

Foto: Lucimara R. Antonioli.



## Sistema de avaliação de dano mecânico por impacto em linhas de beneficiamento de maçãs

Lucimara Rogéria Antonioli<sup>1</sup>  
Marcos David Ferreira<sup>2</sup>

### Introdução

Os danos mecânicos (DM) podem ocorrer durante a colheita, transporte, beneficiamento e expedição e se caracterizam por lesões internas e/ou externas causadas por impactos, que, sem romper a epiderme, causam a deterioração da polpa. A região danificada adquire, progressivamente, aspecto corticoso e tonalidades escurecidas decorrentes da atividade de enzimas oxidativas. Além da depreciação da qualidade, os danos mecânicos aceleram o metabolismo do fruto, antecipando a senescência e reduzindo a vida útil pós-colheita.

No Brasil, não existem levantamentos quanto à perda de qualidade em maçãs em decorrência dos danos mecânicos. Entretanto, 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 suscetíveis e, portanto, o enquadramento em

categorias inferiores, pode representar mais de 50% da produção. Um levantamento desenvolvido na região do Alto Valle, 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 (GOMILLA, 2007).

A suscetibilidade das maçãs aos danos mecânicos por impacto está relacionada a fatores intrínsecos e extrínsecos. Dentre os aspectos inerentes ao fruto, pode-se destacar a cultivar, firmeza da polpa, turgescência e índice de maturação. No entanto, outros fatores contribuem para a suscetibilidade 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 et al., 2008). A severidade dos danos causados por impacto nas linhas de beneficiamento é decorrente da velocidade de trabalho do equipamento e das diferenças de altura entre os pontos de

<sup>1</sup>Eng. Agrôn., Dra., Pesquisadora, Embrapa Uva e Vinho, Caixa Postal 130, CEP 95700-000, Bento Gonçalves, RS. E-mail: lucimara@cnpuv.embrapa.br.

<sup>2</sup>Eng. Agrôn., Dr., Pesquisador, Embrapa Instrumentação Agropecuária, Rua XV de Novembro, 1452, CEP 13560-970, São Carlos, SP. E-mail: marcosferreira@cnpdia.embrapa.br.

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 et al., 2008).

As linhas empregadas nas unidades de beneficiamento brasileiras de maçãs são equipamentos relativamente novos e projetados exclusivamente para esses frutos. No entanto, alguns detalhes são frequentemente observados nessas linhas, como a ausência de material de proteção e de cortinas ou rampas, que atuam como mecanismos de desaceleração dos frutos.

O objetivo deste comunicado técnico é descrever o sistema de avaliação da ocorrência dos danos mecânicos por impacto com a utilização da esfera instrumentada (*Impact Recording Device*, IRD - Techmark, Inc., Lansing, USA), como forma de subsidiar e orientar os ajustes necessários para eliminação ou redução dos mesmos nas linhas de beneficiamento e classificação de maçãs.

### **Avaliação do dano mecânico por impacto**

Há várias formas de detecção da ocorrência de danos mecânicos por impacto. 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 manifestação do dano. Os frutos são colocados nas linhas de beneficiamento e classificação, juntamente com as demais maçãs, sendo coletados depois de passar 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 da área danificada (MARY et al., 1993).

A esfera instrumentada (*Impact Recording Device*, IRD - Techmark, Inc., Lansing, USA) substitui, com vantagens, o teste realizado com maçãs, destacando a precisão e a rapidez na obtenção dos resultados. O equipamento vem sendo utilizado nas avaliações de linhas de beneficiamento de batatas (HYDE et al., 1992; FERREIRA & NETTO, 2007),

cebolas (BAJEMA & HYDE, 1995), laranjas (MILER & WAGNER, 1991; FERREIRA et al., 2006), maçãs (BROWN et al., 1990), tomates (SARGENT et al., 1992; FERREIRA et al., 2005) e caquis (VALENTINI et al., 2009).

### **Avaliação do dano mecânico por impacto com IRD**

O IRD é 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 classificação.

O equipamento é oferecido em diferentes diâmetros (57, 63, 70, 76 e 89 mm) e cores (laranja, azul, amarelo, vermelho ou combinação de duas cores), de forma a se aproximar, o máximo possível, do tamanho e massa do produto vegetal a ser avaliado e se diferenciar deste quanto à coloração, o que facilita sua recuperação durante a avaliação nas linhas de beneficiamento e classificação. Para maçãs, recomenda-se a utilização de esfera com diâmetro de 70 mm e aproximadamente 165 g, o que equivale ao calibre 110 (MAPA, 2010). A coloração azul é a mais indicada por contrastar com a coloração vermelha das cultivares dos grupos Gala e Fuji. Os equipamentos e materiais necessários para a avaliação são: IRD, *laptop*, cronômetro de precisão, filmadora (opcional), régua, planilha, caneta e uma fonte de energia elétrica.

O primeiro passo do processo consiste na avaliação criteriosa da linha, observando-se seus pontos de transferência, bem como a diferença de altura entre eles (Figura 1A). Outros aspectos a serem observados são a presença de materiais de proteção, como a borracha, e de mecanismos de desaceleração dos frutos, como cortinas e rampas. Todas as informações coletadas são anotadas em uma planilha representativa do fluxograma da linha.

O sistema composto pelo *laptop* e interface de comunicação do IRD (Figura 1B) requer suprimento de energia durante toda a avaliação. É imprescindível a sincronização do relógio interno (*laptop*) e do cronômetro de precisão, uma vez que a identificação dos pontos críticos é realizada pela comparação do tempo registrado pelo relógio interno e pelo cronômetro.

Foto: Lucimara R. Antonioli.

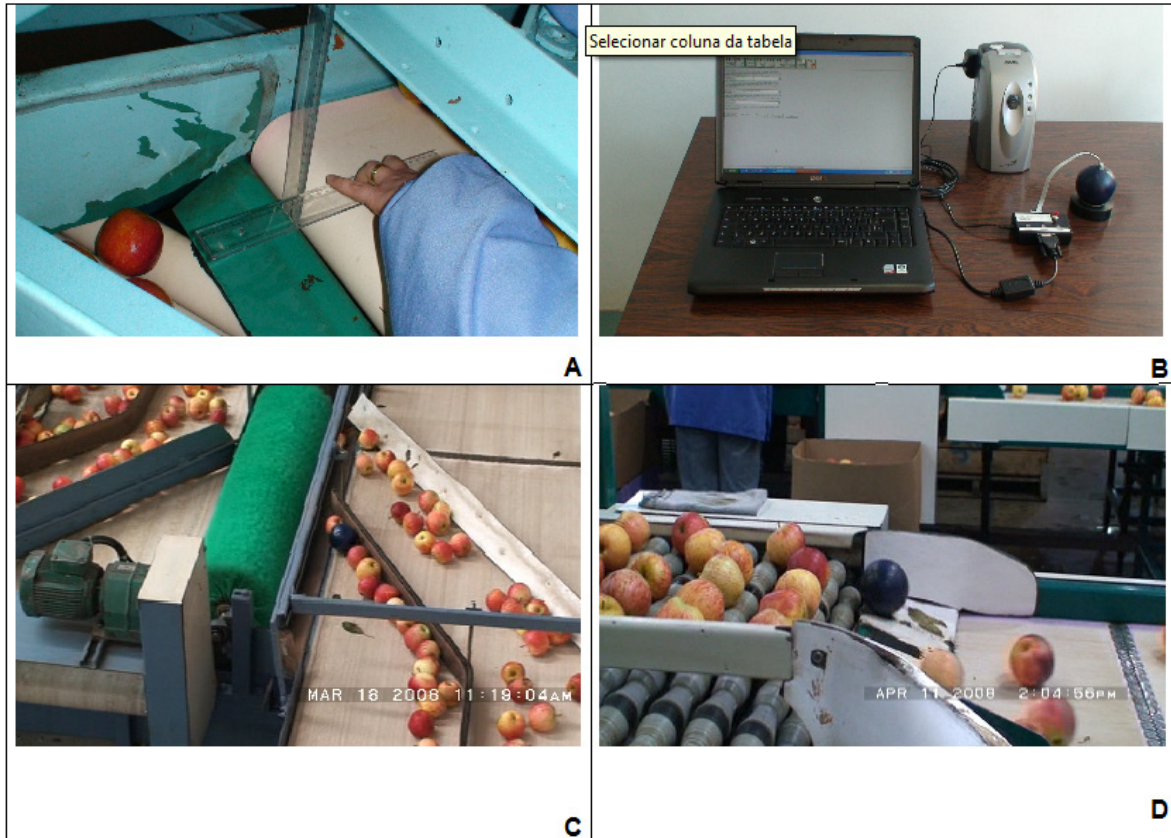


Fig. 1. Medição da diferença de altura entre os componentes da linha (pontos de transferência) (A); sistema composto pelo *laptop*, estabilizador de voltagem, interface de comunicação e IRD (B); IRD em diferentes pontos de transferência (C e D).

Em seguida, a esfera é colocada no início da linha (recepção), seguindo em fluxo normal, juntamente com as maçãs Figuras (1C e 1D), até a etapa final de embalagem. O curso seguido pela esfera, bem como o momento em que passa pelos pontos de transferência são monitorados através do cronômetro de precisão e de filmagem. Recomenda-se que as medições sejam repetidas de cinco a seis vezes. Os dados gravados no microprocessador do IRD durante a avaliação são analisados através de *software* específico.

Os níveis de impacto são medidos na aceleração máxima (AM) ( $G = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$ ) e nas mudanças de velocidade ( $\text{m.s}^{-1}$ ). Os limites para medição do nível de impacto variam de 15 a 500 G.

### Aceleração máxima e dano mecânico

A avaliação de uma linha de beneficiamento e classificação de maçãs, escolhida por não utilizar água na recepção dos frutos, indicou elevados valores de aceleração em frutos, indicou elevados valores de aceleração em cinco dos nove pontos

de transferência avaliados. 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 uma das repetições com AM superior a 50 G, que de acordo com Gomila (2007) são considerados de alto potencial de dano. Dos pontos

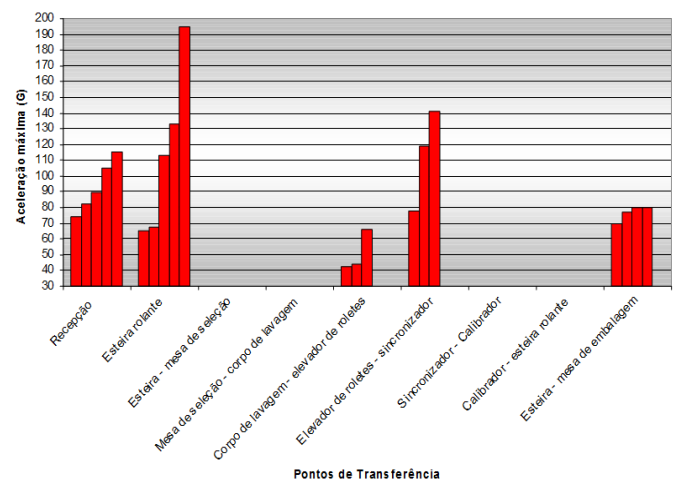


Figura 1. Medição da diferença de altura entre os componentes da linha (pontos de transferência) (A); sistema composto pelo *laptop*, estabilizador de voltagem, interface de comunicação e IRD (B); IRD em diferentes pontos de transferência (C e D).



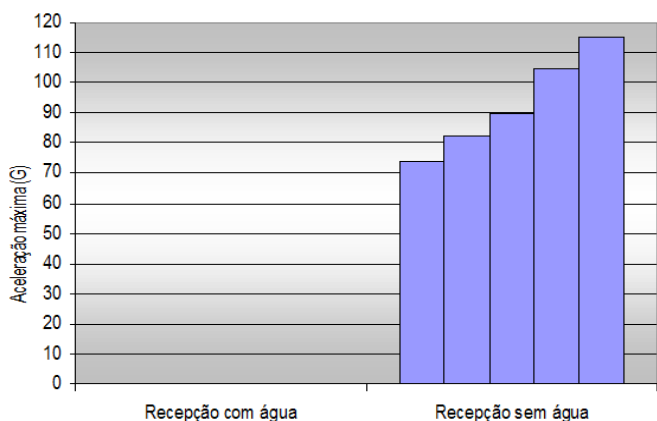


Figura 2. Aceleração máxima (G) em linha de beneficiamento e classificação de maçãs.

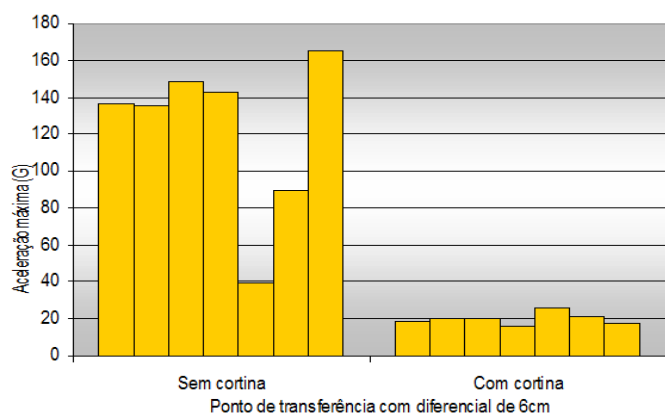


Figura 3. Aceleração máxima (G) na recepção dos frutos (A) e em um ponto de transferência específico da linha de classificação de maçãs (B).

de transferência avaliados, a recepção e a esteira rolante 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 aceleração acima de 50 G (Figura 2).

Os elevados valores de aceleração observados nesta linha são decorrentes do sistema inadequado de descarregamento dos frutos, do grande diferencial de altura entre os componentes da linha e da ausência de material de proteção.

Quanto à recepção dos frutos, a comparação dessa linha à outra com procedimento usual de recepção em água indicou a elevada eficiência desta medida na redução dos danos mecânicos por impacto, uma vez que não foram constatados valores de aceleração neste procedimento (Figura 3A).

Adicionalmente, a avaliação de dois pontos de transferência específicos com diferença de 6 cm de altura entre os componentes da linha, cujo diferencial era somente a presença ou ausência de cortina, indicou 86% dos valores de aceleração acima de 50 G na condição de ausência de cortina, ao passo que 100% dos valores de aceleração observados no ponto de transferência com cortina estavam abaixo de 30 G (Figura 3B).

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 nos frutos.

Segundo Antonioli et al. (2009), a submissão de maçãs 'Royal Gala' à queda de 8 cm em superfície metálica, equivalente à aceleração de 194,80 G, maior valor observado na linha avaliada, 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 com profundidade de 2,50 mm, facilmente perceptível e visível após remoção da epiderme.

Com base nos resultados obtidos, recomenda-se que medidas como recepção dos frutos em água, redução das diferenças de altura entre os componentes e utilização de elementos desaceleradores sejam adotadas nas linhas de beneficiamento e classificação de maçãs, como forma de minimizar a ocorrência de danos mecânicos por impacto e, conseqüentemente, reduzir as perdas em pós-colheita.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à ABPM – Associação Brasileira dos Produtores de Maçã e à FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos pelo suporte financeiro. Projeto INOVAMAÇÃ – Inovações Tecnológicas para a Modernização do Setor da Maçã.

## Referências bibliográficas

ANTONIOLLI, L. R.; FIALHO, F. B.; FERREIRA, M. D.; SCHAKER, P. C.; HENDGES, M. V.; 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, 8., 2009, Concepción, Chile. **Proceedings...** Chillán: Progap-INIA, 2009. p. 704-711. Frutic Chile 2009.

BAJEMA, R. W.; HYDE, G. M. Packing line bruise evaluation for 'Walla Walla' summer sweet onions. **Transactions of the ASAE**, 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**, v. 6, n. 6, p. 759-764, 1990.

FERREIRA, M. D.; FERRAZ, A. C. O.; FRANCO A. T. O. Tomato packing lines studies with an instrumented sphere in Brazil. **Acta Horticulturae**, n. 2, p. 1753-1760, 2005.

FERREIRA, M. D.; NETTO, L. H. Avaliação de processos nas linhas de beneficiamento e classificação de batatas. **Horticultura Brasileira**, v. 25, 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**, v. 28, n. 3, p. 523-525, 2006.

GOMILA, T. Daño por golpe en manzanas en líneas de empaque. **Fruticultura & Diversificación**, n. 54, p. 42-50, 2007.

HYDE, G. M.; BROWN, G. K.; TIMM, E. J.; ZHANG, W. Instrumented sphere evaluation of potato

packing line impacts. **Transactions of the ASAE**, 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**, v. 3, n. 3, p. 12-15, 1992.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regulamento técnico de identidade e qualidade da maçã**. Instrução Normativa Nº 5, de 9 de fevereiro de 2006. Disponível em: <<http://www.ceasaminas.com.br/agroqualidade/INMAPA052006.PDF>>. Acesso em: 28 fev 2010.

MARY, A.; COX, W.; ZHANG, W.; WILLISON, H. M. Apple bruise assessment through electrical impedance measurements. **Journal of Horticultural Science**, 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**, 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**, v. 8, n. 1, p. 76-83, 1992.

SEGATORI, A. (Coord.). **Daño por golpes**. Proyecto Nacional nº 52-535, 2008. Disponível em: <<http://www.biblioteca.org.ar/libros/210424.pdf>>. Acesso em: 03 dez 2008.

VALENTINI, S. R. T.; FERREIRA, M. D.; ATARASSI, M. E.; BENATO, E. A. Avaliação de linhas de beneficiamento e impactos de queda na qualidade de caqui 'Rama Forte'. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 4, p. 642-655, 2009.

### Comunicado Técnico, 105

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>

Ministério da Agricultura,  
 Pecuária e Abastecimento



1ª edição  
 1ª impressão (2010): 1000 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

**Formatação:** Alessandra Russi  
**Normalização bibliográfica:** Kátia Midori Hiwatashi