

# ***Métodos de conservação da qualidade da fruta***



***Luiz Carlos Argenta<sup>1</sup>***  
***Lucimara Rogéria Antonioli<sup>2</sup>***  
***Gilberto Nava<sup>3</sup>***

## **1. INTRODUÇÃO**

A refrigeração, a atmosfera controlada (AC) com baixo O<sub>2</sub> e alto CO<sub>2</sub>, a inibição da ação do etileno com 1-MCP e o emprego de máquinas modernas de classificação e embalagem dos frutos são as principais tecnologias adotadas comercialmente nos principais centros de produção de maçãs, inclusive no Brasil, para redução da deterioração da qualidade de maçãs após a colheita.

Métodos de aprimoramento da AC para aumento dos seus benefícios sobre a conservação da qualidade de maçãs têm sido testados nas principais regiões de produção há décadas. Esses estudos tem permitido identificar (1) os regimes de temperatura, O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> seguros (aplicáveis comercialmente) específicos para cada cultivar, localizações geográficas e período de armazenagem, (2) os benefícios da AC rápida para cultivares precoces e da AC lenta para cultivares tardias, (3) as variações dos benefícios da AC com baixo etileno para diferentes cultivares e regiões, (4) os benefícios da AC com ultra-baixo O<sub>2</sub> (< 1%) e (5) os benefícios da combinação 1-MCP + AC específicos para cada cultivar, estágio de maturação e região de produção.

Os principais fatores que tem limitado a expansão do período de armazenagem de maçãs no Brasil tem sido a incidência de podridões em cvs. Por outro lado, os sintomas de danos mecânicos depreciam a qualidade e estão entre os distúrbios de maior incidência em maçãs 'Gala' e 'Fuji', bem como a perda de firmeza e a incidência do distúrbio 'polpa amarronzada' em cvs. Gala e a incidência de escaldadura superficial e dano por CO<sub>2</sub> em cvs. Fuji. Nesse capítulo são relatados os resultados de experimentos desenvolvidos para avaliar: 1) Os efeitos da remoção do etileno em câmara de atmosfera controlada sobre a conservação da

---

<sup>1</sup> Eng. Agrônomo, Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina/ EPAGRI/SC, Caixa Postal 591, CEP 89500-000, Caçador, SC. E-mail: argenta@epagri.sc.gov.br.

<sup>2</sup> Eng. Agrônoma, Pesquisadora da Embrapa Uva e Vinho, Caixa Postal 130, CEP 95700-000, Bento Gonçalves, RS. E-mail: lucimara@cnpuv.embrapa.br.

<sup>3</sup> Eng. Agrônomo, Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina/ EPAGRI/SC, Caixa Postal 81, CEP 88600-000, São Joaquim, SC. E-mail: nava@epagri.sc.gov.br.

qualidade de maçãs 'Gala'; 2) A interação entre temperatura de armazenagem e maturação na colheita para maçãs 'Gala' tratadas e não tratadas com 1-MCP; 3) Os efeitos da AC com ultra-baixo oxigênio sobre a conservação da qualidade de maçãs 'Fuji Suprema' e 'Kiku'; 4) Os efeitos da fertilização de pomares com boro sobre a maturação e qualidade de maçãs 'Imperial Gala' e 'Fuji Suprema' na colheita e após a armazenagem; 5) E a incidência e magnitude dos danos mecânicos que podem ocorrer em maçãs nas diversas etapas das operações de colheita, classificação e embalagem.

A AC com baixo etileno pode aumentar a conservação de maçãs 'McIntosh' (Liu, 1977), 'Bramley's seedling' (KNEE; HATFIELD, 1981), 'Golden Delicious' (LANGE; FICA, 1984), 'Empire' (BLAMPIED, 1985), especialmente sob alto O<sub>2</sub> (>2%) e de maçãs 'Cox's' (STOW; GENGE, 1990) mesmo sob AC com baixo O<sub>2</sub>. Por outro lado, outros estudos indicam que a armazenagem de maçãs 'Delicious', 'Golden Delicious', 'Idare' e 'Cortland', sob AC (3% de O<sub>2</sub> + 3% de CO<sub>2</sub>) sob baixo etileno (<1 ppm) não promove aumento significativo da conservação da qualidade dos frutos comparado a AC com alto (10 ppm ou 500 ppm) etileno (LIU, 1977). Lau (1989), também não observou benefícios significativos da remoção do etileno para maçãs 'Golden Delicious', 'Red Delicious' e 'Spartan' armazenadas sob 1,5% de O<sub>2</sub> ou em 'McIntosh' armazenadas sob 2,2 % de O<sub>2</sub>. Para varias cultivares de maçãs, a remoção do etileno tem pouco efeito quando armazenadas sob 1,5% de O<sub>2</sub>, mas pode aumentar a conservação da firmeza de maçãs de algumas cultivares quando armazenadas sob concentração O<sub>2</sub> de 2% ou mais (LIDSTER et al., 1983; LIU, 1985; LAU, 1989; GRAEL, 1990; NARDIN,1990). A maioria dos estudos indica que a remoção do etileno é mais efetiva, se os frutos forem colhidos em estágio pré-climactérico que nos frutos colhidos tardiamente. Os benefícios da AC com baixo etileno para conservação de maçãs 'Gala' no Brasil têm sido demonstrados ao nível experimental (BRACKMANN et al., 2003), mas, aparentemente não tem sido evidentes ao nível comercial, pelo menos para algumas empresas.

O distúrbio 'polpa amarronzada' em maçãs 'Gala' tem sido considerado uma forma de degenerescência senescente por que é mais frequente e severa em frutos colhidos tardiamente e após longos períodos de armazenagem e de prateleira (ARGENTA; MONDARDO, 1994). Entretanto, há observações (dados não publicados) que 'polpa amarronzada' em maçãs 'Gala' também pode se desenvolver em frutos colhidos em estágio pré-climatérico e que apresentam, após a AC, firmeza da polpa superior 14 lb e cor de fundo verde claro. Essas observações têm gerado a hipótese que o desenvolvimento de 'polpa amarronzada' em maçãs 'Gala' pode ser afetado pela interação temperatura de armazenagem, atmosfera de armazenagem e maturação na colheita.

A maioria dos novos pomares de 'Fuji' são dos clones 'Suprema', 'Kiku' e 'Mischima'. A alta intensidade de cor vermelha desses clones favorece a colheita precoce dos frutos. A colheita precoce é uma importante estratégia para redução da incidência de podridões dos frutos durante a armazenagem. No entanto, frutos de 'Fuji' colhidos precocemente são mais susceptíveis a escaldadura superficial durante a armazenagem. O tratamento 1-MCP previne eficientemente (até 100% de controle)

o desenvolvimento de escaldadura superficial em maçãs (FAN et al., 1999). Da mesma forma, AC rápida com O<sub>2</sub> ultra-baixo também reduz o desenvolvimento de escaldadura superficial em maçãs 'Granny Smith' (ZANELLA et al., 2005). Maçãs cvs. Fuji são suscetíveis ao dano por CO<sub>2</sub> (ARGENTA et al., 1994), especialmente quando colhidas tardiamente (ARGENTA et al., 2002). Entretanto, tanto o tratamento 1-MCP quanto a AC rápida aumentam o risco de dano por CO<sub>2</sub> (ARGENTA et al., 2000 e 2001).

Boro é um micronutriente mineral essencial ao crescimento e desenvolvimento de plantas. A função do boro ao nível molecular ainda é pouco entendida embora haja evidência de seu papel na síntese de componentes e estrutura da parede celular, estabilidade de membranas celulares, metabolismo de auxinas, ácidos nucleicos (RNA) e carboidratos e sobre o transporte de açúcares (MARSCHNER, 1995). Aparentemente, o boro tem papel importante no transporte e na estabilização do cálcio nas membranas e por isso, sua deficiência pode aumentar a expressão de distúrbios associados a deficiência de cálcio como a formação de cortiça na epiderme (MEHERIUK et al., 1994). Suplementação de boro na primavera pode aumentar a frutificação efetiva em fruteiras de clima temperado (FAUST, 1986). Adicionalmente, aplicações de boro nas semanas que antecede a colheita pode antecipar a maturação e favorecer o desenvolvimento de coloração avermelhada de maçãs (NACHTIGALL et al., 2004). No entanto, os efeitos da fertilização de pomares com boro sobre a conservação da qualidade de maçãs Galas e Fujis após a colheita não tem sido relatados no Brasil.

Os danos mecânicos podem ocorrer durante a colheita, transporte, beneficiamento e expedição e se caracterizam por lesões internas e/ou externas que causam depreciação da aparência e eventuais alterações fisiológicas associadas a senescência dos frutos. A cultivar, firmeza e turgescência da polpa, o estágio de maturação, o período de armazenamento, a temperatura do fruto e as condições da linha de beneficiamento e classificação são os principais fatores que podem alterar o risco de ocorrência de danos mecânicos (SEGATORI, 2008). A severidade dos danos causados por impactos nas linhas de beneficiamento é decorrente da velocidade de trabalho do equipamento, e portanto, velocidade com que os frutos são transportados, e das diferenças de altura entre os pontos de transferência. Dessa forma, o nível de impacto pode ser reduzido através da eliminação ou minimização das diferenças de altura entre os componentes da linha, controle da velocidade de transporte dos frutos, utilização de materiais com capacidade de absorção da energia de impacto e sincronização dos componentes da linha (HYDE; ZHANG, 1992; SEGATORI, 2008).

Atualmente, os principais estudos sobre danos mecânicos em frutas e verduras têm sido desenvolvidos com uso do instrumento 'esfera instrumentada'. Essa esfera, feita de plástico rígido, contém um sensor de impactos e um microprocessador que pode registrar o momento de ocorrência, a intensidade e a duração dos impactos em qualquer etapa dos processos de colheita, transporte, classificação e embalagem dos frutos. A esfera instrumentada (Techmark, Inc., Lansing, USA) substitui, com vantagens, o teste realizado com maçãs, destacando a

precisão e a rapidez de obtenção dos resultados. O equipamento vem sendo utilizado nas avaliações de linhas de beneficiamento de batatas (HYDE et al., 1992), cebola (BAJEMA; HYDE, 1995), laranjas (MILLER; WAGNER, 1991; FERREIRA et al., 2006), maçãs (BROWN et al., 1990) e tomate (SARGENT et al., 1992; FERREIRA et al., 2005).

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Armazenagem sob AC com baixo etileno

Maçãs 'Royal Gala' e 'Imperial Gala' de plantas tratadas e não tratadas com AVG (Retain<sup>TM</sup>, 830 g ha<sup>-1</sup>) foram colhidas em pomar comercial de Fraiburgo em diferentes estádios de maturação. Os frutos foram tratados ou não com 1 ppm de 1-MCP (SmartFresh<sup>SM</sup>) e então armazenadas sob AC na presença ou ausência de agente oxidante de etileno KMnO<sub>4</sub>. Os frutos foram armazenados em câmaras de AC de 0,150 m<sup>3</sup> a 0,5°C sob aproximadamente 1,5 % de O<sub>2</sub> mais 2,5 % de CO<sub>2</sub> por 7 meses. As atmosferas de armazenagem foram estabelecidas 72 h após a colheita pela injeção de N<sub>2</sub> e, então, corrigidas automaticamente a intervalos de 90 minutos pela injeção de N<sub>2</sub> comprimido e adsorção do CO<sub>2</sub> em colunas de carvão ativado. Após a armazenagem, os frutos foram mantidos na temperatura de 23°C sob atmosfera do ar por 7 dias.

As concentrações de etileno nas câmaras foram mantidas abaixo de 0,1 ppm (AC com baixo etileno) pelo uso de permanganato de potássio (KMnO<sub>4</sub>). Nas AC sem KMnO<sub>4</sub> (AC com alto etileno) as concentrações de etileno aumentaram gradativamente de aproximadamente 5 ppm (nos primeiros meses) a 50 ppm nos últimos meses pela injeção de etileno externo. Os frutos foram analisados quanto a firmeza da polpa (com penetrômetro motorizado digital), índice de amido (escala 1 a 9; 1=100% de amido, 9=0% de amido), conteúdo de sólidos solúveis, acidez titulável, e desenvolvimento de distúrbios fisiológicos (polpa amarronzada e rachaduras) e podridões. A severidade do distúrbio 'polpa amarronzada' (escurecimento difuso da polpa, mais intenso na região peduncular) foi estimado visualmente dando-se nota 1) para ausência de sintoma, 2) dano inicial, 3) dano moderado e 4) dano severo. A rachadura senescente foi avaliada como ausente ou presente. A severidade de podridões foi avaliada dando-se notas 1) para ausência de sintoma, 2) dano inicial, 3) dano moderado a severo. O delineamento experimental usado foi de blocos casualizados com 4 blocos de 30 frutos-repetição por tratamento, pomar e estádio de maturação. Cada bloco correspondeu a uma câmara de AC. As médias de tratamentos foram comparadas pelo teste de Fisher ( $p=0,05$ ).

### 2.2. Armazenagem de maçãs Gala sob AC com diferentes temperaturas

O experimento foi conduzido em 2006, 2007 e 2008. Maçãs 'Imperial Gala' e 'Royal Gala' tratadas e não tratadas com 1-MCP foram armazenadas por aproximadamente 8 meses sob AC com aproximadamente 1,5% O<sub>2</sub> mais 2,0% de CO<sub>2</sub>. As temperaturas médias de armazenagem foram -0,5°C e +0,5°C em 2006 e

2007 e de  $-0,9^{\circ}\text{C}$  e  $+0,5^{\circ}\text{C}$  em 2008. Em cada ano, foram colhidos frutos de três pomares de Fraiburgo. Colheram-se frutos com firmeza média de 17 a 19 lb de três pomares. Em um dos três pomares houve uma segunda colheita (tardia) de frutos com firmeza entre 16 e 17 lb, dependendo do ano. Os frutos foram analisados na colheita e sete dias depois de retirados das câmaras de armazenagem quanto a firmeza da polpa, índice de amido, conteúdo de sólidos solúveis (açúcares), acidez titulável, e desenvolvimento de distúrbios fisiológicos (polpa amarronzada e rachadura senescente) e podridões. A incidência e severidade do distúrbio polpa amarronzada (escurecimento difuso da polpa, mais intenso na região peduncular) e rachadura senescente foram avaliadas conforme descrito no experimento 1. O delineamento experimental usado foi de blocos ao acaso, com 4 blocos de 50 frutos-repetições por tratamento e pomar. Cada bloco correspondeu a uma câmara de AC. Os efeitos de temperatura foram determinados pelo teste F.

### 2.3. Armazenagem de Clones de Fuji sob AC com ultra baixo $\text{O}_2$

Maçãs 'Fuji', 'Fuji Suprema' e 'Kiku' foram colhidas precocemente (firmeza maior que 17 lb, amido menor que 6,5 na escala 1-9). Parte dos frutos foi tratada com 1 ppm de 1-MCP (SmartFresh<sup>SM</sup>). Os frutos foram armazenadas sob AC convencional (1,5 a 2% de  $\text{O}_2$  + 0,3 a 0,8% de  $\text{CO}_2$ ) ou sob AC Dinâmica com ultra baixo  $\text{O}_2$  (0,3 a 0,5% por 66 dias, 0,6 a 0,8% por 110 dias e 0,9 a 1% por 64 dias) e  $\text{CO}_2$  entre 0,3 a 0,4%. Os frutos foram armazenados por aproximadamente 240 dias em ambas as câmaras. As ACs foram estabelecidas aproximadamente 15 dias após a colheita dos frutos. O aumento da concentração do oxigênio na AC Dinâmica foi realizado com base no aumento da emissão de fluorescência de uma amostra de frutos. Os frutos foram analisados após a AC e após a AC mais 10 dias sob atmosfera do ar (AA) a  $0^{\circ}\text{C}$  e depois de 7 dias a  $23^{\circ}\text{C}$  quanto a taxa respiratória, produção de etileno, firmeza da polpa, acidez titulável, incidência de escaldadura superficial dano por  $\text{CO}_2$  e podridões. O experimento foi inteiramente casualizado com 100 frutos-repetição por tratamento, clone e data de análise.

### 2.4. Efeito de doses de Boro sobre a qualidade e maturação de Maçãs na Colheita e após a Armazenagem

Macieiras 'Imperial Gala' e 'Fuji Suprema' implantadas em 1999 foram tratadas com 9 doses de boro, a partir de 2002, em pomar comercial da região de São Joaquim. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com três repetições e os tratamentos foram arrançados em parcelas sub-divididas. A parcela principal abrigou as três épocas de aplicação foliar de boro: sem aplicação, na fase de botão rosado (0,3 % bórax) e em pós-colheita (0,6 % bórax). Na sub-parcela foram distribuídas as doses de boro via solo: 0, 2,5 e 5,0 kg  $\text{ha}^{-1}$ , as quais foram aplicadas a cada dois anos na faixa de projeção da copa.

A cada ano (2005 a 2008), os frutos de todos os tratamentos foram colhidos no mesmo dia no período de colheita comercial de frutos destinados a armazenagem por longos períodos. Em 2007, maçãs 'Fuji Suprema' foram colhidas em duas datas: precocemente (para longos períodos de armazenagem) e tardiamente (para curtos

períodos de armazenagem). Maçãs 'Imperial Gala' foram armazenadas sob atmosfera do ar (AA) e sob atmosfera controlada (AC, 1,8% O<sub>2</sub> + 2,5% CO<sub>2</sub>) por aproximadamente 7 meses enquanto maçãs 'Fuji Suprema' foram armazenadas sob AA e AC com baixo CO<sub>2</sub> (1,8% O<sub>2</sub> + 0,6% CO<sub>2</sub>) ou com alto CO<sub>2</sub> (1,5% O<sub>2</sub> + 2,5% CO<sub>2</sub>) por aproximadamente 8 meses.

Análises da maturação e qualidade dos frutos foram realizadas para 25 frutos por repetição na colheita e para 100 frutos por repetição após a armazenagem conforme descrito no experimento 1. A severidade dos distúrbios 'polpa amarronzada' (escurecimento difuso da polpa, mais intenso na região peduncular, em maçãs 'Imperial Gala') 'Bitter Pit', 'Blotch Pit', dano por CO<sub>2</sub> e escaldadura superficial foram estimados visualmente dando-se nota 1) para ausência de sintoma, 2) dano inicial, 3) dano moderado e 4) dano severo.

## **2.5. Incidência e magnitude dos danos mecânicos na colheita e após a colheita**

### **2.5.1. Magnitude dos danos mecânicos nas operações de colheita**

A avaliação da magnitude de impacto durante as operações de colheita foi realizada com auxílio de esfera instrumentada (Techmarck, Inc., Lansing, EUA), com diâmetro de 70 mm e massa de 165 g. Os ensaios foram conduzidos em uma única empresa, avaliando-se as cultivares 'Fuji' e 'Pink Lady' durante a colheita comercial, com o auxílio das equipes de colheita contratadas pela empresa. Foram avaliados os valores de impacto no descarregamento da sacola no 'bin', variando-se o nível de enchimento da sacola (inferior: sacola vazia, mediano: com frutos até a metade e superior: sacola cheia) e o nível de enchimento do bin (inferior: bin vazio, mediano: com frutos até a metade e superior: bin cheio). Para tanto, o colhedor foi solicitado a manipular a esfera instrumentada como uma maçã, colocando-a no interior da sacola e descarregando os frutos quando a sacola atingisse seu limite. Foi recomendado que a atividade fosse executada como de costume, não atribuindo maior ou menor nível de cuidado à operação de colheita. Adicionalmente, foi avaliado o nível de impacto durante a colheita com e sem o auxílio de escada. Nesse caso, os colhedores foram solicitados a colocar a esfera no fundo da sacola e continuar o procedimento de colheita, descarregando os frutos quando a sacola atingisse seu limite. As avaliações foram repetidas trinta vezes para cada combinação: cultivar, nível de enchimento da sacola, nível de enchimento de bin; e cultivar, uso de escada, tendo-se o cuidado de solicitar auxílio de diferentes colhedores e diferentes equipes de colheita. Os limites para medição do nível de impacto variaram de 15 a 500 G.

### **2.5.2. Magnitude e pontos de maior incidência de danos mecânicos nas linhas de classificação e embalagem**

Foram avaliadas sete linhas de beneficiamento e classificação de maçãs localizadas na região Sul do Brasil. As linhas foram agrupadas levando-se em consideração o fato de todas as etapas de beneficiamento e classificação estarem em uma única linha (Seleção/Embalagem) ou em linhas separadas (Pré-seleção e

Embalagem). Dessa forma, as linhas 1 e 2, embora com algumas diferenças estruturais, foram avaliadas conjuntamente e denominadas “Linha de Seleção/Embalagem”, enquanto as linhas 3, 4, 5 e 6 foram agrupadas e avaliadas quanto às etapas de “Pré-Seleção” e “Embalagem”. A linha 7 foi estudada separadamente, pois, ao contrário das demais, não utiliza água na recepção dos frutos.

A avaliação da magnitude de impacto nos pontos de transferência das linhas foi realizada com auxílio de uma esfera instrumentada (Techmarck, Inc., Lansing, EUA), com diâmetro de 70 mm. A esfera instrumentada foi colocada no início de cada linha (recepção), seguindo em fluxo normal, juntamente com as maçãs, até a etapa final de embalagem. O curso seguido pela esfera, bem como o momento em que passava pelos pontos de transferência foram monitorados através de filmagem e da utilização de um cronômetro de precisão. As medições foram repetidas seis vezes, exceto para a linha 7 onde foram realizadas cinco repetições. Os limites para medição do nível de impacto variaram de 15 a 500 G. Os valores de aceleração máxima (AM) ( $G = 9,81m s^{-2}$ ) obtidos nos pontos de transferência de cada linha em cada uma das repetições foram apresentados através de gráficos. Para apresentação dos resultados foram utilizados os seguintes critérios: pelo menos 50% das repetições em cada ponto de transferência com valores de AM entre 30 e 50 G; pelo menos 1 das repetições com AM superior a 50 G, que de acordo com Gomila (2007) são considerados de alto potencial de dano. Adicionalmente, foi utilizado fluxograma das linhas de beneficiamento e classificação (Seleção/Embalagem – linhas 1 e 2; Pré-Seleção e Embalagem – linhas 3, 4, 5 e 6) para facilitar a visualização dos dados.

### **2.5.3. Altura de queda e superfície de impacto na manifestação de danos mecânicos**

Para a reprodução dos valores de aceleração observados na colheita e nas linhas de beneficiamento e classificação foi utilizado equipamento de sucção (MAGALHÃES et al., 2007) para promover a queda livre da esfera e dos frutos. Para reproduzir os valores observados na colheita a esfera foi liberada a partir de seis alturas (1, 3, 6, 9, 12 e 15 cm) sobre uma superfície de maçãs, obtida a partir do perfeito acondicionamento dos frutos no interior de uma caixa plástica. Para reprodução dos valores de aceleração observados nas linhas de beneficiamento e classificação, a esfera foi liberada a partir de diferentes alturas (1 a 42 cm, com intervalos de 3 cm) sobre duas superfícies: metal e borracha (8 mm, Ingeniería Prodol S/A).

Foram realizadas 15 repetições para cada combinação (altura x superfície de impacto), sendo os dados médios submetidos à análise de regressão polinomial. Posteriormente, maçãs ‘Fuji’ foram submetidas a queda livre a partir de três alturas (1, 3 e 5 cm) sobre a superfície de maçãs, de forma a simular a condição do bin, enquanto que maçãs ‘Royal Gala’ foram submetidas a queda livre a partir de oito alturas (2, 5, 8, 15, 18, 25, 32 e 40 cm) sobre superfícies de metal e borracha de forma a simular a condição das linhas de beneficiamento.

O delineamento estatístico foi o inteiramente casualizado, em arranjo fatorial e com três repetições. Após o dano, os frutos foram mantidos por 7 dias a 24°C, simulando temperatura ambiente, e avaliados quanto à visualização externa do dano mecânico e, após remoção da epiderme, quanto à área (mm<sup>2</sup>) e profundidade (mm) do dano. Os dados foram submetidos a análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1. Armazenagem sob AC com baixo etileno**

Os efeitos da remoção do etileno da atmosfera de armazenagem dependeram da maturação dos frutos na colheita e do tratamento 1-MCP (Tabela 1). Frutos armazenados sob AC com baixo etileno (<0,1 ppm) apresentaram firmeza 0,8 a 1,3 lb maior que frutos armazenados sob AC com alto etileno (>5 ppm), quando colhidos precocemente. Por outro lado, as taxas de perda de firmeza durante os 7 meses de armazenagem sob AC mais 7 dias em temperatura ambiente não foram afetadas pela remoção do etileno da atmosfera para frutos colhidos com maturação avançada (firmeza <16 lb) nem para frutos colhidos precocemente e tratados com 1-MCP. O tratamento pré-colheita com Retain não alterou consistentemente a eficiência da remoção do etileno sobre a conservação da firmeza da polpa. De maneira geral, a remoção do etileno não afetou significativamente a conservação da acidez nem reduziu o desenvolvimento de polpa amarronzada (escurecimento senescente).



Tabela 1, Índices de maturação e qualidade de maçãs 'Imperial Gala' e 'Royal Gala' na colheita e após a 7 meses de armazenagem sob AC com baixo etileno (+KMnO<sub>4</sub>) ou com alto etileno (-KMnO<sub>4</sub>). Frutos foram tratados (+) ou não (-) com AVG antes da colheita e/ou com 1-MCP após a colheita.

Pomar	AVG	1-MCP	KMnO <sub>4</sub>	Na Colheita		Após a Armazenagem		
				Firmeza (lb)	Amido (1-9)	Firmeza (lb)	Acidez (%)	Polpa Amarronzada (índice 1-4)
2007 - 'Imperial Gala'								
1	+	-	+	16,9	5,5	13,5	0,223	1,89
1	+	-	-	16,9	5,5	12,2	0,211	1,99
1	-	-	+	16,7	5,3	13,9	0,297	1,18
1	-	-	-	16,7	5,3	12,8	0,292	1,26
1	-	-	+	15,0	7,1	9,8	0,222	1,64
1	-	-	-	15,0	7,1	10,1	0,212	1,8
LSD <sup>Y/</sup> (0,05)						0,5	0,013	0,09
2008 - 'Royal Gala'								
2	-	+	+	18,3	3,9	16,5	0,244	1,00
2	-	+	-	18,3	3,9	16,3	0,243	1,02
2	-	-	+	18,3	3,9	15,0	0,224	1,05
2	-	-	-	18,3	3,9	13,9	0,223	1,03
2	+	-	+	18,1	3,3	15,2	0,233	1,05
2	+	-	-	18,1	3,3	14,4	0,221	1,05
LSD (0,05)						0,7	0,016	0,2
3	-	-	+	17,4	2,5	14,7	0,275	1,01
3	-	-	-	17,4	2,5	13,8	0,263	1,02
3	-	-	+	15,8	5,9	11,7	0,241	1,2
3	-	-	-	15,8	5,9	11,3	0,236	1,13
LSD (0,05)						0,6	0,011	0,18

<sup>Y/</sup>LSD: Diferença mínima significativa pelo teste de Fisher ( $p=0,05$ ).

### 3.2. Armazenagem de maçãs Gala sob AC com diferentes temperaturas

#### 2006:

A firmeza da polpa e o índice de amido (escala 1-9) foram 17,5 lb e 3,9 para o pomar 1, 17,2 lb e 4,5 para o pomar 2, 17,5 lb e 3,3 para o pomar 3 na colheita precoce e 16,1 lb e 5,9 para o pomar 3 na colheita tardia. Não houve efeitos significativos da temperatura de armazenagem sobre o desenvolvimento de 'polpa amarronzada' nos frutos dos pomares 1 e 2 os quais foram colhidos com firmeza maior que 17 lb.

Nos frutos do pomar 3 colhidos precocemente (17,5 lb), o desenvolvimento de 'polpa amarronzada' foi maior nos frutos armazenados a -0,5°C que nos frutos armazenados a +0,5°C. Ao contrário, nos frutos do pomar 3 colhidos tardiamente (16,1 lb), o desenvolvimento de 'polpa amarronzada' foi maior nos frutos armazenados a +0,5°C que nos frutos armazenados a -0,5°C.

Em frutos tratados com 1-MCP, não houve efeito significativo da temperatura sobre o desenvolvimento do escurecimento da polpa, independentemente do pomar. A conservação da firmeza da polpa foi maior nos frutos armazenados a  $-0,5^{\circ}\text{C}$  em relação a frutos armazenados a  $+0,5^{\circ}\text{C}$  em 3 das 4 amostras estudadas, tanto para frutos tratados quanto para frutos não tratados com 1-MCP. Entretanto, não houve efeitos significativos consistentes da temperatura sobre a conservação da acidez e do teor de SST.

#### **2007:**

A firmeza da polpa e o índice de amido foram 17,0 lb e 5,5 para o pomar 1, 17,8 lb e 3,4 para o pomar 2 colheita precoce e 16,2 lb e 6,3 para o pomar 2 colheita tardia. O desenvolvimento de 'polpa amarronzada' normalmente não foi afetado pela temperatura de armazenagem, especialmente para frutos tratados com 1-MCP. Exceção ocorreu para frutos do pomar 1 (17 lb na colheita) nos quais houve sensível aumento de 'polpa amarronzada' quando armazenados a  $-0,5^{\circ}\text{C}$  e para frutos do pomar 2 colhidos tardiamente (16,2 lb) nos quais houve sensível aumento do desenvolvimento de 'polpa amarronzada' quando armazenados a  $+0,5^{\circ}\text{C}$ .

A conservação da firmeza da polpa dos frutos não tratados com 1-MCP foi sempre maior quando armazenados a  $-0,5^{\circ}\text{C}$  em relação a frutos armazenados a  $+0,5^{\circ}\text{C}$ . Para frutos tratados com 1-MCP, a redução da temperatura de armazenagem aumentou a conservação da firmeza em apenas uma das 3 amostras estudadas. Houve sensível aumento da conservação da acidez e dos sólidos solúveis com a redução de  $+0,5^{\circ}\text{C}$  para  $-0,5^{\circ}\text{C}$ , para 4 das 6 amostras estudadas.

#### **2008:**

A firmeza da polpa e o índice de amido (escala 1-9) foram 17,3 lb e 4,5 para o pomar 1, 17,5 lb e 4,0 para o pomar 2, 18,7 lb e 3,8 para o pomar 3 colheita precoce e 16,8 lb e 7,5 para o pomar 3 na colheita tardia. Não houve efeitos significativos da temperatura de armazenagem sobre o desenvolvimento de 'polpa amarronzada' nos frutos do pomar 1.

Nos frutos dos pomares 2 e 3 colhidos precocemente (17,5 lb e 18,7 lb), o desenvolvimento de 'polpa amarronzada' foi maior nos frutos armazenados a  $-0,9^{\circ}\text{C}$  que nos frutos armazenados a  $+0,5^{\circ}\text{C}$ . Ao contrário, nos frutos do pomar 3 colhidos tardiamente (16,1 lb), o desenvolvimento de 'polpa amarronzada' foi maior nos frutos armazenados a  $+0,5^{\circ}\text{C}$  que nos frutos armazenados a  $-0,9^{\circ}\text{C}$ . O efeito da temperatura sobre o desenvolvimento de 'polpa amarronzada' nos frutos do pomar 3 foram menores nos frutos tratados com 1-MCP que nos frutos não tratados.

Em 2008, os frutos armazenados a  $-0,9^{\circ}\text{C}$  desenvolveram dano por frio caracterizado pela 'polpa amarronzada' mais úmida (aguada) e escura que o normal e em alguns casos pela epiderme descolorida (amarronzada). Esse dano, não ocorreu nos frutos armazenados a  $+0,5^{\circ}\text{C}$ . O tratamento 1-MCP reduziu sensivelmente esse dano por frio nos frutos colhidos tardiamente (pomar 3), mas não teve efeito nos frutos colhidos precocemente.

A conservação da firmeza da polpa e da acidez não foi afetada significativamente pela temperatura de armazenagem. Esse resultado difere, em parte, daquele de 2007, possivelmente devido, em parte, ao desenvolvimento de dano por frio nos frutos mantidos a  $-0,9^{\circ}\text{C}$ .

Nos três anos, 1-MCP aumentou a conservação da firmeza, independentemente da temperatura e do pomar e freqüentemente reduziu o desenvolvimento 'polpa amarronzada'. 1-MCP também aumentou a conservação da acidez nos 3 anos, mas esse efeito dependeu da interação pomar e temperatura.

Estudo recente (dados não publicados) indica que tanto a AC quanto o 1-MCP pode ser mais efetivos no retardamento da perda da firmeza que na prevenção do desenvolvimento de 'polpa amarronzada', pelo menos para alguns pomares. Isso pode explicar em parte o fato de alguns frutos ainda firmes apresentarem 'polpa amarronzada' leve à moderada. No entanto, os resultados desse experimento indicam que a temperatura de armazenagem também pode ter papel importante no desenvolvimento de 'polpa amarronzada' de maçãs clones de 'Gala'.

### 3.3. Armazenagem de Clones de Fuji sob AC com ultra baixo $\text{O}_2$

Frutos armazenados sob atmosfera controlada (AC) dinâmica com ultra baixo  $\text{O}_2$  apresentaram maior firmeza (0,7 lb a 1,1 lb) e acidez titulável (~25%) e menor incidência de escaldadura superficial e podridões que frutos armazenados sob AC convencional, especialmente após 7 dias de prateleira a  $23^{\circ}\text{C}$ . A incidência de escaldadura superficial foi maior nos clones 'Kiku' e 'Fuji Suprema' que em 'Fuji Standard'.

A qualidade dos frutos tratados com 1-MCP e armazenados sob AC convencional foi semelhante a de frutos não tratados com 1-MCP e armazenados sob AC Dinâmica logo após a abertura das câmaras mais 7 dias de prateleira a  $23^{\circ}\text{C}$ . Por outro lado, a firmeza dos frutos tratados com 1-MCP e armazenados sob AC convencional foi maior (0,8 lb) que a de frutos não tratados com 1-MCP e armazenados sob AC Dinâmica após a AC mais 10 dias de AA (atmosfera do ar a  $0^{\circ}\text{C}$ ) mais 7 dias de prateleira a  $23^{\circ}\text{C}$ . Houve efeitos aditivos da AC Dinâmica e o tratamento com 1-MCP sobre a conservação da firmeza e da acidez. Por isso, máxima firmeza da polpa e acidez e mínima respiração e produção de etileno após a armazenagem ocorreram nos frutos tratados com 1-MCP e armazenados sob AC Dinâmica com ultra baixo  $\text{O}_2$ . A incidência de dano por  $\text{CO}_2$  foi inferior a 1% para frutos dos 3 clones e não foi afetada significativamente pela atmosfera de armazenagem nem pelo tratamento com 1-MCP.

De maneira geral, a concentração interna de etanol nos frutos armazenados sob AC Dinâmica com ultra baixo  $\text{O}_2$  foi significativamente superior a de frutos armazenados sob AC convencional, especialmente no dia seguinte a abertura da câmara. No entanto, esse fato não resultou em perda da qualidade sensorial dos frutos especialmente depois de 10 dias sob atmosfera do ar.

### 3.4. Efeito de doses de boro sobre a qualidade e maturação de maçãs na colheita e após a armazenagem

Os efeitos de tratamento dependeram de cultivar, ano e época de análise dos frutos: Os efeitos de tratamento normalmente foram maiores em 'Imperial Gala' que em 'Fuji Suprema' (exceto para dano por CO<sub>2</sub>), maior em 2007 ou 2008 que em 2006 ou 2005, e maior após longos períodos de armazenagem que na colheita.

#### 'Imperial Gala':

Altas doses de boro resultaram em menor firmeza da polpa e maior incidência e severidade do distúrbio polpa amarronzada (escurecimento senescente da polpa – Figura 1). Embora esse efeito tenha sido observado já no segundo ano de aplicação dos tratamentos, ele foi mais intenso em 2007 e 2008. Altas doses de boro também causaram aumento da degradação do amido e redução da acidez em 2007 e 2008. Em 2008, houve pequeno aumento (3 a 5%) da cor vermelha devido à aplicação de bórx, especialmente quando não foi aplicado boro no solo. Os efeitos negativos do boro sobre a firmeza e o escurecimento da polpa foram mais evidentes quando se aplicou bórx no botão rosado, independentemente da dose de boro no solo. Doses de boro não afetaram o tamanho dos frutos. Em 2008 houve pequeno aumento da concentração de cálcio com o aumento da dose de boro no solo para os tratamentos sem bórx ou bórx no botão rosado. As incidências dos distúrbios 'Bitter Pit' e 'Blotch Pit' foram inferiores a 0,5% e não foram afetadas pelos tratamentos de boro.

Esses resultados indicam que embora a aplicação de boro possa beneficiar a frutificação e produtividade dos pomares (FAUST, 1986), doses muito elevadas de boro podem comprometer a conservação da qualidade de maçãs 'Imperial Gala' armazenadas por longos períodos.

#### 'Fuji Suprema':

Os efeitos sobre a firmeza da polpa, índice de amido e cor vermelha em 'Fuji Suprema' foram sempre menos evidentes que aqueles observados em 'Imperial Gala'. Já, a redução da acidez devido a altas doses de boro em 2007 e 2008 foi semelhante àquela observada para 'Imperial Gala'. Independentemente do ano, não houve efeito consistente de tratamento de boro sobre o desenvolvimento de escaldadura superficial, porém, altas doses de boro causaram leve aumento da incidência de danos por CO<sub>2</sub> nos frutos armazenados a 2,5% de CO<sub>2</sub>, especialmente em 2008. As incidências dos distúrbios 'Bitter Pit', 'Blotch Pit' e podridões foram muito baixas e não foram afetadas pelos tratamentos de boro.

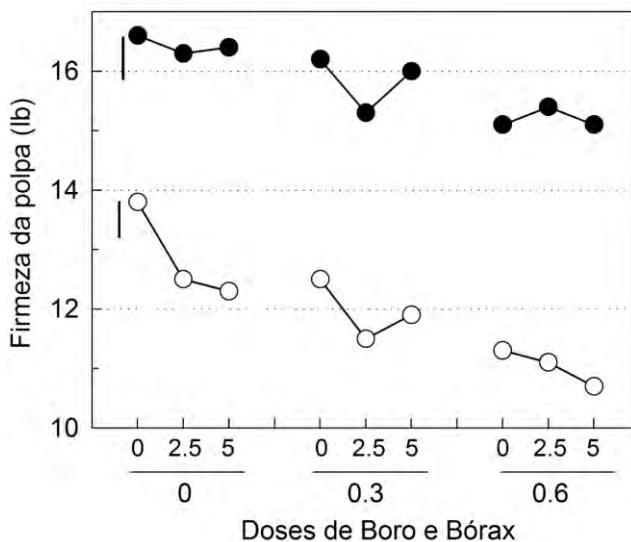


Figura 1. Firmeza da polpa de maçãs 'Imperial Gala' um dia após a colheita (símbolos cheios) e após sete meses de armazenagem mais sete dias a 23°C (símbolos vazios). Frutos colhidos em 2007 de macieiras tratadas a partir de 2002 com bórax foliar (0; 0,3% na florada ou 0,6% após a colheita) e/ou com boro no solo (0; 2,5 ou 5,0 kg ha<sup>-1</sup>) no inverno. A barra vertical no interior do gráfico indica a diferença mínima significativa entre tratamentos para cada época de análise, determinada pelo teste de Fisher ( $p=0,05$ ).

### 3.5. Incidência e magnitude dos danos mecânicos na colheita e após a colheita

#### 3.5.1. Magnitude dos danos mecânicos nas operações de colheita

Na colheita de maçãs 'Fuji', as combinações: posição inferior e mediana da sacola com posição inferior, mediana e superior do bin apresentaram entre 50 e 92,3% de registros com impacto inferior a 15 G. Considerando que o limite mínimo de medição é 15 G, os registros inseridos neste intervalo podem ter apresentado impacto com valores de até 15 G ou não ter apresentado impacto algum. Observa-se que o posicionamento da esfera na parte superior da sacola e seu descarregamento na parte inferior, mediana ou superior do bin resultou em baixa ocorrência (9,1 a 19,2%) de registros inferiores a 15 G e a maior frequência de registros nos intervalos de 15 a 20 (30,8 a 56,5%) e de 21 a 30 G (27,3 a 30,8%). Ainda puderam ser observadas frequências entre 2,2 e 19,2% no intervalo de 31 a 40 G (Figura 2A). Isso pode ser explicado pela forma com que o colhedor realiza o descarregamento dos frutos da sacola. As sacolas utilizadas na colheita de maçãs são de lona e providas de fundo falso. A abertura do fundo, através da liberação dos dois ganchos, promove o descarregamento dos frutos por rolamento. No entanto, quando a sacola está praticamente vazia, ou seja, quando os frutos que estavam na posição superior

estão próximos à saída da sacola, um movimento brusco para cima, comumente observado, faz com que esses frutos sofram impacto.

Na colheita de maçãs 'Pink Lady', observou-se que 43,6 a 91,7% dos registros foram inferiores a 15 G, independente da combinação nível de enchimento da sacola x nível do enchimento do bin (Figura 2B), confirmando o procedimento diferenciado e mais cuidadoso adotado na colheita desta cultivar em função de sua elevada sensibilidade à manifestação dos sintomas de DM. A maior ocorrência de impactos em função do posicionamento da esfera na parte superior da sacola foi igualmente observada durante a colheita da 'Pink Lady' (Figura 2B).

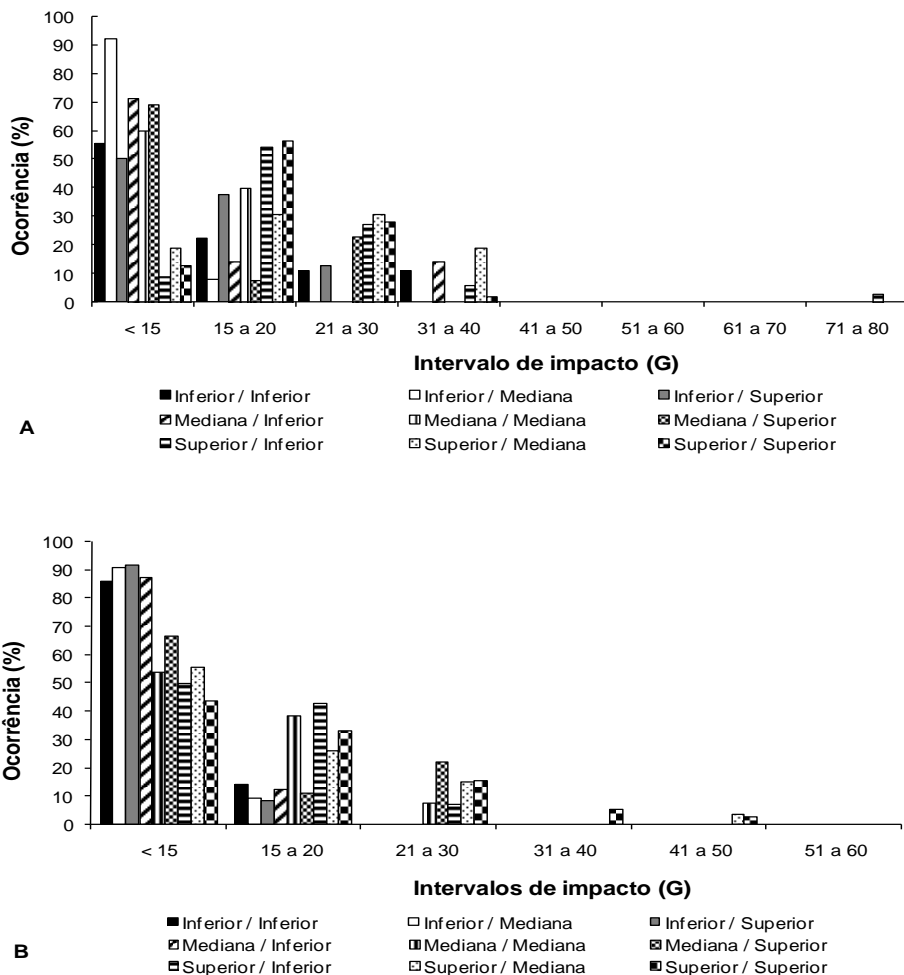


Figura 2. Ocorrência (%) dos intervalos de impactos (G) em função da combinação nível de enchimento da sacola / nível de enchimento do bin durante a colheita de maçãs 'Fuji' (A) e 'PinkLady' (B).

O uso de escada durante a colheita da maçã 'Fuji' resultou em 27,3% das medições com registro de 4 impactos. Isso significa que desde o momento em que a esfera foi colocada no fundo da sacola até o momento em que todos os frutos, inclusive a esfera instrumentada, foram descarregados no *bin*, o equipamento registrou a ocorrência de 4 impactos, independente da sua magnitude. Em contrapartida, a colheita sem escada resultou em 5,3% das medições com 5 registros de impacto, número máximo de impactos que não foi observado na colheita com escada (Figura 3A). Do total de registros de impacto, 48,5% (sem escada) e 44% (com escada) estavam inseridos no intervalo de 15 a 20 G, sendo que, dentro de cada um dos demais intervalos, a ocorrência de impacto foi consideravelmente menor (Figura 3B). O uso de escada na colheita de maçãs 'Pink Lady' resultou em maior ocorrência de impactos quando comparado à colheita sem escada, sendo que 53,3 e 13,3% das medições apresentaram 1 e 2 impactos, respectivamente (Figura 3C). Deste total, 47,1% estavam inseridos no intervalo de 15 a 20 G e 23,5% no intervalo de 21 a 30 G (Figura 3D).

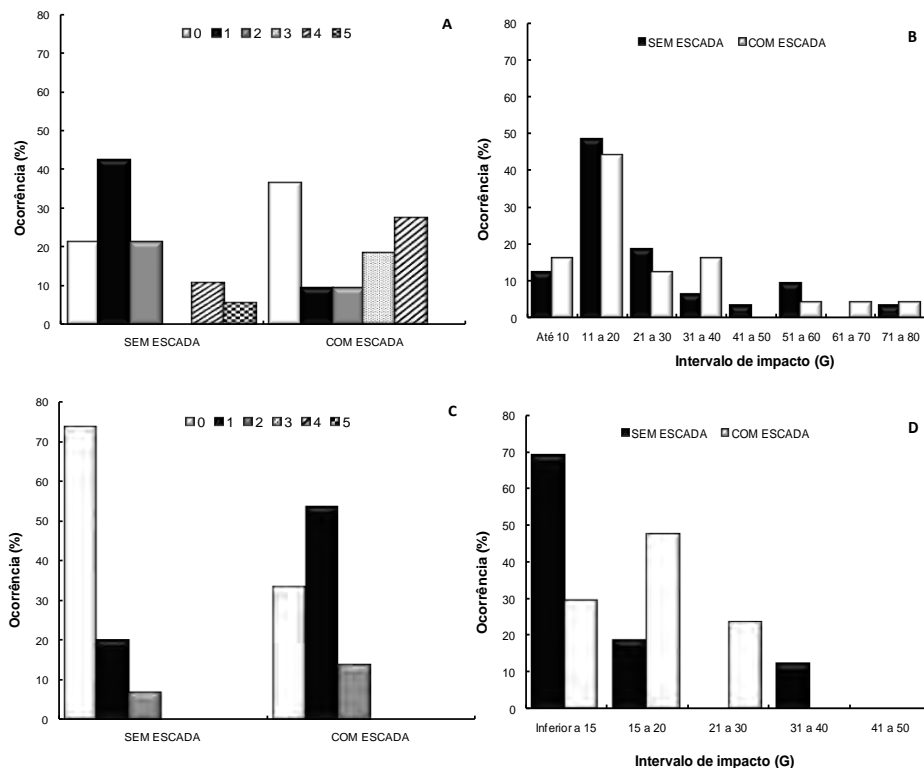


Figura 3. Ocorrência (%) do número de impactos e de intervalos de impacto (G) na colheita de maçãs 'Fuji' (A e B) e 'Pink Lady' (C e D).





observados na linha 1, que possui calibrador no sistema de pratos. De acordo com Gomila (2007), os principais problemas no setor sincronizador-calibrador são a inadequada velocidade de trabalho, a excessiva diferença de altura entre sincronizador e pratos, decorrente de falhas de projeto ou montagem, e o descompasso entre os componentes, que pode causar danos severos decorrentes da queda dos frutos sobre as bordas dos pratos.

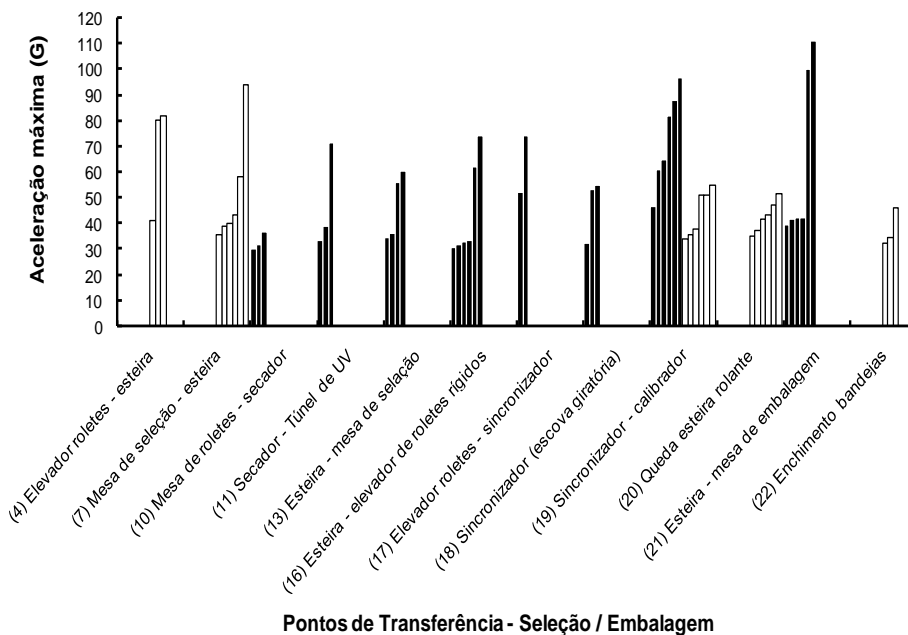


Figura 5. Aceleração máxima (G) na linha de Seleção-Embalagem (Linha1: preto; Linha 2: branco).

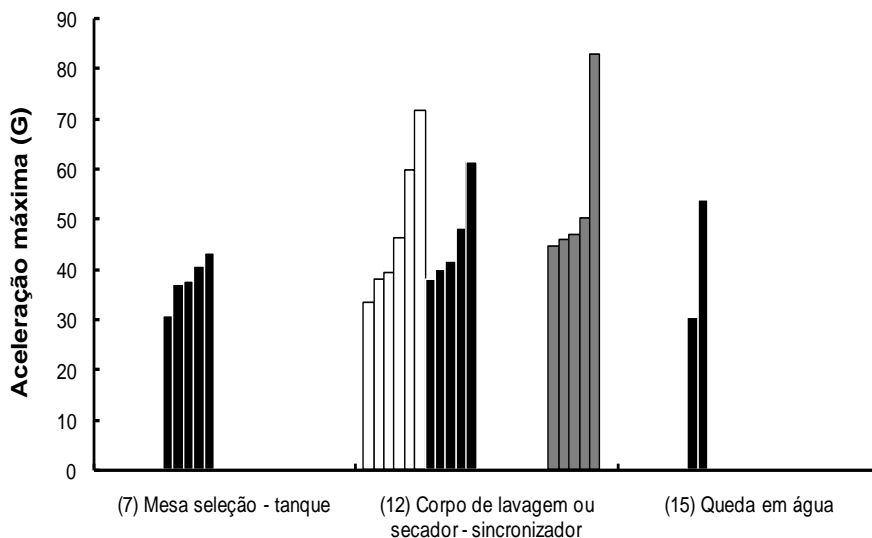
Neste agrupamento, os demais pontos apresentados na Figura 5 foram críticos para somente uma das linhas avaliadas. Destes pontos, quatro apresentaram 100% dos valores acima de 30 G: (7) mesa de seleção – esteira, (16) esteira – elevador de roletes rígidos, (20) queda esteira rolante e (21) esteira – mesa de embalagem. Com exceção do ponto 20, todos os demais apresentaram 33,3% dos valores acima de 50 G. O ponto de transferência 21, com valores entre 39,9 e 111,2 G apresenta diferencial de 3,5 cm entre a esteira e a mesa de embalagem. A presença de mecanismo de desaceleração e rampa acolchoada não impediram a ocorrência de elevados níveis de impacto, o que pode ser atribuído à velocidade de trabalho e ao enrijecimento da borracha. Os valores máximos de impacto registrados nos pontos 7 e 16 foram 93,9 e 74,3 G, respectivamente. O ponto de transferência 7, identificado na linha 2, apresenta diferencial de 9,0 cm entre a mesa

de seleção de roletes rígidos e a esteira. A rampa, constituída de material adequado (Ingeniería Prodol S/A), atenua a defasagem de altura, no entanto não elimina o risco de ocorrência de DM neste ponto. Os impactos registrados na transferência da esteira para o elevador de roletes (16) talvez possam ser reduzidos ou eliminados com o prolongamento da rampa, de forma a reduzir a energia com que o fruto chega ao rolete.

O ponto de transferência entre o elevador de roletes e a esteira (4), localizado no início da linha 2, apresentou 33,3% dos valores de aceleração acima de 50 G. O diferencial de 3,5 cm de altura foi reduzido com a utilização de rampa, no entanto, a pequena espessura do material utilizado, bem como o excesso de folhas que se acumula neste ponto, podem interferir negativamente na absorção dos impactos.

Os pontos 11, 13, 17 e 18 apresentaram menor freqüência de valores de AM entre 30 e 50 G, mas, ainda assim, foram registrados, pelo menos, 16,67% dos valores acima de 50 G (Figura 5). Os pontos 11, 13 e 17 apresentam rampa de borracha como mecanismos de desaceleração dos frutos. Os materiais com capacidade de amortecimento absorvem parte da energia do impacto através da sua deformação, criando maior superfície de contato e diminuindo o nível de energia do fruto (GOMILA, 2007), no entanto, o enrijecimento, o desgaste ou a ruptura do material reduzem essa capacidade, sendo necessário, portanto, o monitoramento constante e a substituição quando necessário. O ponto de transferência 18 apresenta diferencial de 4,5 cm entre os dois componentes, o que pode ter contribuído, juntamente com a velocidade de trabalho, para a ocorrência dos valores de AM observados.

Com relação às linhas 3, 4, 5 e 6 agrupadas como “Pré-seleção” e “Embalagem”, verifica-se que o ponto crítico de impacto na “Pré-seleção”, observado em três das quatro linhas avaliadas, corresponde à transferência entre o corpo de lavagem ou secador e o sincronizador (Figuras 4B e 6). Neste ponto, 66,67% dos valores de AM foram superiores a 30 G, sendo que destes, 31,25% foram superiores a 50 G. O máximo valor de aceleração registrado neste ponto foi 83,02 G. O diferencial de altura observado entre os componentes foi de 7, 3 e 9 cm para as linhas 3, 4 e 6, respectivamente. Medidas simples, como o monitoramento do estado de conservação e a substituição dos materiais de proteção utilizados como rampas para redução ou eliminação das diferenças de altura entre os componentes da linha, bem como o correto posicionamento das cortinas, afim de que atuem como mecanismos de desaceleração, podem ser suficientes para a redução dos impactos registrados neste ponto. Adicionalmente, foram observados valores de aceleração entre 32,65 e 86,61 G no interior do secador da linha 6 (dados não apresentados). Neste componente não existem diferenças de altura e os frutos se movimentam sobre escovas rotatórias, de forma que os valores registrados foram decorrentes do impacto entre os frutos e a esfera instrumentada, indicando excessivo volume de frutos e velocidade de trabalho acima da recomendada.



### Pontos de Transferência na Pré-Seleção

Figura 6. Aceleração máxima (G) na Linha de Pré-Seleção (Linha 3: preto; Linha 4: branco, Linha 6: cinza).

Os componentes da etapa de “Embalagem” diferem consideravelmente entre as linhas, podendo-se destacar, em comum, no início de cada linha, a recepção em água, o tanque pulmão e o elevador de roletas e, ao final, a mesa de embalagem e o enchimento de bandejas (Figuras 4C e 7).

O ponto de transferência entre mesa de seleção e esteira (7), existente em duas das quatro linhas avaliadas, apresentou 75% dos valores de aceleração acima de 30 G, sendo que 100% dos valores registrados na linha 6 foram superiores a 50 G. Nesta linha, os valores variaram entre 55,4 e 62,6 G (Figura 7) e, possivelmente, são decorrentes do desgaste do material de amortecimento utilizado na rampa que atenua a diferença de 6 cm de altura entre os componentes. Com exceção do ponto de transferência 7, os demais apresentaram valores críticos em somente uma das quatro linhas avaliadas. Dos pontos que apresentaram 100% de valores de aceleração acima de 30 G: (16) elevador de roletas – secador, (17) secador – esteira e (20) mesa de seleção – flaps, somente os pontos 16 e 20 apresentaram 100% dos valores de AM acima de 50 G. O ponto de transferência entre o elevador de roletas e o secador (16), identificado na linha 6, apresentou o maior valor de aceleração, 123,3 G. Os elevados valores de aceleração (76,7 a 123,3 G) detectados neste ponto são decorrentes do grande diferencial de altura existente entre os componentes e da ausência de material de amortecimento na rampa, de forma que os frutos colidem diretamente contra uma superfície rígida de metal. O ponto 20,

identificado na linha 3, com valores máximos de aceleração entre 58,0 e 103,2 G apresenta um diferencial de 9 cm entre a mesa de seleção e o *flaps*, atenuado por uma rampa de borracha, possivelmente, com pequena capacidade de absorção da energia de impacto.

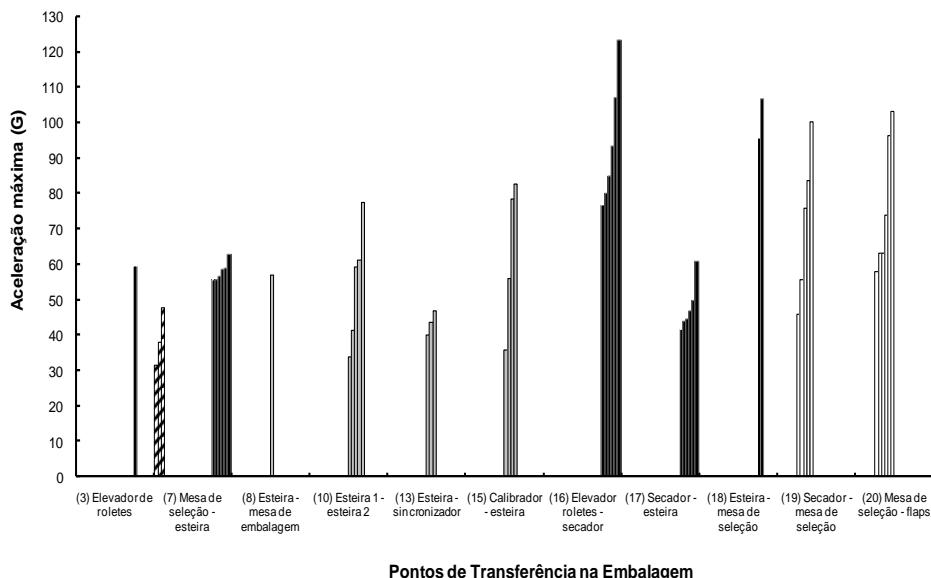
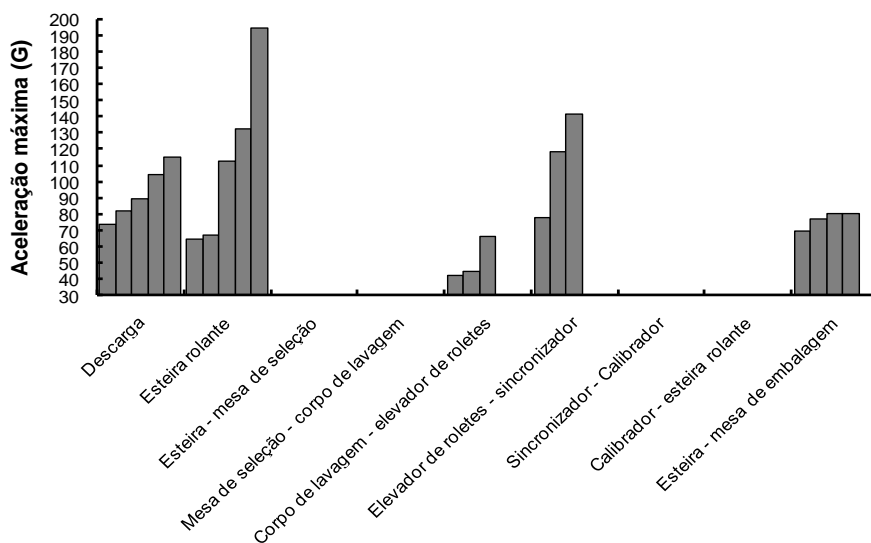


Figura 7. Aceleração máxima (G) na Linha de Embalagem (Linha 3: branco; Linha 4: listrado, Linha 5: cinza, Linha 6: preto).

O segundo maior valor de aceleração na etapa de “Embalagem” (106,5 G) foi observado na linha 6, no ponto de transferência entre esteira e mesa de seleção (18). Este ponto apresentou somente 33,3% dos valores acima de 50 G, no entanto apresenta alto risco de ocorrência de danos mecânicos, uma vez que existe um diferencial de 7 cm entre os componentes sem qualquer tipo de proteção, o que faz com que os frutos caiam diretamente sobre a mesa de roletas rígidos. Os pontos de transferência 10, 15 e 19 apresentaram, pelo menos, 66,7% dos valores de aceleração acima de 30 G. Destes, o ponto 19, identificado na linha 3 como a transferência do secador para a mesa de seleção, apresentou 80% dos valores observados acima de 50 G, com valor máximo de aceleração de 99,9 G. Este ponto, assim como o ponto de transferência 20, identificado na mesma linha de embalagem apresenta um diferencial de altura entre os componentes atenuado por uma rampa de borracha. Esse material, possivelmente, não possui as características desejáveis, devendo ser substituído por outro com maior capacidade de amortecimento. Os pontos 10 e 15, verificados na linha 5, apresentam, pelo menos, 60% dos valores observados acima de 50 G, com valores máximos de 77,2 e 82,5 G, respectivamente. No ponto 10, o diferencial de altura entre duas esteiras foi reduzido com a utilização de uma rampa construída com borracha de baixa espessura, no entanto, o material utilizado não impediu a ocorrência dos elevados níveis de

impacto. O ponto 15 corresponde à transferência do calibrador, tipo 'sizer', para a esteira. Embora os frutos caiam sobre uma escova giratória, é possível que ocorram impactos contra superfícies metálicas desprotegidas, justificando a ocorrência dos valores registrados.

A linha 7, caracterizada pela ausência de água na recepção dos frutos, apresentou elevados valores de aceleração em quatro dos nove pontos de transferência avaliados. Destes, os pontos 1 e 2 (recepção e esteira rolante, respectivamente) apresentaram 100% dos valores acima de 50 G, sendo observado, na transferência entre esteiras (2), o maior valor de aceleração, equivalente a 194,80 G. A entrada do sincronizador, com diferença de 11,5 cm entre os componentes, apresentou 60% dos valores de aceleração acima de 50 G. Os elevados valores de aceleração observados nesta linha são decorrentes do sistema inadequado de descarregamento dos frutos (Figura 8), do grande diferencial de altura entre os componentes da linha e da ausência de material de proteção.



#### Pontos de Transferência - RECEPÇÃO SEM ÁGUA

Figura 8. Aceleração máxima (G) na Linha 7 (Recepção sem água).

Em todas as linhas foram observados elevados valores de aceleração nos retornos, ou seja, nas etapas que conduzem ao beneficiamento dos frutos de qualidade inferior. Nestes pontos, foram observados grandes diferenciais de altura sem qualquer tipo de proteção ou mecanismo de desaceleração dos frutos. Foram registrados, em um mesmo ponto com diferencial de 6 cm entre esteiras, valores de aceleração entre 90,0 e 165,2 G e entre 16,5 e 21,2 G, referentes à presença ou ausência de cortina, respectivamente.

### 3.5.3. Altura de queda e superfície de impacto na manifestação de danos

Os valores de aceleração máximos obtidos a partir da queda da esfera sobre a superfície de maçãs puderam ser representados através de uma equação quadrática ( $y = 8,88 + 7,61x - 0,28x^2$ ). Maçãs submetidas às alturas de queda de 1,5 e 2,0 cm de altura sobre superfície de maçãs, equivalentes aos valores de aceleração de 19,6 e 23 G e portanto, semelhantes ao intervalo de impacto mais representativo na colheita não apresentaram sintomas externos de DM após 7 dias a 24°C, nem tampouco após a remoção da epiderme.

Sobre a superfície metálica, os valores de aceleração máxima obtidos foram representados através de uma equação quadrática ( $y = 72,58 + 16,99x - 0,19x^2$ ), enquanto que os valores obtidos nas quedas sobre superfície de borracha foram melhor expressos através de uma equação linear ( $y = 7,80 + 4,84x$ ). Destacando-se um ponto intermediário do intervalo avaliado (15 cm) observa-se que a aceleração máxima na queda sobre superfície de borracha foi equivalente a 27,7% da observada sobre superfície metálica, o que significa dizer que a borracha absorveu 72,3% da energia, ficando evidente a função protetora da borracha na absorção da energia de impacto (Figura 9A).

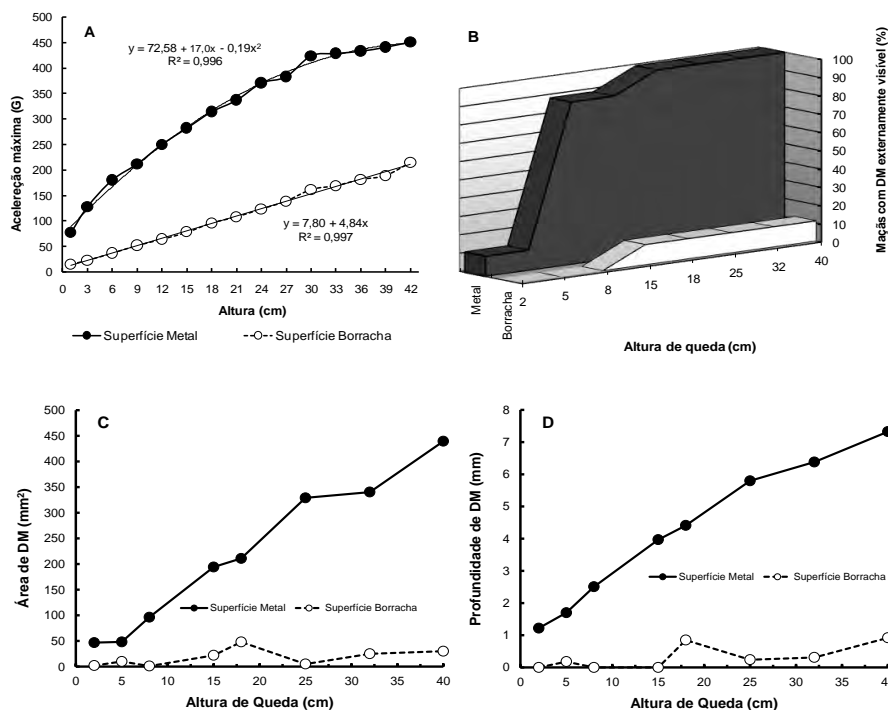


Figura 9. Aceleração máxima da esfera instrumentada sobre duas superfícies (A) e ocorrência de dano mecânico em maçãs (B: dano mecânico visível externamente; C: área do dano; D: profundidade do dano).

A avaliação dos frutos indicou que a queda de 2 cm sobre superfície metálica resultou em 11,1% das maçãs com DM perceptível externamente. Essa frequência manteve-se nos frutos submetidos a queda de 5 cm, passando para 88,9% nos frutos submetidos a quedas de 8 e 15 cm. As alturas de queda a partir de 18 cm resultaram em 100% dos frutos com dano perceptível externamente. Maçãs submetidas a queda sobre superfície de borracha apresentaram sintomas de DM somente a partir de 15 cm, não havendo incremento na porcentagem de frutos com sintoma em função do aumento da altura de queda (Figura 9B).

Não foi observada diferença significativa quanto à área e profundidade do DM em função da altura de queda sobre superfície de borracha, com valores oscilando entre 0,0 e 44,6 mm<sup>2</sup> e 0,0 e 0,9 mm, para área e profundidade do dano, respectivamente. Nos frutos submetidos à queda sobre superfície metálica, verificou-se um aumento gradual na área e profundidade do dano, atingindo valores máximos de 439,3 mm<sup>2</sup> e 7,3mm, respectivamente, quando liberados a partir de 40 cm de altura (Figuras 9C e 9D). Dependendo da área, os danos em maçãs podem ser classificados em três categorias: leves, médios e severos. São leves, os danos com área superficial menor que 50 mm<sup>2</sup>, médios, aqueles com área entre 50 e 100 mm<sup>2</sup> e severos, os que apresentam área superior a 100 mm<sup>2</sup> (SEGATORI, 2008).

O valor máximo de aceleração observado nas linhas de beneficiamento e classificação (194,8 G) foi equivalente, na simulação em laboratório com a esfera instrumentada, à queda de 8 cm sobre superfície metálica, ou de 39 cm sobre superfície de borracha. Em maçãs, esse valor de aceleração, obtido a partir da queda de 8cm sobre superfície de metal, resultou em 88,9% dos frutos com sintoma externo de DM e, internamente, em dano com área de 96,29 mm<sup>2</sup> e profundidade de 2,50 mm, enquanto que a queda a partir de 40 cm sobre borracha (altura mais próxima testada), resultou em 11,1% dos frutos com sintoma externo, área de 28,2 mm<sup>2</sup> e profundidade de 0,9 mm.

#### 4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS

- ✓ A remoção do etileno da atmosfera de armazenagem sob AC pode aumentar a conservação da firmeza da polpa, mas a eficiência dessa técnica depende da maturação dos frutos na colheita.
- ✓ Os efeitos da temperatura de armazenagem sobre o desenvolvimento de 'polpa amarronzada' em maçãs clone de 'Gala' dependem da maturação dos frutos na colheita e do pomar.
- ✓ Em frutos de alguns pomares o desenvolvimento de 'polpa amarronzada' pode ser mais intenso a -0,5°C quando os frutos são colhidos precocemente ou mais intenso a +0,5°C quando os frutos são colhidos tardiamente.
- ✓ A temperatura de armazenagem não afeta o desenvolvimento do distúrbio 'polpa amarronzada' em frutos de alguns pomares.
- ✓ A atmosfera controlada com O<sub>2</sub> ultra baixo (<1%) aumenta a conservação da firmeza da polpa e da acidez e reduz o

desenvolvimento de escaldadura superficial em relação a AC convencional (1,5 a 2% de O<sub>2</sub>).

- ✓ Existem efeitos aditivos das tecnologias AC com O<sub>2</sub> ultra baixo e 1-MCP na conservação da qualidade de maçãs clones de 'Fuji'.
- ✓ Altas doses de boro aceleram a maturação de maçãs 'Imperial Gala' e 'Fuji Suprema' na planta e aumentam a incidência e severidade do distúrbio 'polpa amarronzada' em maçãs 'Imperial Gala' durante a armazenagem.
- ✓ Os efeitos de altas doses de boro sobre a maturação na planta são maiores em maçãs 'Imperial Gala' que em 'Fuji Suprema'.
- ✓ Os efeitos negativos de altas doses de boro sobre a firmeza da polpa e acidez titulável são maiores após a armazenagem que na colheita.
- ✓ A maior parte dos valores de impacto registrada na colheita é de baixa magnitude.
- ✓ A submissão de maçãs 'Fuji' às alturas de queda equivalentes aos valores de aceleração predominantes durante a colheita resultou em frutos sem sintomas de danos mecânicos.
- ✓ Seis das sete linhas de beneficiamento e classificação avaliadas apresentaram elevados valores de impacto nas etapas entre a entrada do singulador e o calibrador.
- ✓ O valor máximo de aceleração observado nas linhas de beneficiamento e classificação foi 194 G, equivalente, na simulação em laboratório com a esfera instrumentada, à queda de 8 cm sobre superfície metálica desprotegida.
- ✓ A submissão de maçãs 'Royal Gala' à queda de 8 cm em superfície metálica resultou em 89% dos frutos com sintoma externo de dano mecânico e, internamente, em dano com área de 96 mm<sup>2</sup> e profundidade de 2,5 mm, facilmente perceptível ao toque e visível após remoção da epiderme.
- ✓ Medidas como recepção em água, redução das diferenças de altura entre os componentes da linha e utilização de elementos desaceleradores podem minimizar a ocorrência de danos mecânicos e, portanto, reduzir as perdas em pós-colheita.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARGENTA, L. C.; MONDARDO, M. Maturação na colheita e qualidade de maçãs 'Gala' após a armazenagem. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 6, p. 135-140, 1994.

ARGENTA, L. C.; FAN, X.; MATTHEIS, J. P. Delaying establishment of controlled atmosphere or CO<sub>2</sub> exposure prevents 'Fuji' apple CO<sub>2</sub> injury without excessive fruit quality loss. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 20, p. 221-229, 2000.

ARGENTA, L. C.; FAN, X.; MATTHEIS, J. P. Development of internal browning in 'Fuji' apples during storage. In: WASHINGTON TREE FRUIT POSTHARVEST CONFERENCE, 2001, Wenatchee. **Proceedings...** [S.l.: s. n., 2001]. Disponível em: <<http://postharvest.tfrec.wsu.edu/PC2001C.pdf>>. Acesso em: 13 mar. 2009.



- ARGENTA, L. C.; FAN, X.; MATTHEIS, J. P. Responses of 'Fuji' apples to short and long duration exposure to high CO<sub>2</sub>. **Postharvest Biologand Technology**, Amsterdam, v. 24, p. 13-24, 2002.
- BRACKMANN, A.; STEFFENS, C.; NEUWALD, D. A. Armazenamento de maçã 'Gala' em atmosfera controlada com remoção de etileno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, p. 647-650, 2003.
- BAJEMA, R. W.; HYDE, G. M. Packing line bruise evaluation for 'Walla Walla' summer sweet onions. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 38, p. 1167-1171, 1995.
- BROWN, G. K.; SCHULTE PASON, N. L.; TIMM, E. J.; BURTON, C. L.; MARSHALL, D. Apple packing line impact damage reduction. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 6, p. 759-764, 1990.
- FAN, X.; MATTHEIS, J. P.; BLANKENSHIP, S. Development of apple superficial scald, soft scald, core flush and greasiness is reduced by MCP. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, v. 47, p. 3063-3068, 1999.
- FAUST, M. **Physiology of temperate zone Fruit trees**. New York: J. Wiley, 1989. 338 p.
- FERREIRA, M. D.; FERRAZ, A. C. O.; FRANCO A. T. O. Tomato packing lines studies with an instrumented sphere in Brazil. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 682, p. 1753-1760, 2005.
- FERREIRA, M. D.; SILVA, M. C.; CAMARGO, G. G. T.; AMORIN, L.; FISCHER, I. H. Pontos críticos de impacto em linhas de beneficiamento utilizadas para citros no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, p. 523-525, 2006.
- GOMILA, T. Daño por golpe en manzanas en líneas de empaque. **Fruticultura & Diversificación**, Rio Negro, v. 54, p. 42-50, 2007.
- GRAELL, J. Eliminación del etileno em la consevación de fruta. In: JORNADAS TÉCNICAS: FRIGOCONSERVACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE LA FRUTA DULCE, 1990, Barcelona. **Anais...** Barcelona: Fundacion Caja De Pensiones, 1990. p. 19-29.
- HYDE, G. M.; BROWN, G. K.; TIMM, E. J.; ZHANG, W. Instrumented sphere evaluation of potato packing line impacts. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 35, p. 65-69, 1992.
- HYDE, G. M.; ZHANG, W. Apple bruising research update: packing line impact evaluations. **Tree Fruit Postharvest Journal**, Wenatchee, v. 3, p. 12-15, 1992.
- KNEE, M.; HATFIELD, S. G. S. Benefits of ethylene removal during apple storage. **Annals of Applied Biology**, Cambridge, v. 98, p. 157-165, 1981.
- LANGE, E.; FICA, J. Response of Golden Delicious apples to low oxygen storage, ethylene removal, and to short term high CO<sub>2</sub> treatment before storage in 5% CO<sub>2</sub> + 3% O<sub>2</sub>. **Fruit science reports**, Skierniewice, v. 11, p. 113-121, 1984.
- LAU, O. L. Ethylene scrubbing offeres no benefit to 'Goldem Delicious' apples held in 1,5% O<sub>2</sub> plus 1,5% CO<sub>2</sub>. **Hortscience**, Alexandria, v. 24, p. 852, 1989
- LIDSTER, P. D.; LIGHTFOOT, H. J.; MCRAE, K. B. Fruit quality and respiration of 'McIntosh' apples in response to ethylene, very low oxygen and carbon dioxide storage atmospheres. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 20, p. 71-83, 1983.
- LIU, F. W. Varietal and maturity differences of apples in response to ethylene in controlled atmosphere storage. **Journal of the American Society Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 102, p. 93-95, 1977.
- LIU, F. W. Factors influencing the effectiveness of low ethylene ca storage of apples. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 157, p. 113-119, 1985.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.

MEHERIUK, M.; PRANGE, R. K.; LIDSTER, P. D.; PORRITT, S. W. (Ed.). **Postharvest disorders of apples and pears**. Ottawa: Agriculture Canada Publication, Communications Branch, 1994. 66 p.

MILLER, W. M.; WAGNER, C. Florida citrus packing line studies with an instrumented sphere. **Applied Engineering in Agriculture**, Saint Joseph, v. 7, p. 577-581, 1991.

NACHTIGALL, G. R.; BASSO, C.; FREIRE, C. J. Nutrição e adubação de pomares. In: NACHTIGALL, G. R. **Maçã: produção**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 63-77. (Frutas do Brasil, 37).

NARDIN, C. Nuevas orientaciones en el empleo de la atmosfera controlada en la conservacion de las manzanas. : JORNADAS TÉCNICAS: FRIGOCONSERVACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE LA FRUTA DULCE, 1990, Barcelona. **Anais...** Barcelona: FC DP, 1990. p. 11-18.

SARGENT, S. A.; BRECHT, J. K.; ZOELLNER, J. J. Instrumented sphere impact analysis of tomato and bell pepper packing lines. **Applied Engineering in Agriculture**, Saint Joseph, v. 8, p. 76-83, 1992.

SEGATORI, A.; DI MASI, S.; GOMILA, T. **Dano mecânico por golpe em manzanas**. Río Negro: INTA, Estación Experimental del Alto Valle del Río Negro, 2005. Proyecto Nacional N° 52-535.

STOW, J.; GENGE, P. Low-ethylene storage of apples cv. 'Cox's Orange Pippin': effects of 'Rapid CA' and ultra-low oxygen. **Annals of Applied Biology**, Cambridge, v. 117, p. 673-681, 1990.

ZANELLA, A.; CAZZANELLI, P.; PANARESE, A.; COSER, M.; CECCHINEL, M.; ROSSI, O. Fruit fluorescence response to low oxygen stress: modern storage technologies compared to 1-MCP treatment of apple. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 682, p. 1535-1542, 2005.

## 6. PUBLICAÇÕES GERADAS PELA ATIVIDADE

AMARANTE, C. V. T.; ARGENTA, L. C.; VIEIRA, M. J.; STEFFENS, C. A. Alteração da eficiência do 1-MCP com o retardo na sua aplicação após a colheita em maçãs 'Fuji suprema'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 4, p. 984-992, 2010.

AMARANTE, C. V. T.; STEFFENS, C. A.; ARGENTA, L. C. Yield and fruit quality of 'Gala' and 'Fuji' apple trees protected by white anti-hail net. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 129, n. 1, p. 79-85, 2011.

ANTONIOLLI, L. R.; FIALHO, F. B.; FERREIRA, M. D.; SCHAKER, P. D. C.; HENDGES, M. V.; LERIN, J.; MORO, L. Evaluation of potential mechanical damage in apple packing lines in the main producing regions of Brazil. In: FRUIT, NUT AND VEGETABLE PRODUCTION ENGINEERING SYMPOSIUM, 9., 2009, Concepción. **Proceedings...** Chillán: Propag - INIA'S National Precision Agriculture Program, 2009. p. 704-711.

ANTONIOLLI, L. R.; GIMENES, L.; ALMEIDA, C. B. Manifestação do dano mecânico por impacto em maçãs colhidas em diferentes estádios de maturação. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 23, p. 186-187, set. 2011. p. 299. Suplemento. Resumos do XIII Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal e XIV Reunião Latino-Americana de Fisiologia Vegetal, 19 a 22 de setembro de 2011, Búzios, RJ.

ARGENTA, L. C.; FAN, X.; MATTHEIS, J. P. Interactive Effects of CA Storage, 1-Methycyclopropene and Methyl Jasmonate on Quality of Apple Fruit. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 857, p. 259-266, 2010.

ARGENTA, L. C.; VIEIRA, M. J.; SCOLARO, A. M. T. Validação de catálogos de cores como indicadores do estágio de maturação e ponto de colheita de maçã. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 23, n. 3, p. 71-77, 2010.

HAWERROTH, F. J.; PETRI, J. L.; LEITE, G. B.; ARGENTA, L. C. Eficiência de Retain em mistura de tanque com agroquímicos na maturação e queda pré-colheita de maçãs Imperial Gala. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 24, n. 1, p. 83-86, 2011.

HENDGES, M. V.; STEFFENS, C.; ANTONIOLLI, L. R.; AMARANTE, C. V. T. do; SCHAKER, P. Influência de diferentes intensidades de dano mecânico por impacto na qualidade pós-colheita de maçãs 'Royal Gala'. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA UVA E VINHO, 6.; ENCONTRO DE PÓS-GRADUANDOS DA EMBRAPA UVA E VINHO, 2., 2008, Bento Gonçalves. **Resumos...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2008. p. 46. Resumo.

HENDGES, M. V.; STEFFENS, C. A.; ANTONIOLLI, L. R.; AMARANTE, C. V. T. do; ZANARDI, O. Z. Taxas respiratória e de produção de etileno em maçãs 'Royal Gala' e 'Pink Lady' submetidas a diferentes níveis de dano mecânico por impacto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 20., 2008, Vitória, ES. **Anais...** Vitória: Incaper, 2008. Não paginado.

HENDGES, M. V.; STEFFENS, C. A.; ANTONIOLLI, L. R.; AMARANTE, C. V. T. do; ZANARDI, O. Z. Efeito de diferentes níveis de dano mecânico por impacto na textura de maçãs 'Royal Gala' e 'Pink Lady'. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 20., 2008, Vitória, ES. **Anais...** Vitória: Incaper, 2008. Não paginado.

HENDGES, M. V.; STEFFENS, C. A.; ANTONIOLLI, L. R.; AMARANTE, C. V. T.; BRACKMANN, A. Qualidade de maçãs Royal Gala submetidas ao dano mecânico por impacto e aplicação de 1-Metilciclopropeno em dois sistemas comerciais de armazenamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 32-39, 2011.

HENDGES, M. V.; STEFFENS, C. A.; ANTONIOLLI, L. R.; AMARANTE, C. V. T.; ZANARDI, O. Z. Qualidade de maçãs 'Fuji Suprema' submetidas a diferentes tipos de dano mecânico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 671-675, jun. 2011

MORO, L.; SCHAKER, P.; SPAGNOL, F.; ANTONIOLLI, L. R. Influência da altura de queda e da superfície de impacto na manifestação do dano mecânico em maçãs. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA UVA E VINHO, 6.; ENCONTRO DE PÓS-GRADUANDOS DA EMBRAPA UVA E VINHO, 2., 2008, Bento Gonçalves. **Resumos...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2008. p. 44. Resumo.

SCHAKER, P.; MORO, L.; LERIN, J.; HENDGES, M.; ANTONIOLLI, L. R. Pontos críticos de impacto em linhas de beneficiamento e classificação de maçãs. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA UVA E VINHO, 6.; ENCONTRO DE PÓS-GRADUANDOS DA EMBRAPA UVA E VINHO, 2., 2008, Bento Gonçalves. **Resumos...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2008. p. 43. Resumo.

SPAGNOL, F.; SCHAKER, P.; MORO, L.; ANTONIOLLI, L. R. Efeito de fatores intrínsecos na suscetibilidade de maçãs 'Royal Gala' ao dano mecânico. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA UVA E VINHO, 6.; ENCONTRO DE PÓS-GRADUANDOS DA EMBRAPA UVA E VINHO, 2., 2008, Bento Gonçalves. **Resumos...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2008. p. 45. Resumo.

VELHO, A. C.; AMARANTE, C. V. T.; ARGENTA, L. C.; STEFFENS, C. A. Influência da temperatura de armazenagem na qualidade pós-colheita de goiabas serranas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 14-20, 2011.



Apoio Financeiro:



Parceiros:



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento

