etileno foi menor nos frutos armazenados na condição de 2 kPa de CO₂, tanto no momento da saída da câmara quanto após os sete dias de exposição em condição ambiente (Tabela 5). Os efeitos de condições de armazenamento com concentrações

elevadas de CO₂ devem estar relacionadas ao efeito inibitório do CO₂ na ação do etileno, reduzindo assim a sua produção autocatalítica (Blankenship & Dole, 2003).

Frutos armazenados na condição de 1,2 kPa + 2 kPa de CO₂, apresentaram uma coloração da epiderme mais verde (maior h°) (Tabela 5). Outros autores verificaram que a elevação do CO₂ no armazenamento causa uma retenção na cor da epiderme de maçãs (Brackmann et al., 2005c; Corrêa et al., 2010). Entre porta-enxertos, os melhores resultados foram observados nos frutos provenientes do MM-106, concordando com resultados obtidos por Remorini et al. (2008), que, ao comparar diferentes porta-enxertos em pêssegos, também encontraram uma melhor manutenção de cor verde da epiderme nos frutos provenientes do porta-enxerto menos vigoroso. Para Giorgi et al. (2005), porta-enxertos menos vigorosos favorecem maior penetração de luz no dossel da planta. Diferenças entre folhas adaptadas ao sol e as adaptadas a sombra é devido há um maior teor de clorofila *a* nas adaptadas ao sol e menor teor de clorofila *b* do que nas adaptadas a sombra (Lima Júnior et al., 2005). A clorofila *b* está mais relacionada com a cor verde/amarela da epiderme, sendo que este tipo de clorofila pode ocasionar em menor h° do que a clorofila *a*, entretanto, essas diferenças entre frutos de plantas mais e menos vigorosas podem estar diretamente relacionadas com o efeito da intensidade luminosa nas clorofilas, da mesma forma como acontece em folhas.

A condição de armazenamento de 2 kPa de CO₂ apresentou melhores resultados para força para penetração da polpa (Tabela 5). Isto se deve ao fato de que condições de armazenamento em que há combinações de baixo O₂ e alto CO₂ resultam em uma menor atividade de enzimas hidrolíticas de parede celular (Brackmann et al., 2002b). Os porta-enxertos MM-106 e Marubakaido com filtro M-9 apresentaram maiores valores para força para penetração da polpa. Rato et al. (2008), ao realizarem trabalho com ameixas de diferentes porta-enxertos, também encontraram diferenças, porém, estes autores associam uma maior manutenção deste atributo devido a maiores teores de Ca nestes frutos, pois este nutriente está envolvido na manutenção da integridade da parede celular. Esta afirmação concorda em parte com os resultados obtidos no presente trabalho, em que os frutos provenientes do porta-enxerto MM-106 além de apresentarem maior força para penetração da polpa, também apresentaram maior teor de Ca (Tabela 7).

Tabela 5. Taxa de produção de etileno (saída de câmara e após sete dias de exposição em condição ambiente), cor da epiderme e força para penetração da polpa de maçãs ‘Fuji’ de diferentes porta-enxertos e armazenadas por oito meses em duas condições de atmosfera controlada e mais sete dias de exposição em condições ambiente.

Condição de armazenamento	Porta-enxerto			Média
	MM-106	Marubakaido	Marubakaido com filtro M-9	
Taxa de produção de etileno (pmol kg⁻¹ s⁻¹)				
Saída da câmara				
O ₂ + CO ₂ (kPa)				
1,2 + <0,5	0,14	0,21	0,19	0,18a
1,2 + 2,0	0,04	0,03	0,08	0,05b
Média	0,09A	0,12A	0,13A	
CV (%)		63,61		
Após sete dias				
1,2 + <0,5	0,49	0,27	0,21	0,32a
1,2 + 2,0	0,01	0,02	0,02	0,02b
Média	0,25A	0,14A	0,11A	
CV (%)		91,08		
Cor da epiderme (°h)				
1,2 + <0,5	101,31	99,85	99,93	100,36b
1,2 + 2,0	104,63	101,51	101,46	102,53a
Média	102,97A	100,68B	100,70B	
CV (%)		1,05		
Força para penetração da polpa (N)				
1,2 + <0,5	2,67	2,51	2,67	2,61b
1,2 + 2,0	2,92	2,72	2,83	2,83a
Média	2,79A	2,62B	2,75A	
CV (%)		3,09		

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula nas colunas minúscula nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

A acidez titulável foi maior nos frutos do porta-enxerto Marubakaido com filtro M-9 em ambas condições de armazenamento (Tabela 6). Isto se deve ao fato de que no momento da colheita os frutos deste porta-enxerto já apresentavam uma maior acidez titulável quando comparados aos frutos dos demais porta-enxertos (dados não apresentados).

Os teores de SS foram maiores nos frutos armazenados na condição de 1,2 kPa O₂ + 0,5 kPa de CO₂ (Tabela 6). Provavelmente, os maiores teores de SS nos frutos deste tratamento estejam relacionados ao maior conteúdo de pectinas solúveis, uma vez que esses frutos apresentaram a menor firmeza da polpa. Relação inversa entre valores de firmeza de polpa e SS também foi observado em goiabas ‘Pedro Sato’ (Steffens et al., 2008) e ameixas ‘Laetitia’ (Steffens et al., 2009) armazenadas sob refrigeração. Entre os porta-enxertos, o Marubakaido com filtro M-9 apresentou frutos com maiores valores de SS. A diferença no teor de SS entre porta-enxertos também foi verificada em pêssegos por Mathias et al., (2008).

Porém, estes autores afirmam que isto ocorre em plantas que estão mais expostas a raios solares, proporcionada pelo formato da copa, causando aumento da taxa fotossintética, e conseqüentemente, maior acúmulo de açúcares nos frutos. Todavia, este efeito também deveria ter sido observado em frutos de plantas sob MM-106.

Quanto à degenerescência de polpa, na condição de baixo CO_2 (<0,5 de CO_2) não houve diferença quanto à incidência e severidade de escurecimento da polpa entre porta-enxertos (Tabela 6). Porém, na condição de 2 kPa de CO_2 , os porta-enxertos Marubakaido e Marubakaido com filtro M-9 apresentaram maior incidência do distúrbio, sendo que porta-enxerto Marubakaido também apresentaram maior severidade (Tabela 6). Quanto ao efeito de porta-enxertos em distúrbios fisiológicos, como a degenerescência de polpa em maçãs, ainda não existem trabalhos que demonstrem os mecanismos de como isto ocorre. Porém, conforme se observou nos dados de composição mineral de frutos (Tabela 7), há uma forte relação entre porta-enxertos e nutrientes nos frutos. Cada porta-enxerto consegue suprir diferentemente as exigências nutricionais da planta durante a formação de frutos, e a relação de distúrbios fisiológicos, como a degenerescência de polpa, e os nutrientes da polpa já é objeto de estudo em diversos trabalhos (Ferguson et al., 1999; Iuchi & Iuchi, 2001; James e Joblin, 2009).

Tabela 6. Acidez titulável, sólidos solúveis, incidência e severidade de degenerescência da polpa de maçãs ‘Fuji’ de diferentes porta-enxertos e armazenadas por oito meses em duas condições de atmosfera controlada e mais sete dias de exposição em condições ambiente.

Condição de armazenamento	Porta-enxerto			Média
	MM-106	Marubakaido	Marubakaido com filtro M-9	
Acidez titulável (meq 100mL⁻¹)				
O ₂ + CO ₂ (kPa)	MM-106	Marubakaido	Marubakaido com filtro M-9	
1,2 + <0,5	3,12Ba	4,33Ba	5,85Aa	-
1,2 + 2,0	3,28Ba	3,68Ba	5,51Aa	-
Média	-	-	-	-
CV (%)	13,48			-
Sólidos solúveis (°Brix)				
1,2 + <0,5	13,95	13,50	14,65	14,03a
1,2 + 2,0	13,05	13,00	14,20	13,42b
Média	13,50B	13,25B	14,42A	
CV (%)	4,77			
Incidência de degenerescência da polpa (%)				
1,2 + <0,5	1,25Aa	1,68Ab	1,27Ab	-
1,2 + 2,0	3,16Ba	7,82Aa	18,65Aa	-
Média	-	-	-	-
CV (%)	30,57			
Severidade de degenerescência da polpa (1-4)				
1,2 + <0,5	1,01Aa	1,14Aa	1,02Ab	-
1,2 + 2,0	1,06Ba	1,12Ba	1,33Aa	-
Média	-	-	-	-
CV (%)	6,86			

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula nas colunas minúscula nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Os teores de nutrientes na polpa de frutos diferiram entre porta-enxertos, sendo o porta-enxerto MM-106 o que apresentou maior teor de Ca, menor teor de K e maiores relações K/Ca, Mg/Ca e K+Mg/Ca (Tabela 7). Rato et al. (2008), encontraram diferenças na concentração de Ca em ameixas provenientes de diferentes porta-enxertos. Para estes autores, os porta-enxertos podem influenciar o desempenho do pomar afetando a concentração de minerais nos frutos devido a diluição de Ca nos frutos que é minimizada em árvores menos vigorosas. Para Martínez-Ballesta et al., (2010), os teores dos nutrientes Ca e Mg, em plantas, são fortemente relacionadas ao porta-enxerto, pois, as características fisiológicas dos mesmos afetam a absorção e translocação destes minerais para a planta.

Os porta-enxertos Marubakaido e Marubakaido com filtro M-9 apresentaram menores teores de Ca, maiores teores K e as menores relações entre eles (Tabela 7), além de apresentarem maior incidência e severidade de degenerescência de polpa (Tabela 6). Estes resultados concordam com Andziak & Tomala (2004) que observaram que maçãs com baixa

concentração de Ca e alta de K apresentaram elevada incidência de distúrbios fisiológicos no armazenamento. O Ca é um importante nutriente que, em vários trabalhos tem sido relacionado com distúrbios fisiológicos (Andziak & Tomala, 2004; James & Joblin, 2009; Freitas et al., 2010). Em frutos armazenados por períodos prolongados ocorre uma degradação da lamela média e as concentrações de Ca estão envolvidas nesse processo, que afeta a estabilidade celular e conseqüentemente a estabilidade da membrana plasmática. No entanto, estas relações ainda precisam ser estudadas (James & Joblin, 2009). O K é um nutriente antagonista ao Ca (Neuwald et al., 2008), cujo efeito é devido a uma competição com o cálcio por sítios de ligação na membrana plasmática (James & Joblin, 2009).

De maneira geral, percebe-se que pode existir uma relação entre teores de Ca e K nos frutos e as relações K/Ca, Mg/Ca e (K+Mg)/Ca com a incidência da degenerescência de polpa em maçãs ‘Fuji’ após o armazenamento.

Tabela 7. Atributos minerais (mg kg^{-1}) na polpa dos frutos de maçãs ‘Fuji’ provenientes de diferentes porta-enxertos e armazenadas em duas condições de AC durante oito meses e mantidas por sete dias em condições ambientes.

Porta-enxerto	Teores minerais (mg kg^{-1})			Relações minerais		
	Ca	Mg	K	K/Ca	Mg/Ca	(K+Mg)/Ca
MM-106	87,22a	48,36a	631,85b	7,39b	0,57b	632,42b
Marubakaido	71,90b	46,93a	760,56a	10,76a	0,67a	761,23a
Marubakaido c/ filtro M-9	75,78b	51,27a	709,55a	9,47a	0,68a	710,23a
CV (%)	12,22	12,57	14,21	15,86	12,57	14,20

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

2.6 CONCLUSÃO

1. A condição de armazenamento em atmosfera controlada com 1,2 kPa de O₂ + 2,0 kPa de CO₂ retarda o amadurecimento de maçãs 'Fuji'.
2. Os frutos do porta-enxerto MM-106 apresentam maiores teores de Ca e menores teores de K, além de menores relações K/Ca, Mg/Ca e (K+Mg)/Ca e uma menor degenerescência de polpa após o armazenamento em atmosfera controlada em relação aos porta-enxertos Marubakaido e Marubakaido com filtro M9 .

3 RELAÇÃO DA DEGENERESCÊNCIA DE POLPA EM MAÇÃS ‘FUJI’ COM A COMPOSIÇÃO MINERAL DO FRUTO

3.1 RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a relação dos atributos de maturação e dos minerais cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K) e as suas relações com a incidência da degenerescência da polpa, bem como identificar quais destes minerais melhor discriminam as diferenças quanto ao grau de suscetibilidade à degenerescência de polpa em maçãs ‘Fuji’ armazenadas em atmosfera controlada (AC). Foram utilizados frutos de dois pomares do município de Fraiburgo, três pomares do município de São Joaquim – SC e três pomares do município de Vacaria – RS. Os dados de incidência de pingo-de-mel e de atributos de maturação, no momento da colheita, foram submetidos ao teste de correlação de Pearson com a incidência e a severidade da degenerescência da polpa após o armazenamento. Os teores de Ca e a severidade de degenerescência da polpa foram submetidos à análise canônica discriminante (ACD). Não foi observada correlação entre os atributos de maturação e a degenerescência de polpa. Surpreendentemente, a incidência de pingo-de-mel apresentou correlação negativa com a severidade de degenerescência da polpa. Frutos com degenerescência de polpa apresentam menores teores de Ca quando comparados aos frutos sem degenerescência de polpa. Os teores de Mg e K não apresentaram relação com o distúrbio fisiológico, todavia, as relações Mg/Ca e K/Ca apresentam maiores valores em frutos com a degenerescência de polpa, comparativamente aqueles sem degenerescência da polpa. O Ca foi o nutriente que melhor discriminou frutos com e sem degenerescência de polpa e quanto menor o teor deste nutriente nos tecidos da polpa dos frutos maior foi a severidade do distúrbio.

Palavras-chave: *Malus domestica*, distúrbios fisiológicos, nutrientes, cálcio, pré-colheita.

3.2 ABSTRACT

This work aimed to evaluate the relationship of the maturation index and calcium (Ca), magnesium (Mg) and potassium (K) contents and its relationship to internal breakdown incidence and identify which of these minerals better discriminate the differences in the degree of susceptibility to internal breakdown in ‘Fuji’ apples stored in controlled atmosphere

(CA). Was used fruits from two orchards of Fraiburgo, SC, three orchards of São Joaquim, SC, and three orchards of Vacaria, RS. Water-core incidence and maturation index at harvest were submitted the Pearson's correlation with the incidence and severity of internal breakdown after storage. Ca contents and severity of internal breakdown were submitted to canonical discriminant analysis (CDA). Correlation was not observed between maturation index and internal breakdown incidence. Surprisingly, the watercore incidence was negatively correlated with the internal breakdown severity. Fruits with internal breakdown have lower levels of calcium when compared to fruits without internal breakdown. The Mg and K contents didn't have relation with physiological disorder, however, the Mg/Ca and K/Ca showed greater values in fruits with internal breakdown, those without internal breakdown. Ca was the best nutrient discriminated fruits with and without internal breakdown and as smaller Ca content in flesh higher was the severity of physiological disorder.

Key-words: *Malus domestica*, physiological disorders, calcium, preharvest.

3.3 INTRODUÇÃO

A degenerescência de polpa é um distúrbio fisiológico que ocorre na maçã 'Fuji' durante o armazenamento, causando consideráveis perdas pós-colheita. Este distúrbio fisiológico pode ser caracterizado por um escurecimento na polpa, nas regiões próximas ao córtex, e, em casos extremos, pode haver formação de cavidades. Normalmente, a degenerescência de polpa está associada a altas pressões parciais de CO₂ durante o armazenamento em atmosfera controlada (AC), porém, esta sensibilidade ao CO₂, pode estar relacionada a diversos fatores pré-colheita, como a nutrição mineral (Hunsche et al., 2003; James & Joblin, 2009), o estágio de maturação do fruto (Brackmann et al., 2001) e a incidência de pingo-de-mel (Brackmann et al., 2001; Brackmann et al., 2002; Cantillano & Girardi, 2004).

Diversos autores associam nutrientes como o Ca com a ocorrência de distúrbios fisiológicos (Ferguson et al., 1999; Iuchi & Iuchi, 2001), pois o mesmo está envolvido na estrutura, funcionalidade e estabilidade celular (James & Joblin, 2009). Conteúdos elevados de K também têm sido correlacionados com a degenerescência de polpa em maçãs (Neuwald et al., 2007). Outro nutriente que pode ter alguma relação com distúrbios fisiológicos em frutos é o Mg, pois ele compete diretamente com o Ca nos sítios de ligações na membrana plasmática (Freitas et al., 2010).

A relação entre as concentrações de nutrientes na polpa também pode exercer alguma influência sobre a degenerescência da polpa (Hunsche et al., 2003). Andziak & Tomala (2004) observaram que maçãs com baixa concentração de Ca e alta concentração de K apresentaram elevada incidência de distúrbios fisiológicos no armazenamento. Wills & Scott (1981) também constataram que quanto maior a relação K/Ca nos frutos, maior sua predisposição para desenvolver degenerescência da polpa. Para El Mniai (1994), altas relações Mg/Ca e (K+Mg)/Ca podem estar associadas à incidência de distúrbios fisiológicos.

Para Saure (2005), o Ca é o elemento que se difere dos outros, pois tem baixa mobilidade via floema, o que impede sua redistribuição para os frutos, mesmo que esteja suficientemente disponível no solo. Desta maneira, baixas concentrações de Ca no tecido podem se tornar um problema, causando distúrbios fisiológicos.

Além de fatores nutricionais, o estágio de maturação dos frutos também é um fator que pode favorecer a manifestação da degenerescência de polpa em maçãs armazenadas em AC, pois frutos de colheita tardia, com um ponto de maturação avançado, são mais suscetíveis a este distúrbio fisiológico (Brackmann et al., 2001).

A degenerescência de polpa em maçãs 'Fuji' também pode estar relacionada à incidência de pingo-de-mel no fruto (Fan, 1992; Ferguson et al., 1999; Brackmann et al., 2001; Brackmann et al., 2002; Cantillano & Girardi, 2004). O pingo-de-mel é um distúrbio de pré-colheita muito frequente na maçã 'Fuji' e caracteriza-se por apresentar áreas de aparência translúcidas na polpa, devido à inundação dos espaços intercelulares com suco rico em sorbitol (Bowen & Watkins, 1997). O preenchimento dos espaços intercelulares pelo sorbitol na forma líquida aumenta o potencial osmótico e promove a retenção de água (Bowen & Watkins, 1997), dificultando, assim, a difusão do CO₂ da polpa e podendo ocorrer maior incidência de degenerescência resultante do acúmulo de etanol e acetaldeído.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a relação dos atributos de maturação e dos nutrientes cálcio, magnésio, potássio (e as suas relações) com a incidência da degenerescência da polpa, bem como identificar quais destes minerais melhor discriminam as diferenças quanto ao grau de suscetibilidade à degenerescência de polpa em maçãs 'Fuji' armazenadas em atmosfera controlada.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano agrícola 2008/2009, com maçãs 'Fuji' provenientes de dois pomares comerciais do município de Fraiburgo - SC, três pomares comerciais do município de São Joaquim - SC e três pomares comerciais do município do

Vacaria - RS. Após a colheita, os frutos foram acondicionados em caixas plásticas e conduzidos ao laboratório. Os frutos foram selecionados, eliminando os que apresentavam lesões, defeitos, ferimentos ou dano mecânico e, em seguida, efetuou-se a homogeneização das unidades experimentais.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições e unidade experimental constituída por 40 frutos. Os tratamentos avaliados se constituíram da combinação entre municípios (Fraiburgo, São Joaquim e Vacaria) e condições de armazenamento (1,2 kPa de O₂+ <0,5 kPa de CO₂ e 1,2 kPa de O₂ + 2,0 kPa de CO₂).

Os frutos foram armazenados em AC por oito meses a -0,5±0,1°C e umidade relativa de 96±2%. Para o armazenamento, foram utilizadas microcâmaras experimentais com capacidade de 250L. As pressões parciais de O₂ foram obtidas mediante a diluição do O₂ no ambiente de armazenamento com injeção de N₂, proveniente de um gerador de nitrogênio, que utiliza o princípio “Pressure Swing Adsorption” (PSA). A pressão parcial de CO₂ referente aos tratamentos com alto CO₂ (2,0 kPa) foi obtida mediante a injeção deste gás, provenientes de cilindro de alta pressão. A manutenção das pressões parciais desejadas dos gases, nas duas condições de armazenamento, que variavam em função da respiração dos frutos, foi realizada diariamente, com o uso de equipamento automático para controle de gases (Kronenberger/Climasul). Quando os níveis de CO₂ e O₂ não estavam adequados, o equipamento procedia a correção das pressões parciais até os níveis preestabelecidos nos tratamentos. O O₂ consumido pela respiração foi repostado por meio da injeção de ar atmosférico nas minicâmaras e o CO₂ em excesso (na condição de 2,0 kPa) foi absorvido por uma solução de hidróxido de potássio (40%), através da qual foi circulado o ar do ambiente de armazenamento. Na condição com baixo CO₂, a pressão parcial <0,5 kPa foi mantida através da colocação de cal hidratada no interior das minicâmaras, para a contínua eliminação do CO₂ no ambiente de armazenamento.

No momento da colheita foram analisadas as taxas respiratória e de produção de etileno, teste de iodo-amido, densidade, diâmetro, índice de cor vermelha (ICV), cor da epiderme, firmeza de polpa, atributos de textura, acidez titulável (AT), teores de sólidos solúveis (SS) e incidência e severidade de pingo de mel.

As taxas respiratórias (nmol de CO₂ kg⁻¹ s⁻¹) e de produção de etileno (pmol de C₂H₄ kg⁻¹ s⁻¹) foram quantificadas por cromatografia gasosa. Seis a oito frutos de cada amostra foram colocados em recipiente de plástico, com o volume de 4100 mL, que permite fechamento hermético. A taxa respiratória foi obtida pela diferença da concentração de CO₂ no interior do recipiente, imediatamente após o seu fechamento e depois de uma hora.

Alíquotas de gás (1 mL) foram retiradas dos recipientes através de um septo e injetadas em um cromatógrafo à gás (Varian®, modelo CP-3800, Palo Alto - CA, EUA) equipado com uma coluna Porapak N® de 3 m de comprimento (80-100 mesh), metanador e detector de ionização de chama. As temperaturas da coluna, do detector, do metanador e do injetor foram de 45°C, 120°C, 300°C e 110°C, respectivamente. Os fluxos de nitrogênio, hidrogênio e ar sintético foram de 70, 30 e 300 mL min⁻¹, respectivamente.

O teste de iodo-amido foi determinado por meio da comparação do escurecimento da metade peduncular dos frutos, tratada com uma solução de iodo, com uma tabela de fotografias, onde o índice 1 indica o teor máximo de amido e o índice 5 representa o amido totalmente hidrolisado.

A densidade foi calculada dividindo a massa (obtida com uma balança de precisão) pelo volume (obtida pelo incremento em massa após a imersão completa do fruto em água em recipiente contendo 800 mL de água) dos frutos, sendo expressa em g mL⁻¹. Para determinar o volume dos frutos, estes foram colocados individualmente em recipiente com volume de 800 mL. Após, o volume foi completado com água até 800 mL (volume final), sendo obtido o volume dos frutos pela diferença entre o volume final e a quantidade de água utilizada para completar os 800 mL.

O diâmetro dos frutos foi realizado através de duas medições, na secção transversal de cada fruto, com posterior cálculo do diâmetro médio. As medições foram efetuadas com paquímetro e os valores foram expressos em milímetros.

O índice de cor vermelha (ICV) foi determinado avaliando-se a superfície dos frutos recoberta com coloração vermelha, sendo atribuídas notas de 1 a 4 (com 0-25%, 26-50%, 51-75% e 76-100% de superfície do fruto pigmentada de vermelho, para os índices 1, 2, 3 e 4, respectivamente).

A determinação da cor da epiderme (ângulo *hue*) foi efetuada com um colorímetro (Minolta, modelo CR 400, Japão) As determinações foram realizadas na região equatorial dos frutos, sendo os resultados expressos em ângulo de cor (h°). O h° define a coloração básica, sendo que 0° = vermelho, 90° = amarelo e 180° = verde.

A firmeza de polpa (N) foi determinada na região equatorial dos frutos, em dois lados opostos, após remoção de uma pequena porção da epiderme, com o auxílio de um penetrômetro equipado com ponteira de 11 mm de diâmetro .

Os atributos de textura (N) foram analisados com um texturômetro eletrônico TAXT-plus® (Stable Micro Systems Ltd., Reino Unido), em termos de forças necessárias para a ruptura da epiderme e penetração na polpa. Para a quantificação das forças necessárias para a

ruptura da epiderme e penetração na polpa, foi utilizada ponteira modelo PS2, com 2 mm de diâmetro, a qual foi introduzida na polpa a uma profundidade de 5 mm.

Os valores da AT ($\text{mEq } 100 \text{ mL}^{-1}$) foram obtidos por meio de uma amostra de 10 mL de suco, extraído em uma centrífuga, de fatias transversais retiradas da região equatorial dos frutos. Esta amostra foi diluída em 90 mL de água destilada e titulada com solução de NaOH 0,1 N até pH 8,1.

Os teores de SS ($^{\circ}\text{Brix}$) foram determinados por refratometria, com correção do efeito da temperatura.

A incidência e severidade de pingo-de-mel foram determinadas conforme metodologia descrita por Bowen & Watkins (1997).

Após oito meses de armazenamento e sete dias de exposição à temperatura ambiente, para simulação do período de comercialização, os frutos de todos os tratamentos foram analisados quanto à incidência e severidade de degenerescência de polpa e separados por escala de severidade para a determinação dos teores de Ca, Mg e K na polpa dos frutos.

A incidência de degenerescência da polpa (%) foi avaliada por meio de um corte na secção transversal dos frutos, sendo feita a contagem dos frutos que apresentavam regiões internas da polpa com qualquer tipo de escurecimento, com aspecto úmido ou seco e esponjoso, com pequenas cavidades na polpa. Então, os frutos foram agrupados, de acordo com as escalas de severidade: 1 (sem incidência de degenerescência de polpa), 2 (incidência de degenerescência leve, com até 10% da polpa afetada), 3 (incidência de degenerescência moderada com 11 a 30% da polpa afetada) e 4 (incidência de degenerescência severa, com mais de 31% da polpa afetada), em seguida, foram realizados cortes em formato de cunhas, para a procedência da análise mineral dos frutos.

Para a determinação dos teores de Ca, Mg e K, retirou-se uma fatia longitudinal (cunha) com 1 mm de espessura da polpa dos frutos de cada escala de severidade. Após as amostras de polpa foram trituradas e homogeneizadas com um multiprocessador RI 6720 e um mixer Braun Multiquick MR 40, respectivamente. Em seguidas foram pesadas 5,0 gramas de polpa em uma balança analítica Tecnal Mark-5000 e depositadas em cadinhos de porcelana e conduzidas a mufla a uma temperatura de 600 °C por quatro horas. Após a retiradas das amostras da mufla, adicionou-se 16 ml de HCl a 1,8 N formando o extrato original.

Para a determinação de Ca, retirou-se uma alíquota de 5 ml do extrato original e adicionou-se 5ml de lantânio no interior de um tubo Falcan de 15 ml, para então efetuar-se a leitura em espectrofotômetro de absorção atômica, modelo Analyst 100, marca Perkin Elmer. Para a determinação de Mg, retirou-se 2 ml do extrato original e adicionou-se 10 ml de água

destilada. Desta solução diluída (2 ml de extrato + 10 ml de água destilada), pipetou-se 3 ml da solução e adicionou-se 3ml de lantânio e em seguida efetuou-se a leitura no mesmo aparelho utilizado para a determinação de cálcio.

Para a quantificação de K, retirou-se uma alíquota de 3,0 ml do extrato original, seguido de adição de 20 ml de água destilada e homogeneização da amostra, sendo efetuada a leitura em um Fotômetro de chama Digimed DM-61.

Os dados obtidos da análise mineral e degenerescência de polpa foram submetidos à análise canônica discriminante (ACD), utilizando o programa SAS, versão 9.0, (SAS, Institute, 2002) objetivando avaliar o (s) atributo (s) mineral (is) que melhor discrimina (m) as diferenças quanto a grau de suscetibilidade a degenerescência de polpa em maçãs 'Fuji' armazenadas em AC. Os valores médios dos coeficientes canônicos padronizados (CCP) de frutos correspondentes aos diferentes níveis de severidade a degenerescência de polpa foram comparados pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Os dados de atributos de maturação e incidência de pingo-de-mel no momento da colheita foram submetidos ao teste de correlação de Pearson com a severidade da degenerescência da polpa após o armazenamento.

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi observada correlação entre os atributos de maturação na colheita e a incidência e severidade da degenerescência da polpa, nas duas condições de armazenamento (dados não apresentados). Isto ocorreu, pois, não houve diferenças substanciais entre os pomares dos três municípios, evidenciando que o estágio de maturação era semelhante.

Nas condições de armazenamento com baixo CO_2 ($< 0,5$ kPa) não houve relação da degenerescência de polpa com a incidência de pingo-de-mel (dados não apresentados). Todavia, a severidade de degenerescência de polpa nos frutos armazenados em 2,0 kPa CO_2 , apresentou correlação significativa ($p < 0,05$) e negativa com a incidência de pingo-de-mel no momento da colheita, apesar desta correlação ter sido baixa ($r = -0,42$). Este resultado foi surpreendente, pois em outros trabalhos, este distúrbio fisiológico tem se relacionado positivamente com a degenerescência de polpa em maçãs (Brackmann et al., 2001; Brackmann et al., 2002). E então, no presente trabalho, essa correlação pode ser devido ao fato de que, apesar de os frutos estarem no mesmo estágio de maturação, a incidência de pingo-de-mel e degenerescência de polpa foi diferente para cada município após o armazenamento, sendo que frutos de Fraiburgo apresentavam menor pingo-de-mel na colheita e maior degenerescência de polpa após o armazenamento, os frutos de Vacaria apresentavam baixo pingo-de-mel na colheita e baixa degenerescência de polpa após o armazenamento, e os

frutos de São Joaquim, apresentavam alto pingo-de-mel na colheita e alta degenerescência de polpa após o armazenamento, é possível que outros fatores sejam mais importantes na predisposição do desenvolvimento do distúrbio. Para Brackmann et al. (2002), maçãs que apresentam pingo-de-mel no momento da colheita, são mais propícias a desenvolverem degenerescência de polpa após armazenamento prolongado. Contudo, em todos esses trabalhos foram utilizados frutos de um mesmo local de produção, porém com diferentes estádios de maturação.

Com relação aos teores de minerais nos tecidos da polpa, frutos com e sem degenerescência de polpa, diferiram apenas quanto ao teor de Ca (Tabela 8). Este nutriente foi menor nos frutos com degenerescência de polpa, que também apresentaram maior relação Mg/Ca. A maior relação se deve ao Ca propriamente dito, pois os teores de Mg, quando analisados individualmente, não diferiram nos tecidos de frutos com e sem degenerescência. Quanto aos teores de K e as relações nutricionais K/Ca e (K+Mg)/Ca, não houve diferenças entre frutos com e sem degenerescência de polpa (Tabela 8).

Entre todos os nutrientes, o Ca é translocado para os frutos em pequenas quantidades, mesmo que seja suficientemente disponível no solo dos pomares, e distúrbios fisiológicos relacionados com deficiência deste nutriente, são caracterizados por uma deterioração das membranas celulares, com consequente perda de turgor e extravasamento de suco celular (Saure, 2005). De acordo com Saquet et al. (2006), a manifestação da degenerescência de polpa é caracterizada pela redução da integridade de membranas, ocorrendo descompartmentalização celular. Para o 'bitter pit', distúrbio fisiológico relacionado com deficiência de Ca em maçãs, estudos mostram que há um acúmulo deste nutriente no vacúolo e ligação do mesmo na parede celular, o que causa uma diminuição do nutriente no apoplasto, resultando no aumento da permeabilidade de membranas, plasmólise e consequentemente morte celular (Freitas et al., 2010). O mecanismo que explica como ocorre a perda de integridade de membranas em maçãs com 'bitter pit', pode ser semelhante ao que ocorre com frutos que apresentam degenerescência de polpa, tendo em vista que ambos os distúrbios fisiológicos estão relacionados com menores teores de Ca nos tecidos.

Os baixos níveis de Ca em frutos também são atribuídos a incapacidade de transporte desse nutriente para toda a planta, pois outros tecidos que crescem vigorosamente demandam por concentrações elevadas de Ca, e ainda na planta, pode ocorrer uma competição por Ca, entre frutos com baixa transpiração e regiões da planta que crescem vigorosamente (Saure, 2005).

Tabela 8. Atributos minerais (mg kg^{-1}) na polpa dos frutos de maçãs 'Fuji' sem e com degenerescência de polpa armazenadas em duas condições de AC ($1,2 \text{ kPa O}_2 + <0,5 \text{ kPa CO}_2$ e $1,2 \text{ kPa O}_2 + 2,0 \text{ kPa CO}_2$).

Degenerescência de polpa	Ca	Mg	K	Mg/Ca	K/Ca	(K+Mg)/Ca
Sem	80,28	51,16	775,99	0,64	10,93	776,64
Com	66,59	50,27	704,60	0,77	9,93	705,37
Probabilidade	<0,0001	ns	ns	<0,0001	ns	ns
CV (%)	15,59	14,81	24,41	18,91	31,29	24,38

Considerando o cálcio, a ACD, primeira função discriminante canônica (FCD_1), explicou 100% da variação total, então, a mesma foi considerada para a análise multivariada dos dados. O teste estatístico multivariado Wilks Lambda, mostrou diferenças significativas ($p < 0,0001$) entre frutos com e sem degenerescência de polpa para a FCD_1 . A FCD_1 apresentou correlação canônica de 0,5621, indicando uma considerável associação entre os teores de cálcio e a degenerescência de polpa.

O coeficiente da taxa de discriminação paralela (TDP) foi utilizado para identificar qual atributo nutricional melhor discrimina frutos com e sem degenerescência de polpa, dentro de cada município. Este coeficiente é obtido por meio do produto entre valores dos coeficientes canônicos padronizados (CCP) e os coeficientes de correlação canônica (r) (Amarante et al., 2006).

Os CCP's da FCD_1 demonstram uma separação entre frutos com e sem degenerescência de polpa, considerando os teores de Ca dos frutos provenientes de Fraiburgo e São Joaquim, pois os mesmos foram os municípios que apresentaram degenerescência de polpa com maior severidade (degenerescência severa) e conseqüentemente menores teores de Ca (Figura 1).

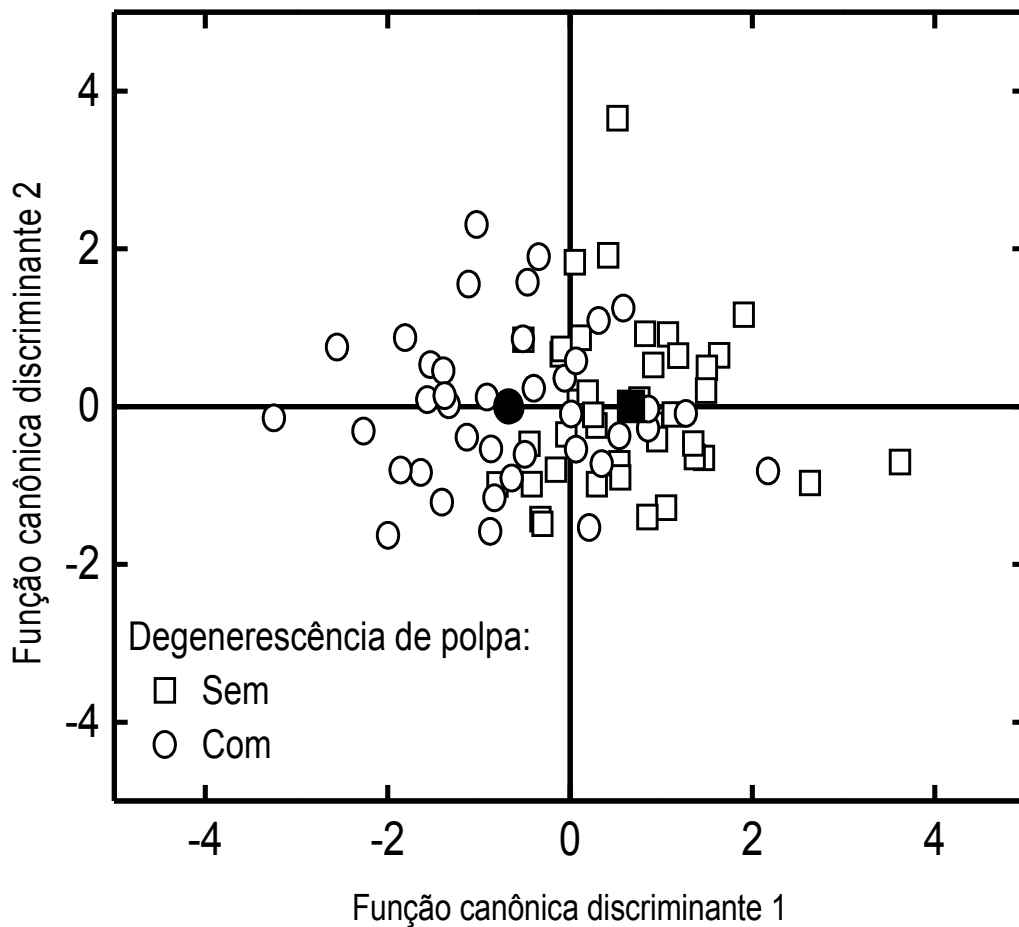


Figura 1. Coeficientes canônicos padronizados das funções canônicas discriminantes 1 e 2, em maçãs 'Fuji' sem e com degenerescência de polpa, considerando os teores de cálcio avaliados na polpa.

Os teores de Ca apresentaram maiores valores de coeficientes TDP's para frutos de Fraiburgo e São Joaquim (Tabela 9), indicando que este nutriente é o que melhor discrimina frutos com e sem degenerescência de polpa para os pomares destes dois municípios. Para Fergusson et al. (1999), o Ca é o nutriente mais comumente associado com distúrbios pós-colheita. Porém, com relação à degenerescência de polpa nesta cultivar, ainda há poucos trabalhos demonstrando os efeitos do Ca, e de maneira geral, as relações deste nutriente com escurecimento de polpa em maçãs precisam ser claramente entendidas (James & Joblin, 2009).

Hunsche et al. (2003) verificaram que a degenerescência de polpa em maçãs 'Fuji' armazenadas em AC possuem relação com teores de K, sendo que, quanto menores os teores desse nutriente na polpa do fruto, menor a incidência de degenerescência de polpa. Todavia,

Neuwald et al. (2008) verificaram correlação positiva entre teores de K e relações K/Ca com a degenerescência de polpa em maçãs 'Braeburn'. Esses autores afirmaram que, para esta cultivar, o K é o que melhor se correlaciona com o distúrbio, pois é responsável pela ativação de algumas enzimas e é antagonista do Ca. Porém no presente trabalho, este nutriente não foi o que apresentou maior relação com a degenerescência de polpa nos pomares dos três municípios.

Frutos provenientes de Vacaria, diferentemente daqueles de Fraiburgo e São Joaquim, apresentaram maiores coeficientes TDP's para as relações K/Ca e Mg/Ca, o que pode ser devido, principalmente, aos teores de cálcio, que apresentam maior CCP e maior coeficiente de correlação (*r*) (Tabela 9). Os nutrientes Mg e K podem causar uma inibição da absorção do Ca na polpa dos frutos (James & Joblin, 2009), cujo efeito é resultado de uma competição com Ca por sítios de ligações na membrana plasmática. Contudo, o Mg e K não substituem o Ca no seu papel estrutural e de estabilidade a membranas (Freitas et al., 2010).

Tabela 9 - Coeficientes canônicos padronizados (CCP), coeficiente de correlação (*r*) e coeficientes da taxa de discriminação paralela (TDP) para a função canônica discriminante 1, referente a composição química (mg kg⁻¹) e as relações nutricionais de maçãs 'Fuji' com degenerescência de polpa armazenadas em duas condições de AC (1,2 kPa O₂ + <0,5 kPa CO₂ e 1,2 kPa O₂ + 2,0 kPa CO₂).

Função Canônica Discriminante 1 (FCD 1)			
Atributo	CCP	<i>r</i>	TDP
Fraiburgo			
Ca	1,42	0,73	1,0444
K/Ca	0,93	-0,001	-0,0017
Mg/Ca	0,09	-0,47	-0,0427
Vacaria			
Ca	0,31	0,84	0,2681
K/Ca	-0,50	-0,80	0,4030
Mg/Ca	-0,42	-0,76	0,3287
São Joaquim			
Ca	0,60	0,92	0,5624
K/Ca	-0,02	-0,53	0,0149
Mg/Ca	-0,48	-0,87	0,4226

Como Ca foi o nutriente que apresentou maior relação com a incidência de degenerescência da polpa em maçãs 'Fuji' após o armazenamento, foi possível explicar a severidade do distúrbio fisiológico com a concentração deste nutriente nos tecidos da polpa dos frutos em todos os municípios avaliados. Observou-se que, quanto maior a severidade da

degenerescência de polpa, menores foram os teores de Ca nos frutos em todos os municípios, ocorrendo relação linear para Vacaria e São Joaquim e relação exponencial para Fraiburgo (Figura 2).

James & Joblin (2009), em trabalho com maçãs ‘Cripps Pink’ de diferentes regiões e anos de produção, encontraram correlação significativa entre o escurecimento de polpa e nutrientes como Ca, Mg e K nos tecidos, demonstrando que em cada região há um comportamento diferente dessa relação entre nutrientes e escurecimento de polpa, concordando com os resultados do presente trabalho. Para estes autores o Ca é o nutriente mais ligado ao escurecimento de polpa em maçãs armazenadas por períodos prolongados, pois sua concentração está ligada a uma degradação da lamela média que ocorre durante o armazenamento. Essa degradação afeta a estabilidade da parede celular, podendo afetar a estabilidade da membrana plasmática. No entanto, esse efeito do Ca ainda precisa ser claramente definido.

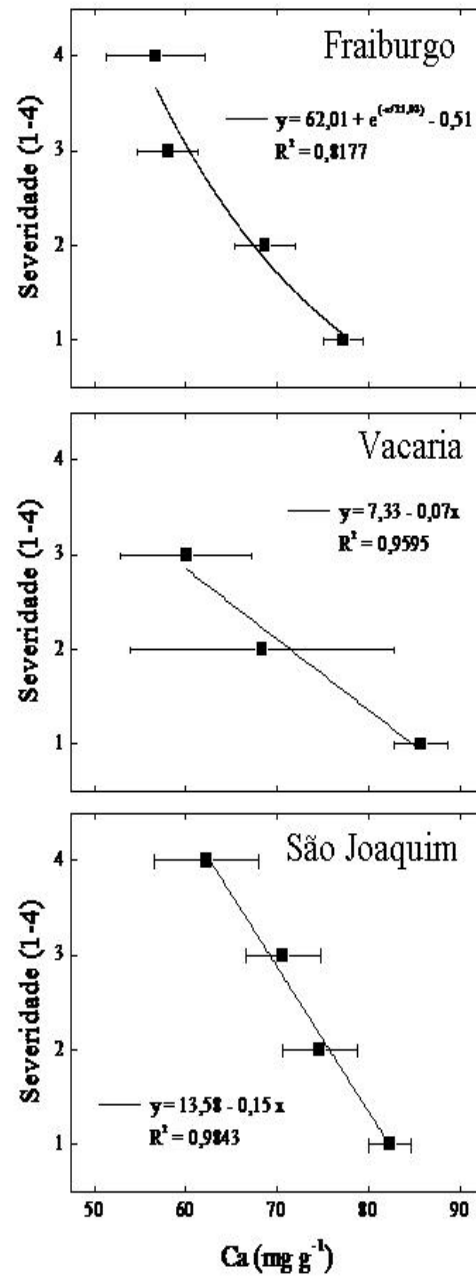


Figura 2. Relação entre teores de cálcio na polpa do fruto e a severidade da degenerescência da polpa em maçãs ‘Fuji’ provenientes de pomares dos municípios de Fraiburgo, Vacaria e São Joaquim e armazenadas em AC.

3.6 CONCLUSÃO

1. Maçãs 'Fuji' com degenerescência de polpa apresentam menor concentração de Ca.
2. Quanto menor o teor de Ca em maçãs 'Fuji' armazenadas em atmosfera controlada, maior será a severidade de degenerescência de polpa.
3. Os teores de Mg e K na polpa de maçãs 'Fuji' não possuem relação com a degenerescência de polpa.
4. O pingo-de-mel no momento da colheita apresenta correlação negativa com a degenerescência de polpa de maçãs 'Fuji' armazenadas em atmosfera controlada com alto CO₂ (2 kPa).

4 CONCLUSÕES GERAIS

A condição de armazenamento em atmosfera controlada de 1,2 kPa de O₂ + 2,0 kPa de CO₂ retarda o amadurecimento de maçãs 'Fuji', reduz o desenvolvimento da podridão carpelar após o armazenamento, porém aumenta a ocorrência de degenerescência de polpa.

Os fatores climáticos umidade relativa e precipitação pluviométrica durante o desenvolvimento dos frutos no pomar não apresentam efeito na suscetibilidade de degenerescência de polpa em maçã 'Fuji'. Temperaturas médias mais baixas durante o desenvolvimento dos frutos aumentam a suscetibilidade de maçãs 'Fuji' a degenerescência de polpa durante o armazenamento em AC.

Os frutos de plantas dos porta-enxertos Marubakaido e Marubakaido com filtro M9 apresentam maior degenerescência de polpa quando armazenados em atmosfera controlada, se comparados ao porta-enxerto MM-106. Plantas com porta-enxerto MM-106 proporcionaram frutos com maiores teores de Ca e menores teores de K, além de menores relações além de menores relações K/Ca, Mg/Ca e (K+Mg)/Ca e uma menor degenerescência de polpa após o armazenamento em atmosfera controlada.

Maçãs 'Fuji' com degenerescência de polpa apresentam menor concentração de Ca e maior relação Mg/Ca na polpa, e quanto menor o teor de Ca em maçãs 'Fuji' armazenadas em atmosfera controlada, maior será a severidade de degenerescência de polpa. Os teores de Mg e K na polpa de maçãs 'Fuji' não possuem relação com a degenerescência de polpa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O planejamento de condições ideais de armazenamento para maçãs 'Fuji' deve ser feito de acordo com as condições climáticas no ano de produção e região agrícola, tipo de porta-exerto utilizado e também com o número de adubações foliares com cloreto de cálcio.

Para trabalhos futuros, sugere-se uma análise de teor de nitrogênio no fruto, e sua relação com o cálcio, para que assim possa ser realizado um planejamento ideal de adubação dos pomares.

Seria importante também serem realizados trabalhos ao longo dos anos, com agrupamento de todos os dados de temperatura dos pomares e, através de uma equação, verificar a temperatura crítica que predispõe os frutos à degenerescência de polpa após o armazenamento, isso possibilitaria ao produtor, uma redução de perdas, já que seria possível prever a ocorrência desse distúrbio.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ANDZIAK, J.; TOMALA, K. Influence of rootatocks on mineral nutrition, fruit maturity and quality of ‘Jonagold’ apples. **Sodininkyste ir Darzininkyste**, Lithuanian Babtai, v.23, n.1, p.20-32, 2004.

ARGENTA, L. C.; BRACKMANN, A. MONDARDO, M. Qualidade pós-colheita de maçãs armazenadas sob diferentes temperaturas e concentrações de CO₂ e O₂. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v.6, n.2, p.121-126, 1994.

BENDER, J. R. Colheita e armazenagem. **In: Manual da cultura da macieira**. Florianópolis, EMPASC, 1986. 562p. P.521-562.

BLANKENSHIP, S.M.; DOLE, J.M. 1-Methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.28, p.1-25, 2003.

BORTOLUZZI, G. **Efeito das temperaturas de armazenamento e condições de atmosfera controlada sobre a qualidade da maçã ‘Fuji’**. 1997. 93p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

BOWEN, J. H.; WATKINS, C. B. The effect of watercore severity on carbohydrate levels in ‘Fuji’ apples. In: POSTHARVEST, 1996, Taupo. **Abstracts...** Taupo, 1996, p.152.

BOWEN, J. H.; WATKINS, C. B. Fruit maturity, carbohydrate and mineral content relationships with watercore in ‘Fuji’ apples. . **Postharvest Biology and Tehnology**, Amsterdam ,v.11, p.31 – 38, 1997.

BRACKMANN, A. SAQUET, A.A Efeito das condições de atmosfera controlada sobre a ocorrência de degenerescência em maçã ‘Fuji’. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.52, n.2, p.263-267, 1995.

BRACKMANN, A.; BORTOLUZZI, G.; BORTOLUZ, L.; Controle da degenerescência da polpa da maçã ‘Fuji’ com concetrações dinâmicas de O₂ e CO₂ e redução da umidade relativa

durante o armazenamento em atmosfera controlada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.29, p.459-463, 1999.

BRACKMANN, A.; STEFFENS, C.A.; WACLAWOSKY, A.J. Efeito da temperatura e da pressão parcial de CO₂ sobre maçã 'Gala' armazenada sob atmosfera controlada mantendo pressão parcial ultra-baixa de oxigênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.24, p.25-32, 2000.

BRACKMANN, A.; NEUWALD, D.A.; STEFFENS, C.A. Armazenamento de maçã 'Fuji' com incidência de pingo de mel. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.3, p.526-531, 2001.

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.37-45, 2002a.

BRACKMANN, A.; STEFFENS, C.A.; WACLAWOSKY, A.J. Influência da época de colheita e do armazenamento em atmosfera controlada na qualidade da maçã 'Braeburn'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, p.295-301, 2002b.

BRACKMANN, A.; GIEHL, R.; ANTES, R. B.; NEUWALD, D.A.; SESTARI, I.; PINTO, J.A.V. Condições de atmosfera controlada para o armazenamento de maçãs 'Royal Gala' de diferentes tamanhos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, p.1049-1053, 2005a.

BRACKMANN, A.; GIEHL, R.F.; SESTARI, I.; STEFFENS, C.A. Condições de atmosfera controlada, temperatura e umidade relativa no armazenamento de maçãs 'Fuji'. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.4, p.803-809, 2005b.

BRACKMANN, A.; GUARIENTI, A.J.W.; SAQUET, A.A.; GIEHL, R.F.H.; SESTARI, I. Condições de atmosfera controlada para maçã 'Pink Lady'. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, p.504-509, 2005c.

CANTILLANO, F.F.; GIRARDI, C.L. Distúrbios fisiológicos. In: EMBRAPA. (Org.). **Frutas do Brasil, Maçã Pós-colheita**. Brasília: EMBRAPA, 2004, v.39, p.45-53.

CLARCK, C. J.; MACFALL, J. S.; BIELESKI, R. L. Amelioration of watercore in 'Fuji' apple viewed by two-and-three-dimensional nuclear magnetic resonance imaging. In: PH 96 INTER. POSTHARVEST SCI, CONF., 1996, Taupo. **Abstracts...** Taupo, 1996. p.90. p.76.

CLARCK, C.J.; MCGLONE, V.A.; JORDAN, R.B. Detection of brownheart in Braeburn apple by transmission NIR spectroscopy. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.28, p.87-96, 2003.

CORRÊA, T.R.; STEFFENS, C.A.; AMARANTE, C.V.T.; BRACKMANN, A.; SILVEIRA, J.P.G.; TANAKA, H.; BOTH, V. Qualidade de maçãs 'Fuji' armazenadas em atmosfera controlada e influência do clima na degenerescência da polpa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.6, p.531-538, 2010.

EL MNIAI, E.H. Les techniques de pré-et post recolte affectant la qualite dès fruits des agrumes "ortaline". In Postharvest Physiology, Pathology and Tecnologies for horticultural commodities. Agadir, Marrocos. **Proceedings**. p.36-42, 1994.

EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis:EPAGRI, 2002. 743p.

FAN, X. **Maturity and storage of 'Fuji' apples**. 1992. 201p. Thesis (Master Science in Horticulturae) – Washington State University, Washington.

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

FERGUSON, I.; VOLZ, R.; WOOLF, A. Preharvest factors affecting physiological disorders of fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.15, p.255-262, 1999.

FREITAS, S.T. DE; AMARANTE, C.V.T.; LABAVITCH, J.M.; MITCHAM, E. Cellular approach to understand bitter pit development in apple fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.57, n.1, p.5-13, 2010.

GIORGI, M; CAPOCASA, F.; SCALZO, J.; MURRI, G.; BATTINO, M.; MEZZETTI, B. The rootstock effects on plant adaptability, production, fruit quality, and nutrition in the peach (cv. 'Suncrest'). **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.107, p.36-42, 2005.

HARKER, F.R.; WATKINS, C.B.; BROOKFIELD, P.L.; MILLER, M.J.; REID, S.; JACKSON, P.J.; BIELESKI, R.L.; BARTLEY, T. Maturity and regional influences on watercore development and its postharvest disappearance in 'Fuji' apples. **Journal os the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.124, n.2, p.166-172, 1999.

HUNSCHE, M. **Efeito da adubação potássica sobre a composição mineral e qualidade pós-colheita de maçãs (*Malus domestica* Borkh.), cv. Fuji**. 2001. 80p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

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

IUCHI, V. L.; IUCHI, T. Descrição dos distúrbios fisiológicos da macieira. In: **Distúrbios fisiológicos nutricionais em macieira**. Florianópolis, EPAGRI, 2001. 74p. p.12-61.

JAMES, H.J.; JOBLING, J.J. Contrasting the structure and morphology of the radial and diffuse flesh browning disorders and CO₂ injury of 'Cripps Pink' apples. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.53, p.36-42, 2009.

KLUCH, H. D. W.; BRACKMANN, A.; STEFFENS, C.A.; MELLO, A.M. de ; FREITAS, S.T. de . Qualidade pós-colheita de maçãs cv. Fuji armazenadas em atmosfera controlada. In: JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA, 16, 2001, Santa Maria. **CDROM**. Santa Maria:UFSM, 2001.

KONOPACKA, D.; PLOCHARSKI, W.J.; Effect of storage conditions on the relationship between apple firmness and texture acceptability. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.32, p.205-211, 2004.

KRETZSCHMAR, A.A.; MARODIN, G.A.B; DUARTE, V.; SANHUEZA. R.M.V.; GUERRA, D.S. Efeito de fitorreguladores sobre a incidência de podridão carpelar em maçãs 'Fuji'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.29, p.414-419, 2007.

KUPFERMAN, E. Controlled atmosphere storage of apples. In INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, 7, **Proceedings**. v.2, p.1-30, University of California, Davis, 1997.

LIMA JÚNIOR, E.C.; ALVARENGA, A.A.; CASTRO, E.M.; VIEIRA, C.V.; OLIVEIRA, H.M. Trocas gasosas, características das folhas e crescimento de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.5, p.1092-1097, 2005.

LAMMERTYN, J.; AERTS, M.; VERLINDEN, B.E. et al. Logistic regression analysis of factors influencing core breakdown in 'Conference' pears. **Postharvest Biology and technology**, Amsterdam, v.20, p.25-37, 2000.

LAU, O.L. Influence of climate, harvest maturity, waxing, O₂ and CO₂ on browning disorders of Braeburn apples. In: INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, 1997, Davis. **Proceedings**. Davis: University of California, 1997. v.2, p.132-137.

MARTÍNEZ-BALLESTA, C.M.; ALCARAZ-LÓPEZ, C.; MURIES, B.; MOTA-CADENAS, C.; CARJAL, M. Physiological aspects of rootstock–scion interactions. *Scientia Horticulturae*, **Science Horticultural**, Amsterdam, article in press, 2010.

MATHIAS, C.; MAYER, N.A.; MATTIUZ, B.H.; PEREIRA, F.M. Efeito de porta-enxertos e espaçamentos entre plantas na qualidade de pêssegos ‘Aurora’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.30, n.1, p.165-170, 2008.

NEUWALD, D.A.; KITTEMANN, D.; STREIF, J. Possible prediction of physiological storage disorders in ‘Braeburn’ apples comparing fruit of different orchards. **Acta Horticulturae**, Wellington, n.796, p.211-216, 2008.

PARK, Y.; LEE, Y. Induction of modified atmosphere-related browning disorders in ‘Fuyu’ persimmon fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.47, p.346–352, 2008.

PARKER, M. L.; GUERRA, W.; Occurrence and implications for postharvest quality of intercellular callus hair grow in the outer cortex of apples of ‘Fuji’ and ‘Fuji’ sports. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.48, p.192-198, 2008.

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, p.110-116, 2008.

PEDRESCHI, R.; FRANCK, C.; LAMMERTYN, J.; ERBAN, A.; KOPKA, J.; HERTOOG, M.; VERLINDEN, B.; NICOLAI, B. Metabolic profiling of ‘Conference’ pears under low oxygen stress. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.51, p.123-130, 2009.

RATO, A.E.; AGULHEIRO, A.C.; BARROSO, J.M.; RIQUELME, A.F. Soil and rootstock influence on fruit quality of plums (*Prunus domestica* L.). **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.118 p 218–222, 2008.

REMORINI, D.; TAVARINI, S.; DEGL’INNOCENTI, E.; LORETI, F.; MASSAI, R.; GUIDI, L. Effect of rootstocks and harvesting time on the nutritional quality of peel and flesh of peach fruits. **Food Chemistry**, Amsterdam, v.110, p. 361–367, 2008.

SANHUEZA, R.M.V.; BETTI, J. A. Doenças da macieira. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (Org.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. p.421-433.

SAQUET, A.A.; STREIF, J., BANGERTH, F. Changes in ATP, ADP and pyridine nucleotide levels related to the incidence of physiological disorders in 'Conference' pears and 'Jonagold' apples during controlled atmosphere storage. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Ashford, v.75, p.243-249, 2000.

SAQUET, A.; STREIF, J. Respiration and ethylene production by apples stored in different oxygen concentrations. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.8, p.71-75, 2002.

SAQUET, A.A.; STREIF, J., BANGERTH, F. Energy metabolism and membrane lipid alterations in relation to brown heart development in 'Conference' pears during delayed controlled atmosphere storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.30, p.123-132, 2003.

SAQUET, A.A.; STREIF, J. Fermentative metabolism in 'Conference' pears under various storage conditions. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Ashford, v.81, n.5, p.910-914, 2006.

SAS INSTITUTE. **Getting started with the SAS learning edition**. Cary: SAS Institute, 2002. 200p.

SAURE, M. C., Calcium translocation to fleshy fruit: its mechanism and endogenous control. **Science Horticultural**, Amsterdam, n.105, p.65-89, 2005.

SCHÄFER, G.; PANZENHAGEN, N.V.; SARTORI, I.A.; SCHWARZ, S.F.; KOLLER, O. C. Produção e desenvolvimento da tangerineira 'montenegrina' propagada por enxertia e estaquia, no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.3, p.668-672, 2001.

STEFFENS, C.A.; BRACKMANN, A. Armazenamento de maçãs 'Fuji' em diferentes condições de O₂ e CO₂. **II Simpósio Brasileiro de Pós-Colheita de Frutas, Hortaliças e Flores**, 2007, Viçosa. Palestras e Resumos. Viçosa: UFV, 2007. p. 300-300.

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

STEFFENS, C.A.; AMARANTE, C.V.T. DO; SILVEIRA, J.P.G. DA; CHECHI, R.; ESPÍNDOLA, B.P. Tolerância ao dano pelo frio em goiabas 'Pedro Sato' submetidas ao condicionamento térmico. **Biotemas**, Florianópolis, v.21, n.3, p.75-80, 2008.

STEFFENS, C.A.; AMARANTE, C.V.T.; ALVES, E.O.; TANAKA, H.; BRACKMANN, A.; BOTH, V. Armazenamento de ameixas 'Laetitia' em atmosfera modificada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.9, p.2439-2444, 2009.

SZÜCS, E.; KALLAY, T. Data for physiological interpretation of fruit load on storage quality of 'Jonathan' apples. **Acta Horticulturae**, Wellington, n.485, p.357-362, 1999.

TOMALA, K.; DILLEY, D.R. Some factors influencing the calcium level in apple fruits. **Acta Horticulturae**, Wellington, n.274, p.481-487, 1990.

TROMP, J. The effect of temperature on growth and mineral nutrition of fruits of apple, with special reference to calcium. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, n.33, p.87-93, 1975.

VELTMAN, R.H.; LENTHERIC, I.; VAN der PLAS, L.H.W.; et al. Internal browning in pear fruit (*Pyrus communis* L. cv Conference) may be a result of a limited availability of energy and antioxidants. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.28, p.295-302, 2003.

WATKINS, C. B.; BROOKFIELD, P.L.; HARKER, F.R. Development of maturity indices for the 'Fuji' apple cultivar in relation to watercore incidence. **Acta Horticulturae**, Wellington, n.326, p.267-275, 1993.

WATKINS, C. B.; BURMEISTER, D. M.; ELGAR, H. J. Et al. A comparison of two carbon dioxide-related injuries of apple fruit. In INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, 7, **Proceedings**. v.2, p.119-124, 1997. University of California, Davis, 1997.

WILLIAMS, M. W. Relationship of sugars and sorbitol to watercore in apples. **Proceedings of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.88, p.67-76, 1966.

WILLS, R.B.H.; SCOTT, K.J. Studies on the relationship between minerals and the development of storage breakdown in apples. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v.32, p.331-338, 1981.

YAMADA, H.; OHMURA, H.; ARAI, C.; TERUI, M. Effect of preharvest fruit temperature on ripening, sugars, and watercore occurrence in apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, n.119, p.1208-1214, 1994.

ZHENG, W.; YOU, C.; DU, Z.; ZHAI, H. Dynamic changes in the calcium content of several apple cultivars during the growing season. **Agricultural Sciences in China**, Beijing, n.12, p.933-937, 2006.