

Bento Gonçalves, RS  
Novembro, 2012

## Autores

Lucimara Rogéria Antonioli  
Eng. Agr., Dr., Pesquisador  
Embrapa Uva e Vinho,  
Bento Gonçalves, RS  
lucimara.antonioli@embrapa.br

# Ocorrência de dano mecânico por impacto nas operações de colheita e pós-colheita de maçãs

## Introdução

A produção brasileira de maçãs na safra de 2009-10 foi de 1.275.852 t (AGRIANUAL, 2012, FAO, 2012). Essa produção está concentrada na região Sul do país, em uma área de 38.425 ha (IBGE, 2012). Os principais Estados produtores são Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

No Brasil, não existem levantamentos referentes à perda de qualidade em maçãs decorrente de danos mecânicos (DM). No entanto, assim como para outros produtos vegetais, esse é um dos maiores problemas em pós-colheita. De acordo com Gomila (2007), a perda de qualidade em algumas cultivares mais susceptíveis e, portanto, o enquadramento em categorias inferiores, pode representar mais de 50% da produção. Um levantamento desenvolvido na região do Alto Valle, na Argentina, indicou que a ocorrência de danos mecânicos foi a principal causa de perdas qualitativas em pós-colheita, seguida pela ocorrência de distúrbios fisiológicos e podridões (GOMILA, 2007).

Os danos mecânicos podem ocorrer durante a colheita, transporte, beneficiamento e expedição sendo causados, basicamente, por movimentos de vibração, impacto e compressão. De acordo com Ferreira et al. (2006a), a incidência de danos mecânicos é cumulativa, iniciando-se na colheita e agravando-se após cada etapa de manuseio. Os impactos são definidos como movimentos transitórios causados pela súbita aceleração ou desaceleração de um corpo, o que envolve grande dissipação de energia (VIGNEAULT et al., 2002). Os DM causados por impacto caracterizam-se por lesões internas e/ou externas que, sem romper a epiderme, causam a deterioração da polpa. A região lesionada adquire, progressivamente, aspecto corticoso e tonalidades escuras decorrentes da atividade de enzimas oxidativas. Além da depreciação da qualidade, os danos mecânicos aceleram o metabolismo do fruto, antecipando a senescência e reduzindo, portanto, a conservação pós-colheita.

A susceptibilidade das maçãs aos danos mecânicos está relacionada a fatores intrínsecos e extrínsecos. Dentre os aspectos inerentes ao fruto pode-se destacar a cultivar, a firmeza de polpa, a turgescência e o índice de maturação. No entanto, outros fatores contribuem para a susceptibilidade dos frutos aos danos, tais como o período de armazenamento, a temperatura interna do fruto e as condições da linha de beneficiamento e classificação (SEGATORI, 2008). A severidade dos danos causados por impactos nas linhas de beneficiamento é decorrente da velocidade de trabalho do equipamento e das diferenças de altura entre os pontos de transferência. Dessa forma, o nível de impacto pode ser reduzido pela escolha de linhas preferencialmente retas, sem desvios e curvas (SARGENT et al., 1999), por meio da eliminação ou minimização das diferenças de altura entre os componentes da linha, do controle da velocidade de transporte dos frutos, da utilização de materiais com capacidade de absorção da energia de impacto e da

sincronização dos componentes da linha (HYDE; ZHANG, 1992; SEGATORI, 2008).

Ao contrário do que ocorre com outros produtos vegetais, as linhas empregadas nas unidades de beneficiamento de maçãs são equipamentos relativamente novos e projetados exclusivamente para esses frutos. No entanto, alguns detalhes como a ausência de cortinas ou rampas, que atuam como mecanismos de desaceleração dos frutos, bem como a ausência de material de proteção, são frequentemente observados nessas linhas (ANTONIOLLI; FERREIRA, 2010).

Há várias formas de detecção da ocorrência de danos mecânicos. A maneira mais simples é a utilização de maçãs 'Granny Smith' ou 'Golden Delicious' como teste, por apresentarem coloração verde e serem altamente sensíveis à ocorrência do DM. Os frutos são colocados nas linhas de beneficiamento e classificação, juntamente com as maçãs, e coletados após a passagem por determinados pontos da linha. Após um período de descanso, utilizado para que os danos fiquem mais evidentes, o número de maçãs com sintomas é avaliado. Outra forma de avaliação é através da condutividade elétrica da área danificada (MARY et al., 1993). 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; FERREIRA; NETO, 2007), cebolas (TIMM et al., 1991; BAJEMA; HYDE, 1995), laranjas (MILLER; WAGNER, 1991; FERREIRA et al., 2006b), maçãs (BROWN et al., 1990; SOBER et al., 1990; GUYER et al., 1991), tomates (SARGENT et al., 1992; FERREIRA et al., 2005), abacates, mamões e abacaxis (TIMM; BROWN, 1991) e corresponde à uma esfera de plástico rígido, contendo, em seu interior, um sensor de impactos e um microprocessador que registra o momento de ocorrência, a intensidade e a duração dos impactos durante todo o percurso na linha de beneficiamento e seleção.

Esta Circular Técnica tem como objetivo disponibilizar informações relativas à magnitude dos impactos que ocorrem nas operações de colheita e em linhas de beneficiamento e classificação de maçãs, identificando os pontos de ocorrência e

propondo medidas de redução dos danos mecânicos. Traz ainda informações referentes à manifestação do dano em maçãs 'Royal Gala' em decorrência dos níveis de impacto observados.

## Metodologia

### Avaliação da ocorrência de danos mecânicos nas operações de colheita

A avaliação da magnitude de impacto durante as operações de colheita foi realizada com auxílio de uma esfera instrumentada (Techmarck, Inc., Lansing, EUA), de 70 mm, com massa de 165 g. Os ensaios foram conduzidos em uma empresa localizada no município de Vacaria (RS), avaliando-se as cultivares Fuji e Pink Lady durante a colheita comercial, com o auxílio das equipes de colheita contratadas pela própria empresa. Foram avaliados os valores de impacto no descarregamento da sacola no bim (Figura 1A), variando-se o local de acomodação da esfera no interior da sacola (inferior: sacola ainda vazia; mediano: com frutos até a metade; e superior: sacola cheia) e o nível de enchimento do bim (inferior: bim vazio; mediano: com frutos até a metade; e superior: bim cheio). Para tanto, o colhedor foi solicitado a manipular a esfera instrumentada como se fosse uma maçã, colocando-a no interior da sacola e descarregando os frutos quando a sacola atingisse seu limite (Figura 1B). Foi recomendado que a atividade fosse executada como de costume, sem ser atribuído 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 (Figuras 1C e 1D). Para tanto, 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 x local de acomodação da esfera no interior da sacola x nível de enchimento de bim; e cultivar x uso de escada, tendo-se o cuidado de solicitar o auxílio de diferentes colhedores e equipes de colheita. Os limites para medição do nível de impacto variaram de 15 a 500 G.

### Avaliação das linhas de beneficiamento e classificação de maçãs e identificação dos pontos de ocorrência de danos mecânicos

Foram avaliadas sete linhas de beneficiamento e classificação de maçãs localizadas nos municípios de Vacaria (RS), Fraiburgo (SC) e São Joaquim (SC). As



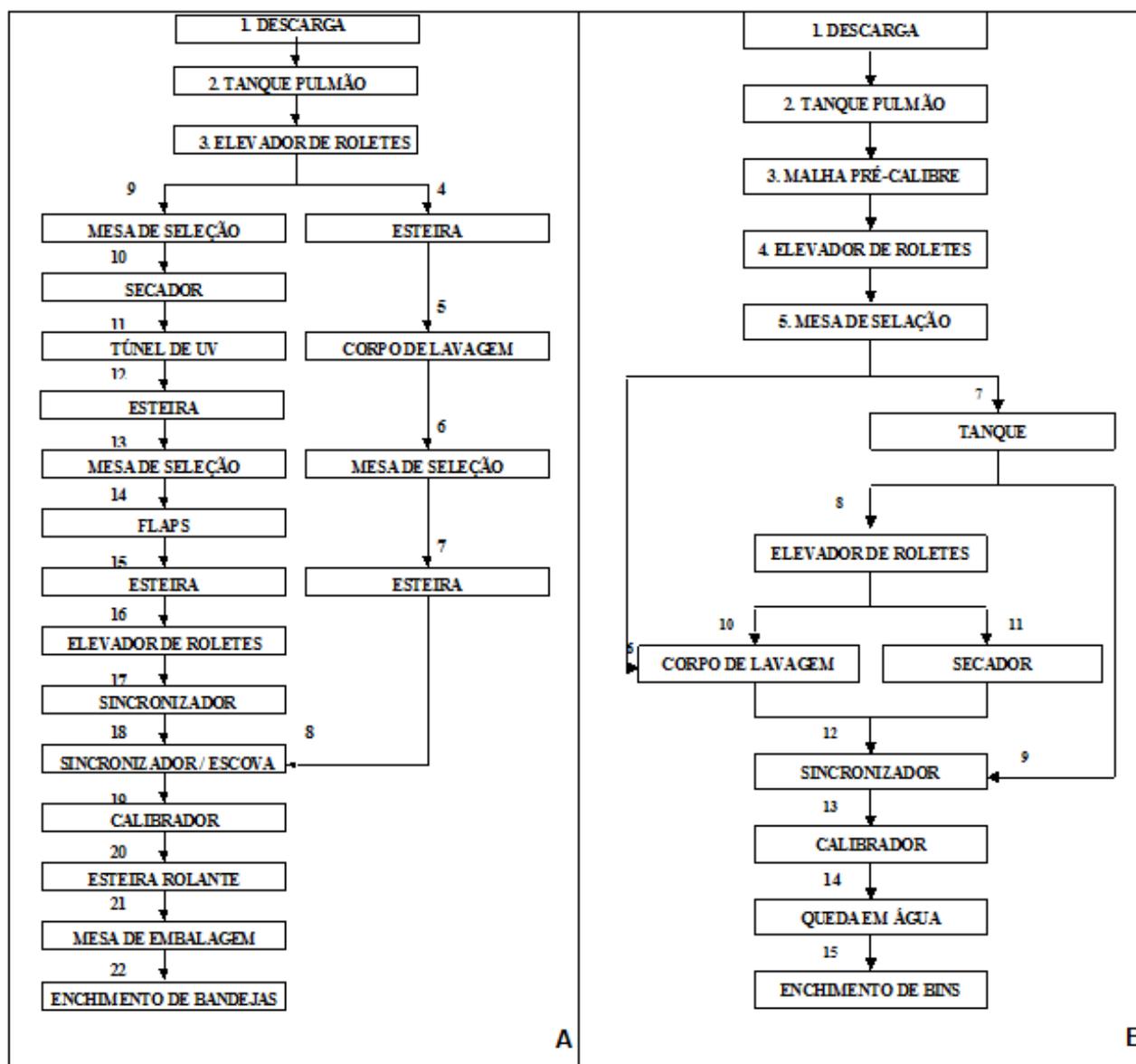
Fig. 1. Descarregamento da sacola de fundo falso no bim (A), esfera instrumentada na porção superior do bim, após descarregamento da sacola (B), colheita com (C) e sem auxílio de escada (D).

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 que 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), de 76 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 e o momento em que passava pelos pontos de transferência foram monitorados por meio de filmagem e com a utilização de um cronômetro de precisão (ANTONIOLLI; FERREIRA, 2010). As medições foram repetidas seis vezes, exceto para a linha 7, na qual foram realizadas cinco repetições. Os limites para medição do nível de impacto variaram de 15 a 500 G. Os valores de

aceleração máxima (AM) ( $G = 9,81 \text{ m s}^{-2}$ ) obtidos nos pontos de transferência de cada linha em cada uma das repetições foram apresentados em gráficos de barras. Para a 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 uma das repetições com AM superior a 50 G. Tais critérios, de acordo com Gomila (2007), são considerados de alto potencial de dano. Adicionalmente, foi utilizado um fluxograma das linhas de beneficiamento e classificação (Seleção/Embalagem – linhas 1 e 2 (Figura 2A); Pré-Seleção e Embalagem – linhas 3, 4, 5 e 6) (Figuras 2B e 2C, respectivamente), para facilitar a visualização dos dados.



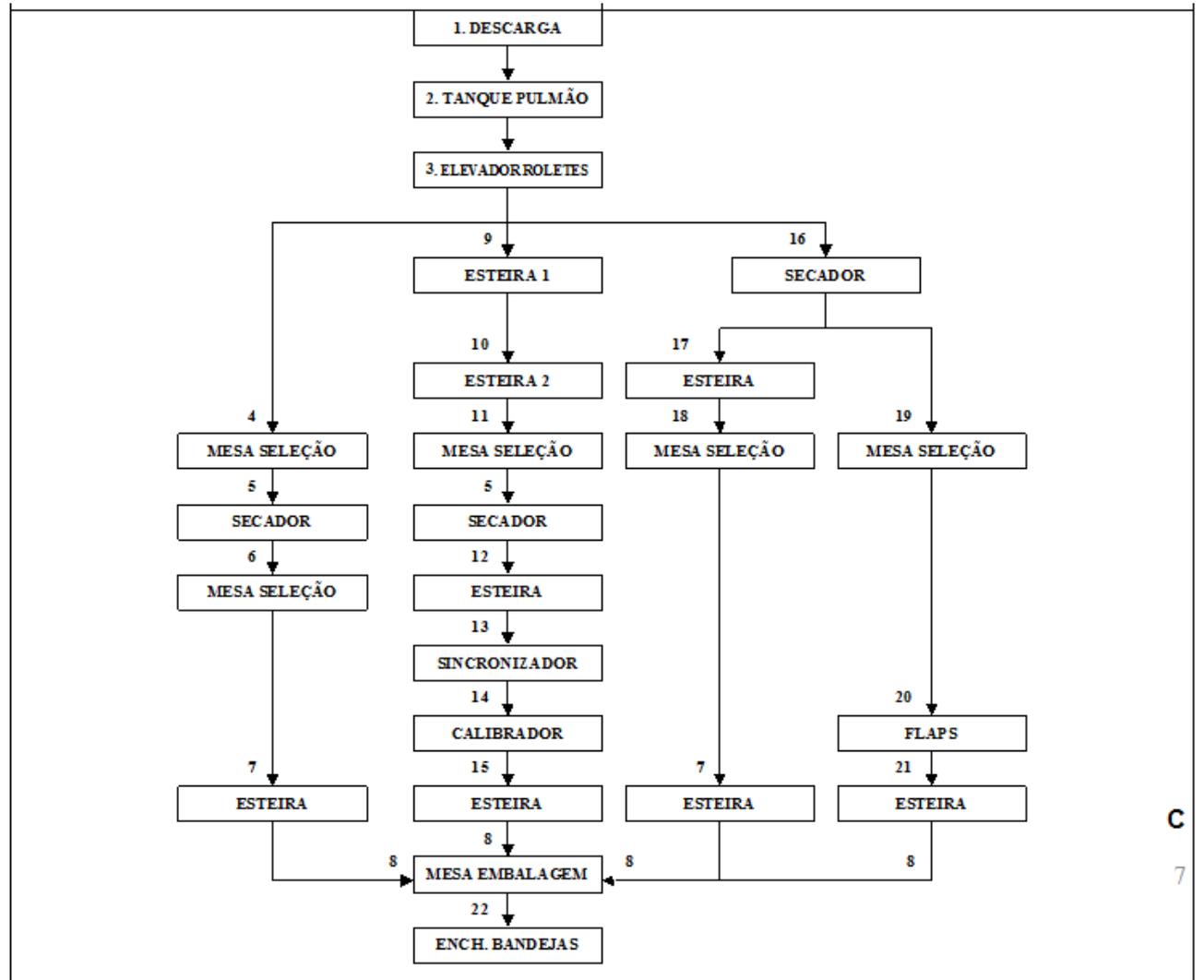


Fig. 2. Fluxogramas das linhas "Seleção/Embalagem" (A), "Pré-Seleção" (B) e "Embalagem" (C).

### Altura de queda e superfície de impacto na manifestação de danos mecânicos em maçãs

Para a reprodução dos valores de aceleração observados na colheita e nas linhas de beneficiamento e classificação, foi utilizado um equipamento de sucção (MAGALHÃES et al., 2007) com algumas modificações estruturais 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 a reprodução dos valores de aceleração observados nas linhas de beneficiamento e classificação, a esfera foi liberada a partir de diferentes alturas (1 cm e 3 a 42 cm, com

intervalos de 3 cm), sobre duas superfícies: metal e borracha (8 mm, Ingeniería Prodol S/A) (Figura 3A).

Foram realizadas quinze repetições para cada combinação (altura x superfície de impacto), sendo os dados médios submetidos à análise de regressão polinomial. Posteriormente, maçãs 'Fuji' foram submetidas à queda livre a partir de três alturas (1, 3 e 5 cm), sobre a superfície de maçãs, de forma a simular a condição do bim. Maçãs 'Royal Gala', por sua vez, foram submetidas à 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 (Figura 3B).

A utilização de um equipamento de sucção e de diferentes superfícies de impacto permite a

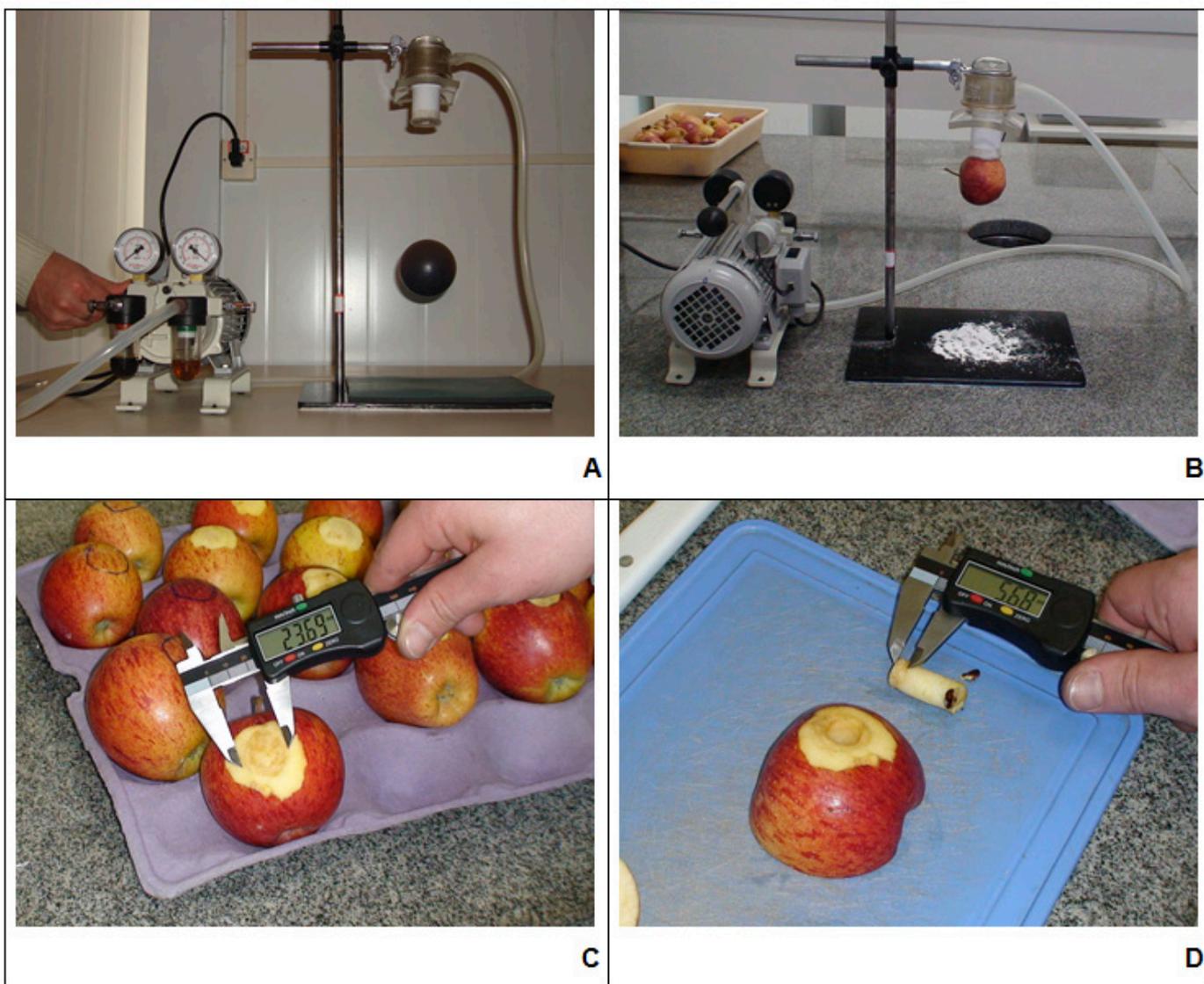


Fig. 3. Queda livre da esfera instrumentada sobre superfície de borracha (8 mm, Ingeniería Prodol S/A) (A); da maçã sobre superfície de metal com pó de giz (B); medições das dimensões (C) e da profundidade do dano após remoção da epiderme (D).

reprodução dos valores de aceleração previamente observados, enquanto que o pó de giz sobre a superfície serve para delimitar o local exato do impacto, possibilitando que essa área danificada seja identificada e continuamente monitorada quanto ao escurecimento da epiderme e da polpa e quanto à perda de qualidade dos frutos. Tal instrumento substitui a prática da coleta dos frutos após a passagem por determinados pontos da linha, com a vantagem de reproduzir com exatidão os valores de aceleração observados tanto nas operações de colheita quanto de pós-colheita (Figura 3B).

O delineamento estatístico foi o inteiramente casualizado, em arranjo fatorial e com 3 repetições. Após o dano, os frutos foram mantidos por 7

dias a 24°C, simulando temperatura ambiente, e avaliados quanto à visualização externa do DM e, após a remoção da epiderme, quanto à área (mm<sup>2</sup>) e profundidade (mm) do dano (Figuras 3C e 3D, respectivamente). Os dados foram submetidos a análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey (p 0,05).

## Resultados e Discussão

### Avaliação da ocorrência de 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 bim apresentaram entre 50 e 92,3% dos registros com impacto inferior a 15 G. Considerando que o limite mínimo de medição é 15

G, os registros inseridos nesse intervalo podem ter apresentado impacto com valores até esse limite ou não terem 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 bim 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 4A). 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, por meio da liberação dos dois ganchos, promove o descarregamento dos frutos por rolamento (Figura 1A). 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 sejam arremessados e sofram impacto contra os outros frutos da superfície do bim.

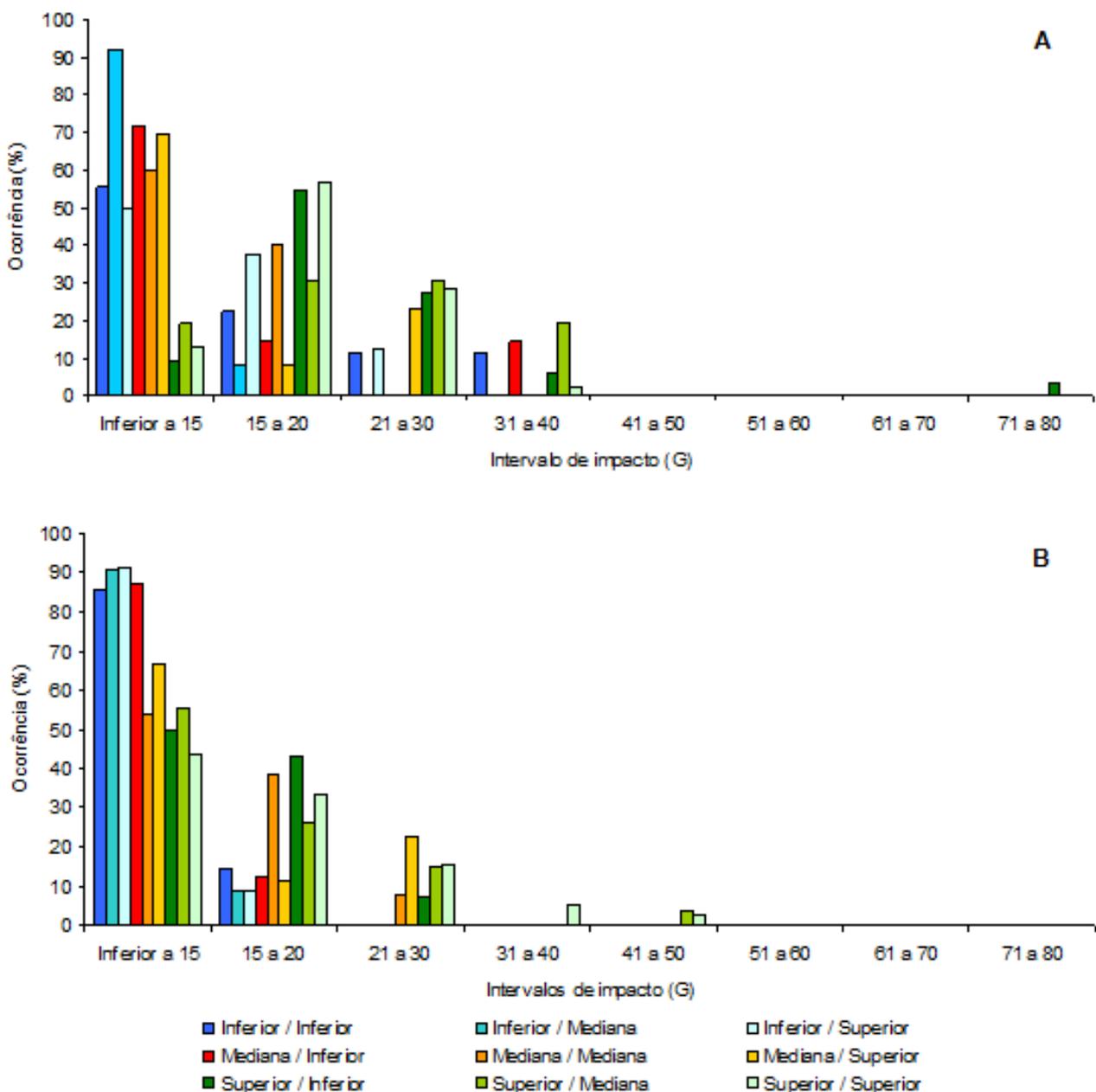


Fig. 4. Ocorrência (%) dos intervalos de impactos (G) em função da combinação local de acomodação da esfera no interior da sacola/nível de enchimento do bim durante a colheita de maçãs 'Fuji' (A) e 'Pink Lady' (B).

Na colheita de maçãs 'Pink Lady', observou-se que 43,6 a 91,7% dos registros foram inferiores a 15 G, independente da combinação local de acomodação da esfera no interior da sacola x nível do enchimento do bím (Figura 4B), confirmando o procedimento diferenciado e mais cuidadoso adotado na colheita dessa 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', sendo observadas frequências entre 25,9 e 42,9% no intervalo de 15 a 20 G e entre 7,1 e 15,4% no intervalo de 21 a 30 G (Figura 4B).

O uso de escada durante a colheita da maçã 'Fuji' resultou em 27,3% das medições com registro de quatro 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 bím, o equipamento registrou a ocorrência de quatro impactos, independentemente da sua magnitude. Em contrapartida, a colheita sem escada resultou em 5,3% das medições com cinco registros de impacto, número máximo de impactos que não foi observado na colheita com escada (Figura 5A). Do total de registros de impacto, 48,5% dos observados na colheita sem escada e 44,0% daqueles observados na colheita 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 5B). A colheita de maçãs 'Pink Lady' com o uso de escada resultou em maior ocorrência de impactos quando comparada à colheita sem escada, sendo que 53,3 e 13,3% das medições apresentaram um e dois impactos, respectivamente (Figura 5C). Desse total, 47,1% estavam inseridos no intervalo de 15 a 20 G e 23,5% no intervalo de 21 a 30 G (Figura 5D).

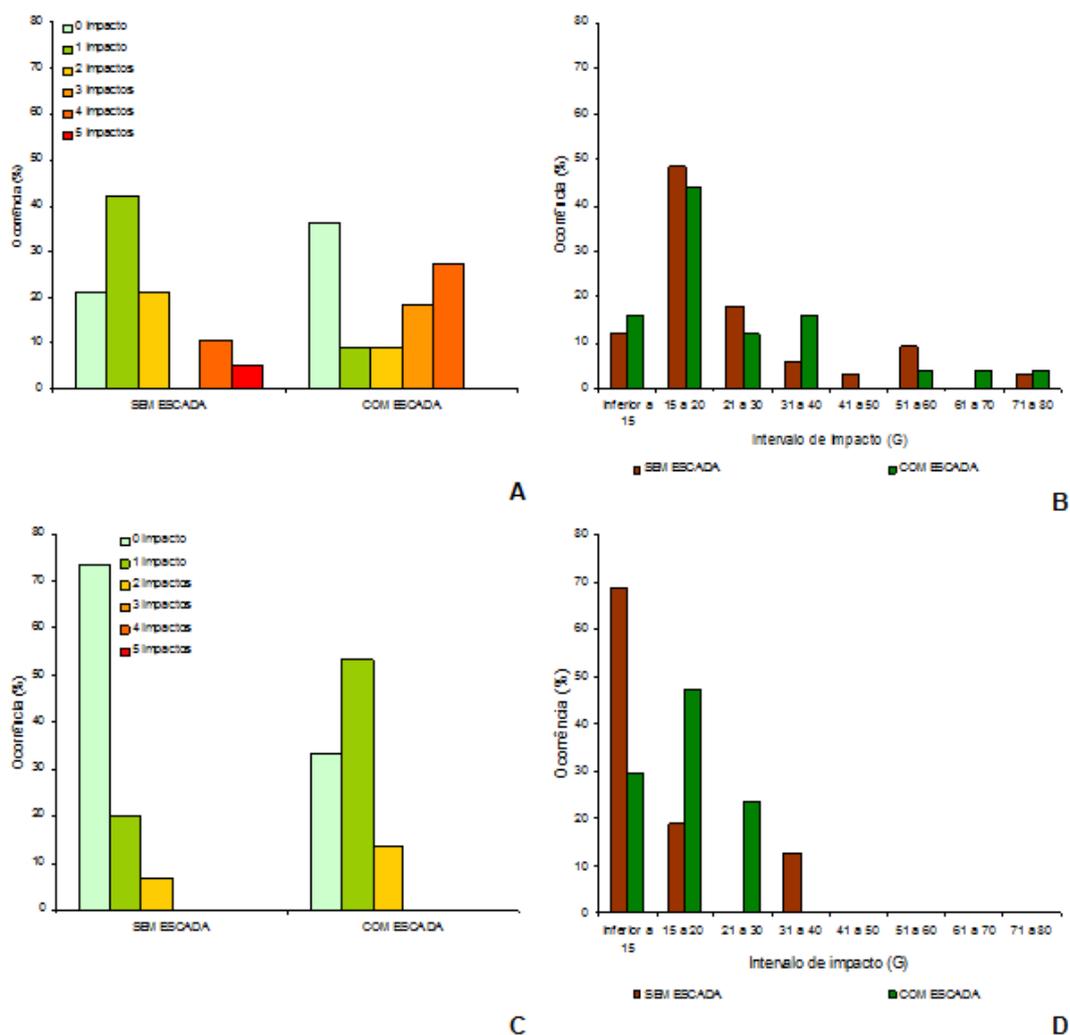


Fig. 5. Ocorrência (%) do número de impactos e de intervalos de impacto (G) na colheita de maçãs 'Fuji' (A e B) e 'Pink Lady' (C e D).

### Avaliação das linhas de beneficiamento e classificação de maçãs e identificação dos pontos de ocorrência de danos mecânicos

As linhas 1 e 2, agrupadas como “Linha de Seleção/Embalagem”, apresentam em comum as etapas de recepção ou descarga, tanque pulmão e elevador de roletes. A partir dessa etapa, as linhas apresentam diferentes componentes, equiparando-se, novamente, a partir do sincronizador (Figura 2A).

Observa-se que o ponto crítico de impacto corresponde à transferência sincronizador – calibrador, onde 100% das medições indicaram valores de aceleração acima de 30 G, com frequência de 66,67% acima de 50 G. Nesse ponto, os valores oscilaram entre 34,20 e 96,78 G (Figuras 6, 7A e 7B). De acordo com Segatori (2008), dependendo da sensibilidade da cultivar,

valores de aceleração entre 30 e 50 G, sobre superfícies rígidas, podem causar danos comerciais, ou seja, com área superficial maior que 50 mm<sup>2</sup>. Os valores entre 50 e 80 G são considerados de alto risco, enquanto que os valores inferiores a 25 G geralmente não causam danos mecânicos aos frutos. Nesse ponto, os maiores valores de aceleração foram observados na linha 1, que possui calibrador no sistema de pratos (Figura 7A). 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.

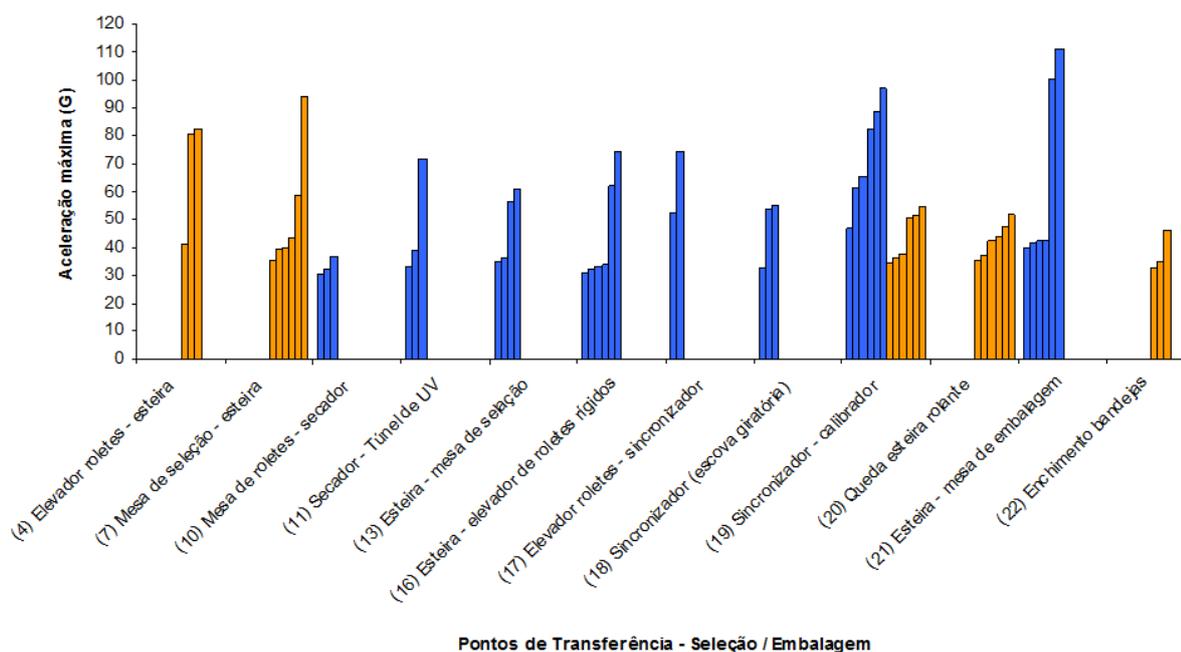


Fig. 6. Aceleração máxima (G) na linha de Seleção-Embalagem (Linha1: azul; Linha 2: laranja).

Nesse agrupamento, os demais pontos apresentados na Figura 6 foram críticos para somente uma das linhas avaliadas. Desses 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 (Figuras 7C a 7F, respectivamente). Com exceção do ponto 20, todos os demais apresentaram 33,33% dos valores acima de 50 G. O ponto de transferência 21, com valores

entre 39,90 e 111,17 G apresenta diferencial de 3,5 cm entre a esteira e a mesa de embalagem (Figura 7F). A presença de mecanismo de desaceleração e rampa emborrachada 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 93,88 e 74,30 G, respectivamente. O ponto de transferência 7, identificado na linha 2, apresenta diferencial de



Fig. 7. Pontos de transferência: sincronizador – calibrador na linha 1 (A) e na linha 2 (B), mesa de seleção – esteira na linha 2 (C), esteira – elevador de roletes rígidos na linha 1 (D), queda esteira rolante na linha 2 (E) e esteira – mesa de embalagem na linha 1 (F).

9,0 cm entre a mesa de seleção de roletes rígidos e a esteira (Figura 7C). 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 nesse 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 rígido (Figura 7D).

O ponto de transferência entre o elevador de roletes e a esteira (4), localizado no início da linha 2, apresentou 33,33% dos valores de aceleração acima de 50 G (Figura 6). 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 nesse ponto, podem interferir negativamente na absorção dos impactos.

Os pontos 11, 13, 17 e 18 apresentaram menor frequência 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 6). 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 do material 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 2B e 8). Neste ponto, 66,67% dos valores de AM foram superiores a 30 G, sendo que desses, 31,25% foram superiores a 50 G. O máximo valor de aceleração registrado nesse 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 (Figuras 9A a 9C). 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, a fim de que atuem como mecanismos de desaceleração, podem ser suficientes para a redução dos impactos registrados nesse ponto. Adicionalmente, foram observados valores de aceleração entre 32,65 e 86,61 G no interior do secador da linha 6 (dados não apresentados) (Figura 9D). Nesse 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.

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 ou descarga, o tanque pulmão e o elevador de roletes e, ao final, a mesa de embalagem e o enchimento de bandejas (Figura 3C).

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

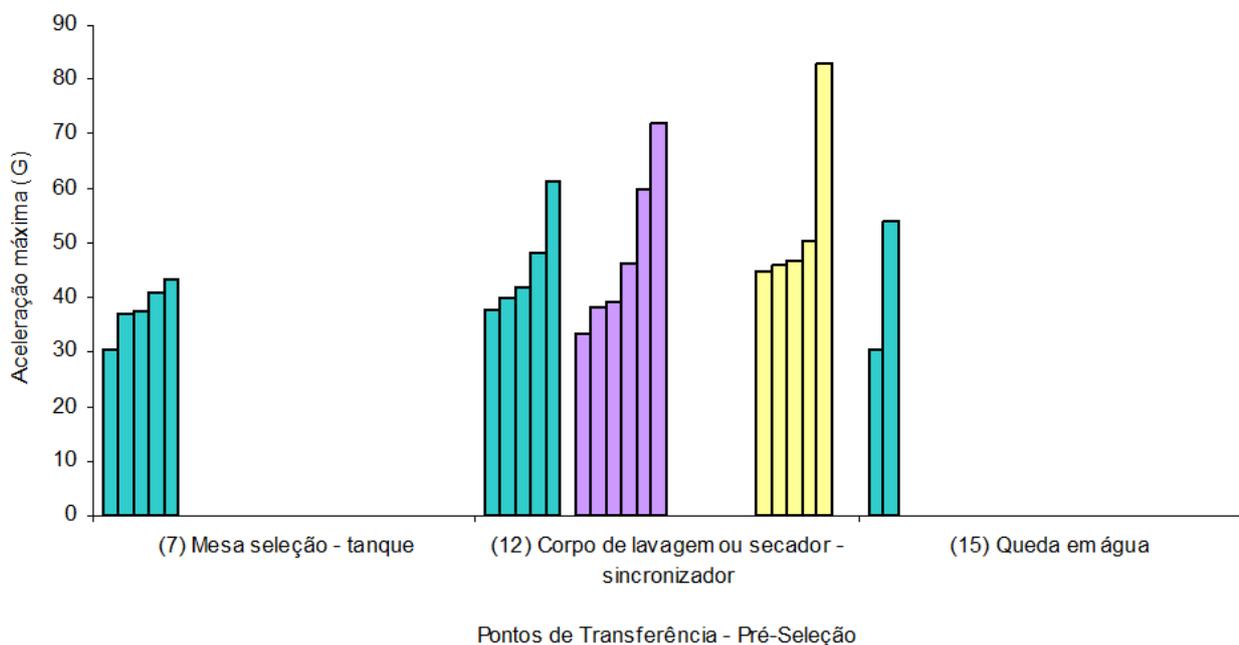


Fig. 8. Aceleração máxima (G) na Linha de Pré-Seleção (Linha 3: verde; Linha 4: lilás, Linha 6: amarelo).

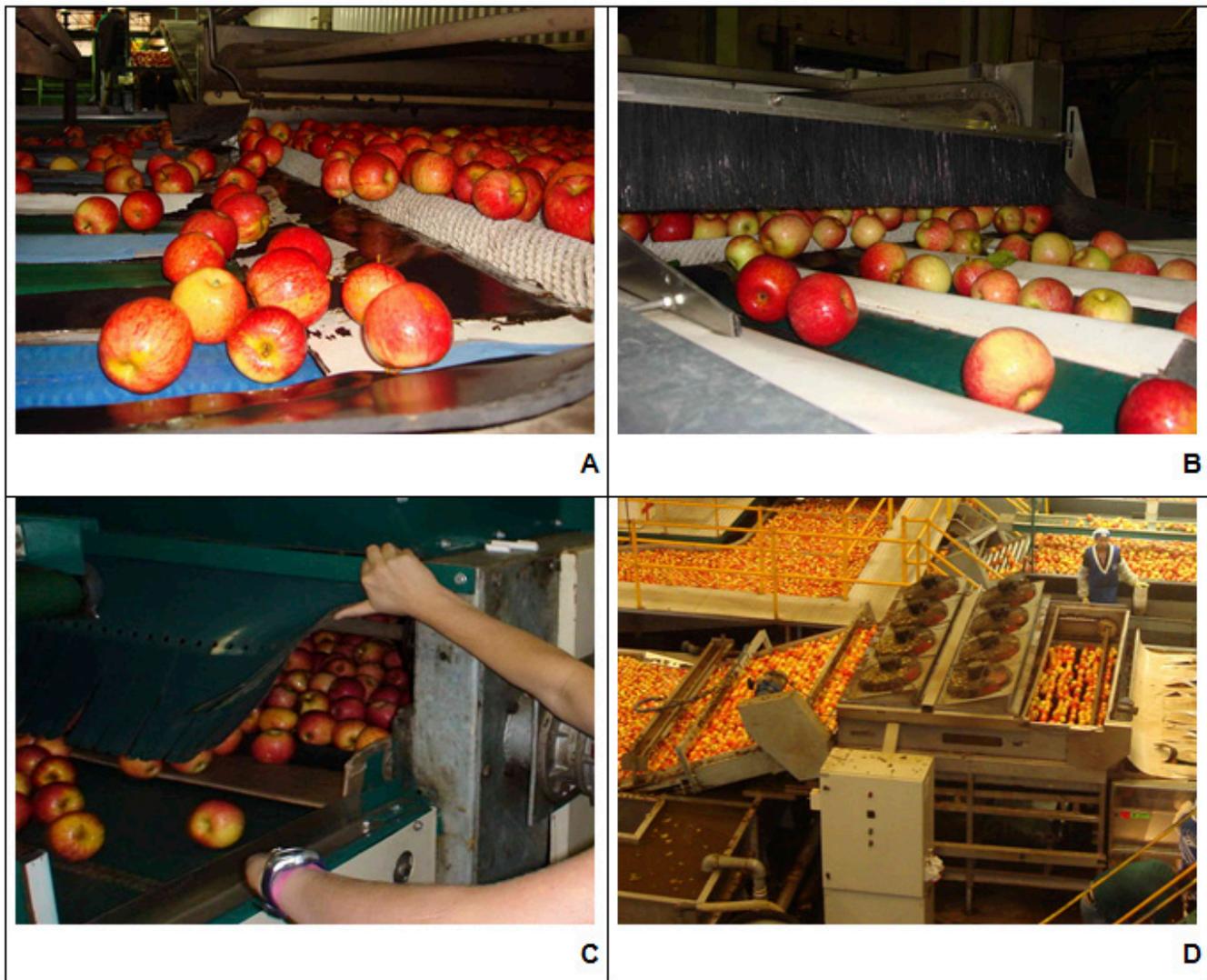


Fig. 9. Transferência entre o corpo de lavagem ou secador e o sincronizador nas linhas 3 (A), 4 (B) e 6 (C), secador na linha 6 (D).

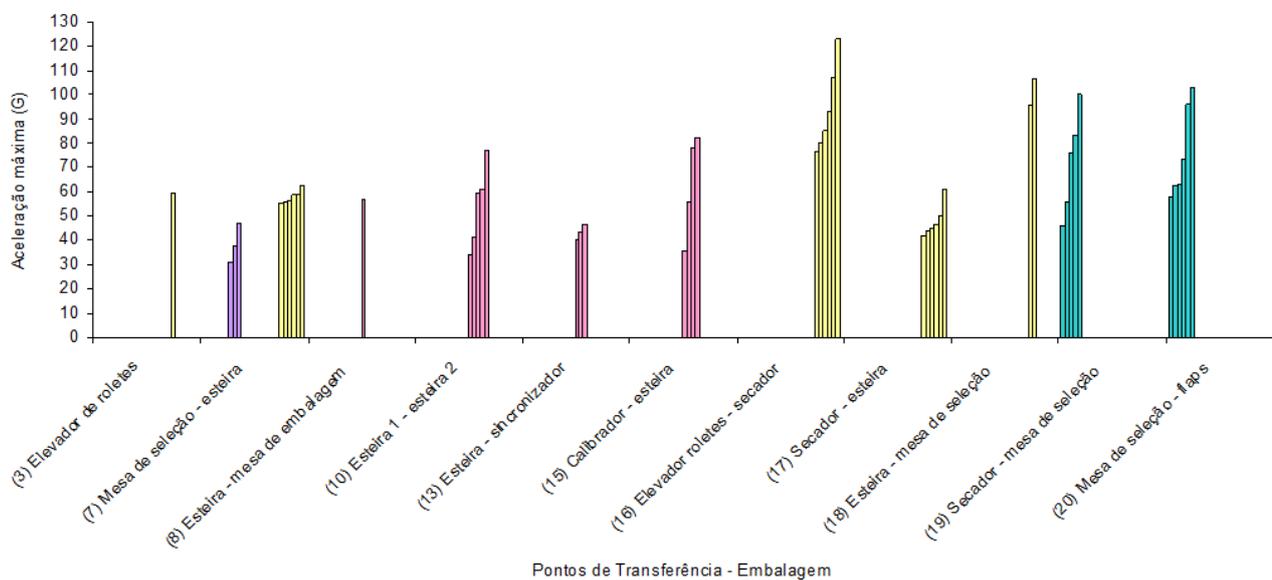


Fig. 10. Aceleração máxima (G) na Linha de Embalagem (Linha 3: verde; Linha 4: lilás, Linha 5: rosa, Linha 6: amarelo).

valores registrados na linha 6 foram superiores a 50 G. Nessa linha, os valores variaram entre 55,42 e 62,57 G e, possivelmente, são decorrentes do desgaste do material de amortecimento utilizado na rampa que atenua a diferença de 6 cm de altura entre a mesa de seleção e a esteira (Figura 11A). 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 roletes – 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 roletes e o

secador (16), identificado na linha 6, apresentou o maior valor de aceleração: 123,29 G. Os elevados valores de aceleração (76,68 a 123,29 G) detectados nesse 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 (Figura 11B). O ponto 20, identificado na linha 3, com valores máximos de aceleração entre 58,01 e 103,16 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 11C).



Fig. 11. Pontos de transferência: mesa de seleção – esteira na linha 6 (A), elevador de roletes – secador na linha 6 (B), esteira – mesa de seleção na linha 6 (C), mesa de seleção – flaps na linha 3 (D).

O segundo maior valor de aceleração na etapa de “Embalagem” (106,46 G) foi observado na linha 6, no ponto de transferência entre esteira e mesa de seleção (18) (Figura 10). Esse ponto apresentou somente 33,33% 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 roletes rígidos (Figura 11D). Os pontos de transferência 10, 15 e 19 apresentaram pelo menos 66,67% dos valores de aceleração acima de 30 G. Desses, 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 99,99 G. Esse 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 77,20 e 82,50 G, respectivamente (Figura 10). No ponto 10, o diferencial de altura entre duas esteiras foi reduzido com a utilização de uma rampa construída com borracha de baixa espessura. Entretanto, 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, o que justifica 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 (Figura 12). Desses, os pontos 1 e 2 (recepção (Figura 13A) e a esteira rolante (Figura 13B), respectivamente) apresentaram 100% dos valores acima de 50 G, sendo observado, na transferência entre esteiras, 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

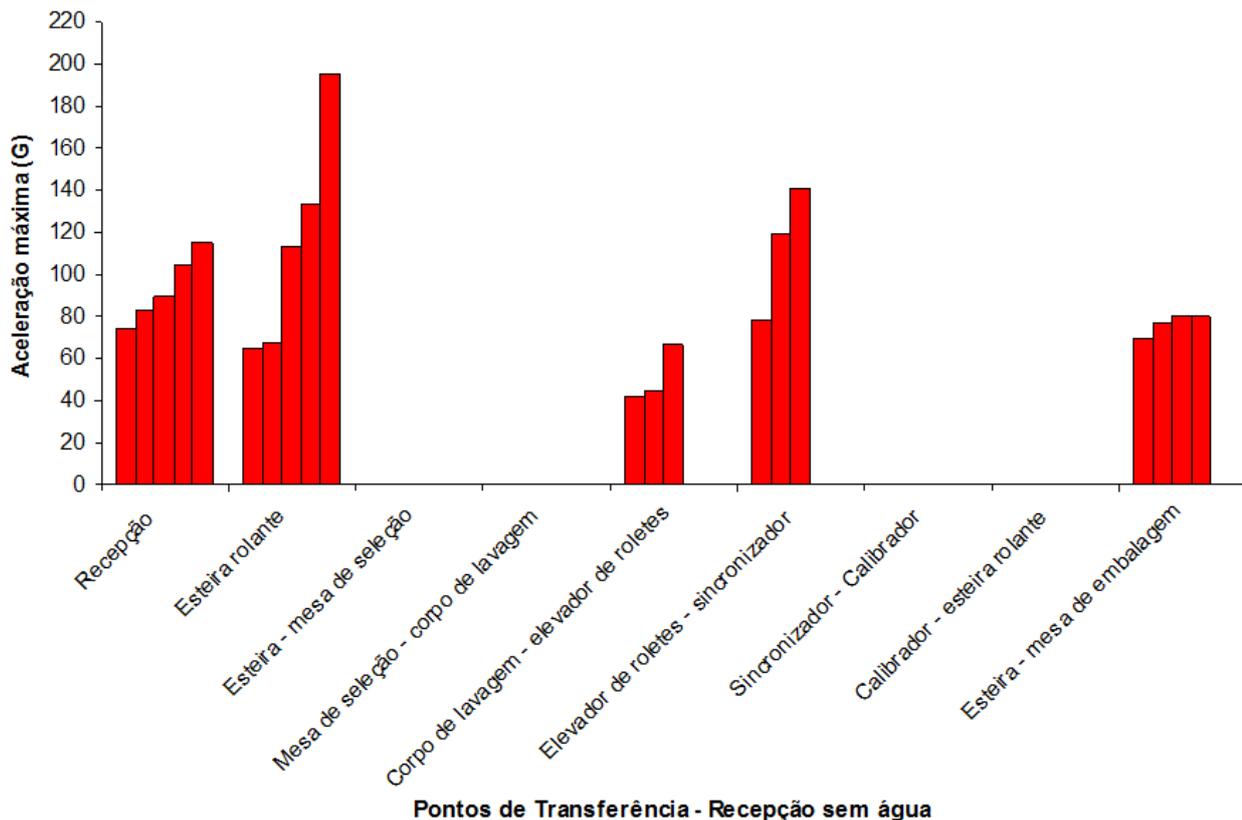


Fig. 12. Aceleração máxima (G) na Linha 7 (Recepção sem água).

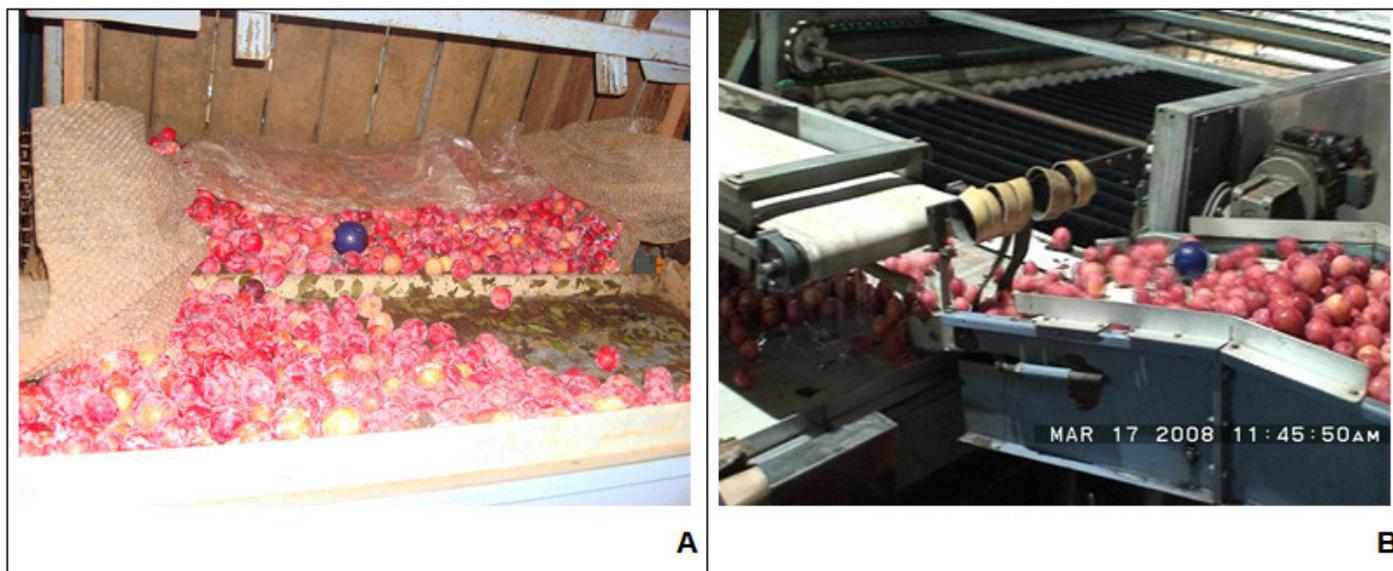


Fig. 13. Recepção (A) e esteira rolante (B) na linha 7.

aceleração acima de 50 G. Os elevados valores de aceleração observados nessa linha são decorrentes do sistema inadequado de descarregamento dos frutos (Figura 13A), do grande diferencial de altura entre os componentes da linha e da ausência de material de proteção.

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. Nesses 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 90,00 e 165,17 G e entre 16,48 e 21,25 G, referentes à presença ou ausência de cortina, respectivamente.

### Altura de queda e superfície de impacto na manifestação de danos mecânicos em maçãs

Os valores de aceleração máxima obtidos a partir da queda da esfera sobre a superfície de maçãs puderam ser representados por meio de uma equação quadrática ( $y = -0,2817 x^2 + 7,6075 x + 8,8787$ ). As 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 19,60 e 23,00 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 por meio de uma equação quadrática ( $y = -0,1909 x^2 + 16,989 x + 72,585$ ), enquanto que os valores obtidos nas quedas sobre superfície de borracha foram melhor expressos por meio de uma equação linear ( $y = 4,8391 x + 7,8026$ ). Destacando-se um ponto aleatório do intervalo avaliado (15 cm) observa-se que a aceleração máxima na queda sobre superfície de borracha foi equivalente a 27,67% da observada sobre superfície metálica, o que significa dizer que a borracha absorveu 72,33% da energia, ficando evidente a função protetora da borracha na absorção da energia de impacto (Figura 14A).

A avaliação dos frutos indicou que a queda de 2 cm sobre superfície metálica resultou em 11,11% das maçãs com DM perceptível externamente. Essa frequência manteve-se nos frutos submetidos a queda de 5 cm, passando para 88,89% nos frutos submetidos a quedas de 8 e 15 cm. As alturas 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 no percentual de frutos com sintoma em função do aumento da altura de queda (Figura 14B).

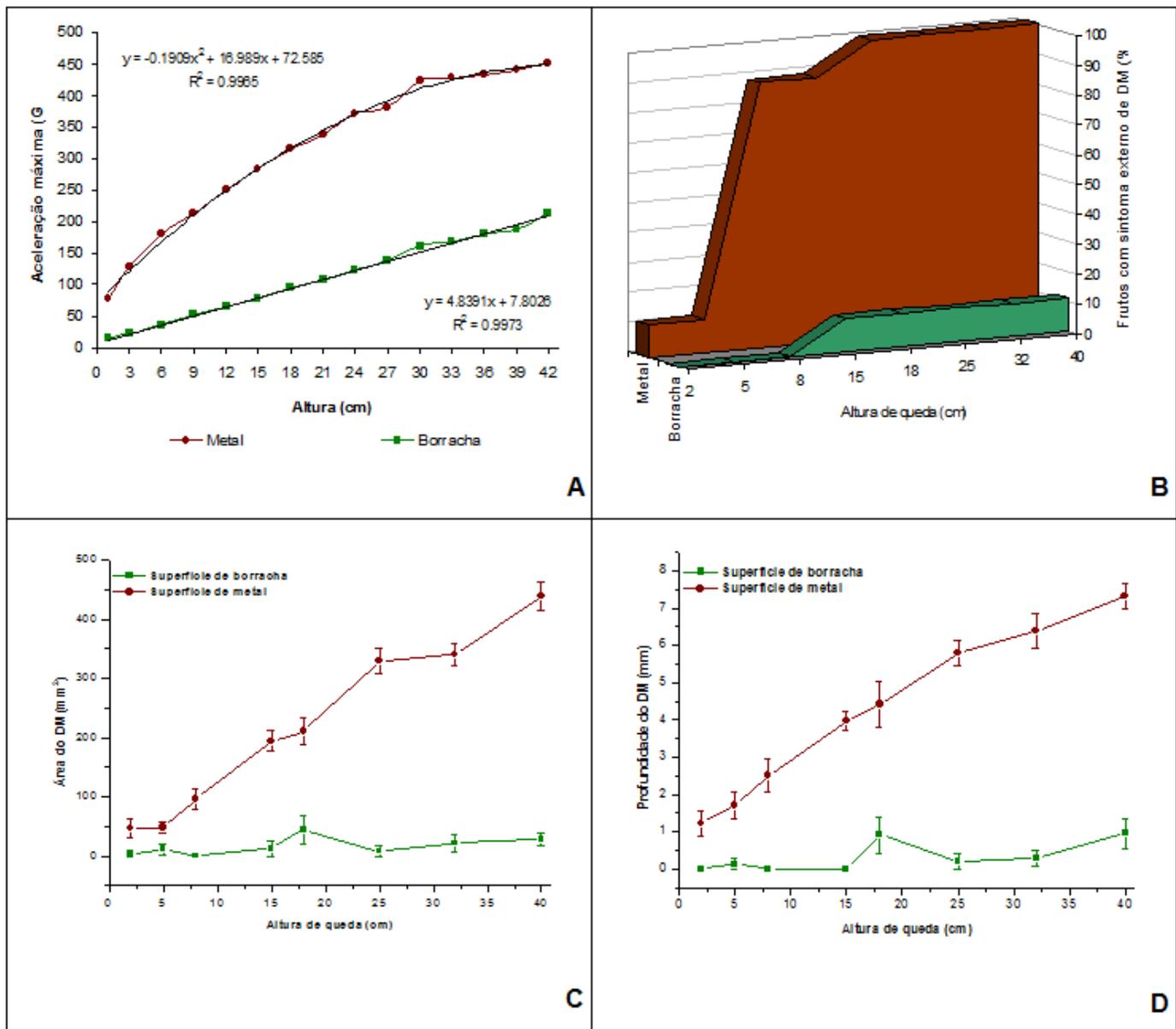


Fig. 14. Aceleração máxima da esfera instrumentada sobre duas superfícies (A) e ocorrência de dano mecânico em maçãs (B: dano mecânico visível externamente; C: área do dano; D: profundidade do dano).

Não foi observada diferença significativa quanto à área e à profundidade do DM em função da altura de queda sobre superfície de borracha, com valores oscilando entre 0,00 e 44,58 mm<sup>2</sup> e 0,00 e 0,94 mm, para área e profundidade do dano, respectivamente. Nos frutos submetidos à queda sobre superfície metálica, verificou-se um aumento gradual na área e na profundidade do dano, atingindo-se os valores máximos de 439,34 mm<sup>2</sup> e 7,32 mm, respectivamente, quando liberados a partir de 40 cm de altura (Figuras 14C e 14D). 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 (194,80 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 8 cm sobre superfície de metal, resultou em 88,89% 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 (Figura 15). A queda a partir de 40 cm sobre borracha (altura mais próxima testada), por sua vez, resultou em 11,11% dos frutos com sintoma externo, área de 28,16 mm<sup>2</sup> e profundidade de 0,94 mm.

## Conclusões

- A maior parte dos valores de impacto na colheita é de baixa magnitude;
  - A submissão de maçãs 'Fuji' às alturas de queda equivalentes aos valores de aceleração predominantes durante a colheita resulta em frutos sem sintomas de dano mecânico;
  - Elevados valores de impacto nas etapas entre a entrada do singulador e o calibrador são frequentes
- em linhas de beneficiamento e classificação de maçãs;
  - O valor máximo de aceleração observado nas linhas de beneficiamento e classificação é 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 sobre superfície metálica resulta em frutos com sintoma externo de dano mecânico e, internamente, em dano médio a severo, facilmente perceptível ao toque e visível após remoção da epiderme;
  - Medidas como recepção em água, redução das diferenças de altura entre os componentes da

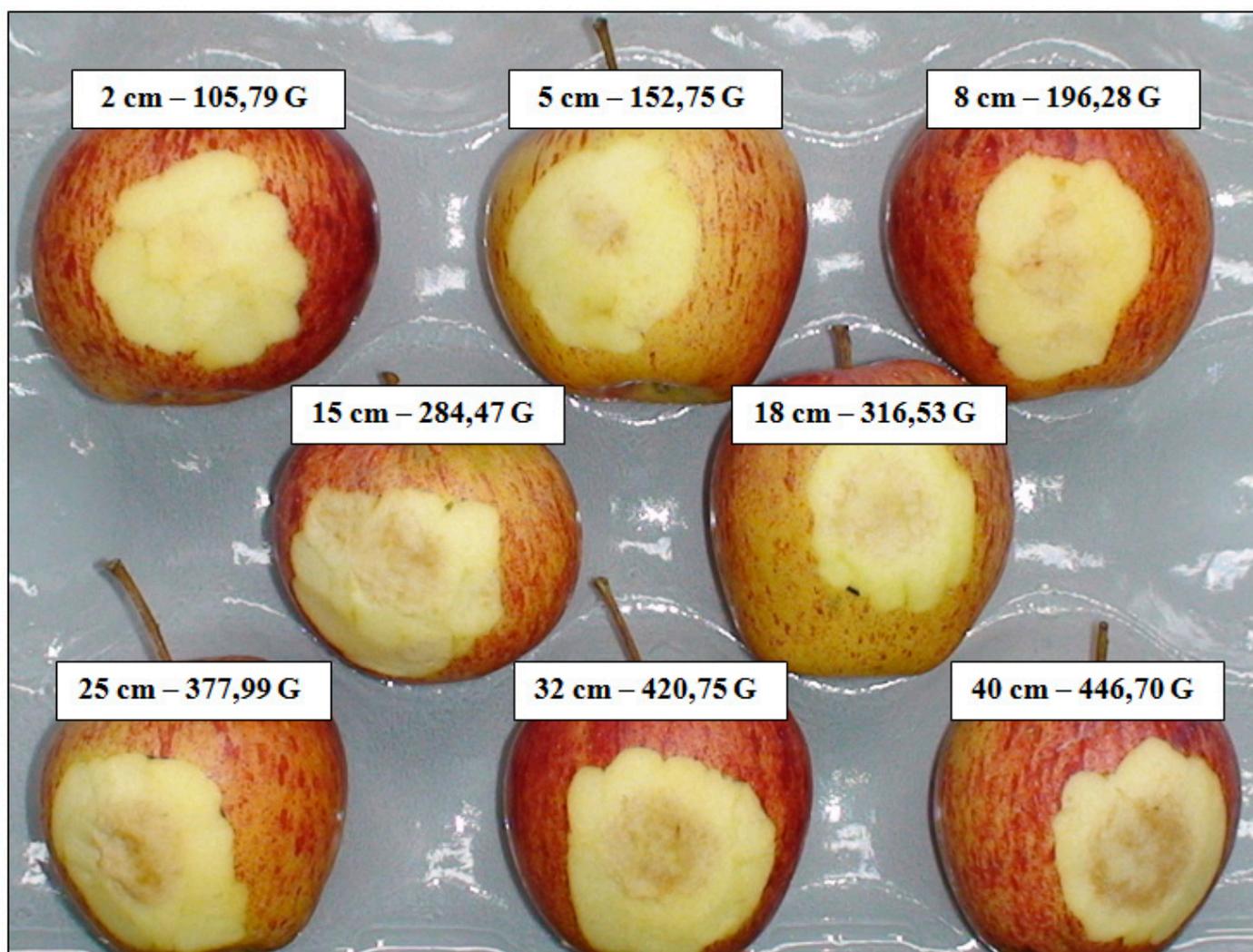


Fig. 15. Sintomatologia do DM em maçãs 'Royal Gala' submetidas a quedas de 2 a 40 cm sobre superfície de metal.

linha e utilização de elementos desaceleradores podem minimizar a ocorrência de danos mecânicos e, portanto, reduzir as perdas de qualidade em pós-colheita.

## Agradecimentos

O autor agradece à ABPM – Associação Brasileira dos Produtores de Maçã, e à FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos, pelo suporte financeiro. E ao projeto INOVAMAÇÃ – Inovações Tecnológicas para a Modernização do Setor da Maçã.

## Referências bibliográficas

- AGRIANUAL: Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP, 2012. 482 p.
- ANTONIOLLI, L. R.; FERREIRA, M. D. **Sistema de avaliação de dano mecânico por impacto em linhas de beneficiamento de maçãs**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2010. 5 p. (Embrapa Uva e Vinho. Comunicado Técnico, 105).
- BAJEMA, R. W.; HYDE, G. M. Packing line bruise evaluation for 'Walla Walla' summer sweet onions. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 38, n. 4, 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**, Saint Joseph, v. 6, n. 6, p. 759-764, 1990.
- FAO. **FAOSTAT**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 08 ago. 2012.
- FERREIRA, M. D.; CORTEZ, L. A. B.; HONÓRIO, S. L.; TAVARES, M. Avaliação física do tomate de mesa 'Romana' durante manuseio na pós-colheita. **Engenharia Agrícola**, Botucatu, v. 26, n. 1, p. 321-327, 2006a.
- 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.; NETTO, L. H. Avaliação de processos nas linhas de beneficiamento e classificação de batatas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 2, p. 279-285, 2007.
- 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**, Botucatu, v. 28, n. 3, p. 523-525, 2006b.
- GOMILA, T. Daño por golpe en manzanas en líneas de empaque. **Fruticultura & Diversificación**, Allen, n. 54, p. 42-50, 2007.
- GUYER, D. E.; SCHULTE, N. L.; TIMM, E. J.; BROWN, G. K. Minimize apple bruising in the packingline. **Tree Fruit Postharvest Journal**, Wenatchee, v. 2, n. 4, p. 14-20, 1991.
- 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, n. 1, p. 65-69, 1992.
- HYDE, G. M.; ZHANG, W. Apple bruising research update: packing line impact evaluations. **Tree Fruit Postharvest Journal**, Wenatchee, v. 3, n. 3, p. 12-15, 1992.
- IBGE. **IBGE**: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 08 ago. 2012.
- MAGALHÃES, A. M. de; FERREIRA, M. D.; BRAUNBECK, O. A.; ESTEVOM, M. V. R. Superfícies protetoras na diminuição de danos mecânicos e tomates de mesa. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 3, p. 878-881, 2007.
- MARY, A.; COX, W.; ZHANG, W.; WILLISON, H. M. Apple bruise assessment through electrical impedance measurements. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 68, n. 3, p. 393-398, 1993.
- MILLER, W. M.; WAGNER, C. Florida citrus packing line studies with an instrumented sphere. **Applied Engineering in Agriculture**, Saint Joseph, v. 7, n. 5, p. 577-581, 1991.

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, n. 1, p. 76-83, 1992.

SARGENT, S. A.; RITENOUR, M. A.; BRECHT, J. K. **Handling, cooling and sanitation techniques for maintaining postharvest quality**. [S.l.]: University of Florida, Institute of Food and Agricultural Science, Florida Cooperative Extension Service, 1999. (Horticultural Sciences Department HS719).

SEGATORI, A. (Coord.). **Daño por golpes**. Allen: INTA, EEA Alto Valle, 2006. 15 p. Proyecto Nacional n. 52-535. Disponível em: <<http://biblioteca.org.ar/libros/210424.pdf>>. Acesso em: 03 dez. 2008.

SOBER, S. S.; ZAPP, H. R.; BROWN, G. K. Simulated packing line impacts for apple bruise prediction. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 33, n. 2, p. 629-636, 1990.

TIMM, E. J.; BROWN, C. G. Impacts recorded on avocado, papaya, and pineapple packing lines. **Applied Engineering in Agriculture**, Saint Joseph, v. 7, n. 4, p. 418-422, 1991.

TIMM, E. J.; BROWN, C. G.; BROOK, R. C.; SCHULTE, N. L.; BURTON, C. L. Impact bruise estimates for onion packing lines. **Applied Engineering in Agriculture**, Saint Joseph, v. 7, p. 571-576, 1991.

VIGNEAULT, C.; BORDINT, M. R.; ABRAHÃO, R. F. Embalagem para frutas e hortaliças. In: CORTEZ, L. A. B.; HONÓRIO, S. L.; MORETTI, C. L. (Ed.). **Resfriamento de frutas e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 96-121.

**Circular  
Técnica, 94**

Ministério da Agricultura,  
Pecuária e Abastecimento



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

**Embrapa Uva e Vinho**

Rua Livramento, 515 - Caixa Postal 130  
95700-000 Bento Gonçalves, RS

**Fone:** (0xx) 54 3455-8000

**Fax:** (0xx) 54 3451-2792

<http://www.cnpuv.embrapa.br>

1ª edição

1ª impressão (2012): 500 exemplares

**Comitê de  
Publicações**

**Presidente:** Mauro Celso Zanus

**Secretária-Executiva:** Sandra de Souza Sebben

**Membros:** Alexandre Hoffmann, César Luís Girardi,  
Flávio Bello Fialho, Henrique Pessoa dos Santos,  
Kátia Midori Hiwatashi, Thor Vinícius Martins  
Fajardo e Viviane Maria Zanella Bello Fialho

**Expediente**

**Editoração gráfica:** Alessandra Russi

**Normalização bibliográfica:** Kátia Midori Hiwatashi