

DETERMINAÇÃO EM TEMPO REAL DA MAGNITUDE DE DANOS FÍSICOS POR IMPACTO EM LINHAS DE BENEFICIAMENTO E EM CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO E SEUS EFEITOS NA QUALIDADE DE TOMATE¹

MARCOS D. FERREIRA², GUSTAVO G. DE T. CAMARGO³,
CAROLINE ANDREUCETTI⁴, CELSO L. MORETTI⁵

RESUMO: O tomate de mesa é uma das principais hortaliças consumidas no Brasil e apresenta elevados índices de perdas pós-colheita. O objetivo deste trabalho foi avaliar a magnitude dos impactos verificados em linhas de beneficiamento para tomate de mesa, bem como determinar, em laboratório, as alterações na qualidade de tomates submetidos a danos físicos controlados em diferentes superfícies. Para a avaliação dos pontos críticos e registro da magnitude dos impactos, foi usada uma esfera instrumentada. Os pontos críticos de transferência demonstraram valores de aceleração entre 30 e 129 G ($m s^{-2}$). Os testes laboratoriais evidenciaram que superfícies acolchoadas reduziram em até 31% a magnitude de impacto. A incidência de danos físicos internos foi crescente e atingiu 79% em superfícies rígidas para a maior altura de queda livre. Por outro lado, observou-se redução na incidência de danos físicos nos frutos quando superfícies protetoras foram utilizadas, verificando-se na altura de 10 cm um limite mínimo de 5% de danos severos, enquanto para superfície rígida o mínimo correspondeu a 10%. As variáveis de qualidade foram alteradas, verificando-se maior perda de massa, maiores valores de acidez total, menores valores de ácido ascórbico e sólidos solúveis para maiores alturas de queda livre sobre superfícies rígidas.

PALAVRAS-CHAVE: *Lycopersicon esculentum*, esfera instrumentada, aceleração (G).

REAL TIME DETERMINATION OF PHYSICAL IMPACT DAMAGE IN PACKING LINES AND UNDER LABORATORY CONDITIONS AND ITS EFFECTS IN TOMATO FRUITS QUALITY

ABSTRACT: Tomatoes are one of the most important vegetable crops grown in Brazil and are among the crops that have one of the highest post-harvest losses indexes in the country. The present work aimed at evaluating impact damage observed in packing lines of fresh tomatoes as well as to determine, under laboratory conditions, quality alterations of tomato fruits submitted to impact damage in different surface types. Critical points evaluation was accomplished using an instrumented sphere. Critical transference points found showed variations in acceleration levels from 30 to 129 G ($m s^{-2}$). Tests carried out under laboratory conditions showed that padded surfaces reduced up to 31% impact damage. Incidence of severe internal physical damage was evaluated by a subjective scale and increased by 79% on hard surfaces for the highest fall drop. On the other hand, it was observed an effective reduction in physical damage on fruits when padded surfaces were used. When a 10-cm drop was performed, the maximum reduction measured was 10% for hard surfaces and 5% for previously padded surfaces. For quality parameters, it was observed for high drops on hard surfaces, highest values for weight loss, total acidity, lower values for vitamin C and Soluble Solids.

KEYWORDS: *Lycopersicon esculentum*, instrumented sphere, acceleration (G).

¹ Parte do projeto UNIMAC (Unidade Móvel de Auxílio à Colheita) financiado pela FAPESP. Trabalho de Iniciação Científica do segundo autor.

² Pesquisador A, Embrapa Instrumentação Agropecuária, Caixa Postal 741, São Carlos - SP, Fone: (0xx16-2107-2804), Pesquisador Colaborador, Faculdade de Engenharia Agrícola, Unicamp, Campinas - SP, marcosferreira@cnpdia.embrapa.br

³ Eng^o Agrícola, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas - SP

⁴ Eng^o Agrícola, Mestre, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas - SP

⁵ Eng^o Agrônomo, Doutor, Pesquisador A, Laboratório de Pós-Colheita, Embrapa Hortaliças, Brasília, DF.

Recebido pelo Conselho Editorial em: 5-7-2007

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 6-8-2009

INTRODUÇÃO

O tomate destaca-se como uma cultura de grande importância para o Brasil, sendo consumido de diversas formas, atingindo diferentes preferências dos consumidores. Em 2005, o tomate ocupou a oitava posição no “*ranking*” nacional entre as culturas anuais cultivadas (IBGE, 2007). Como produto industrializado, pode ser consumido na forma de molhos, purês, condimentos, sopas e desidratados, entre outros. No entanto, a maior parte da produção nacional, aproximadamente dois terços (RESENDE, 1995), é destinada ao consumo ao natural, para o qual, as atuais exigências dos consumidores demandam por produtos com qualidade para a cadeia de produção e comercialização (ANDREUCETTI et al., 2005). O produto deve ser apresentado livre de deformidades, danos físicos e patológicos. No entanto, a realidade nacional aponta falhas nesse sistema, ocorrendo elevados índices de perdas. Aproximadamente 21% da produção sofrem danos que impossibilitam sua comercialização (MARCOS, 2001). Tal índice é consequência de técnicas inadequadas nas etapas do processo, desde o campo até o consumidor final.

As perdas pós-colheita podem ser geradas por fatores de natureza não técnicos, como deficiência de habilidade gerencial e administrativa, serviços de extensão inadequados, falta de técnicas educacionais apropriadas, deficiência de capital e de facilidade para exportação (CHITARRA & CHITARRA, 2005). As perdas pós-colheita geradas por fatores técnicos envolvem injúrias mecânicas, utilização de embalagens impróprias, comercialização do produto a granel, não utilização de cadeia do frio, transporte inadequado, classificação não padronizada, condições das estradas, toque excessivo por parte dos consumidores e exposição inadequada do produto (CEAGESP, 2002; CASTRO et al., 2001).

SARGENT et al. (2007) demonstraram que os danos físicos são o principal fator para a perda de qualidade no atacado e no varejo para os principais produtos hortícolas. Os dois pontos mais importantes, que foram observados para a manutenção da qualidade pós-colheita dos frutos, consistem na redução das injúrias e na manutenção da cadeia do frio. Danos mecânicos ocorrem, principalmente, durante o manuseio do produto, nas etapas de colheita, seleção, embalagem, transporte e exposição, ocasionados por uma pequena força, por impacto com outro fruto ou com superfícies duras, não protegidas, ou ainda quando os frutos sofrem quedas altas (MOHSENIN, 1970; HYDE & ZHANG, 1992).

Danos mecânicos devidos a impactos, compressão, vibração, cortes e rachaduras estão relacionados com alterações fisiológicas, metabólicas, no aroma, no sabor e na qualidade em diferentes produtos hortícolas, tais como maçãs, pepinos, batatas e tomates (MORETTI & SARGENT, 2000). A severidade dos danos causados por impactos, em uma linha de beneficiamento e classificação, pode ser reduzida com a diminuição da altura de queda entre as etapas, utilizando-se de protetores que possam dissipar a força de impacto ou, também, mantendo-se as áreas entre etapas repletas de frutas. O número de impactos pode ser reduzido, diminuindo-se o número de quedas e de pontos de transferência (HYDE & ZHANG, 1992). Para reduzir a força de impacto sofrida pelos frutos e os danos físicos em linhas de beneficiamento e classificação, essas devem ser projetadas em linha reta, sem desvios e curvas, e possuir alturas mínimas entre os pontos de transferência (SARGENT et al., 2007).

BOLLEN (2006) definiu dois grupos de instrumentação disponíveis para quantificar a magnitude dos impactos durante o manuseio dos produtos. Um primeiro grupo, que mensura as forças durante a embalagem e o transporte dos produtos, e um segundo grupo, que mede as forças individuais que agem nos frutos, simulando-se um “falso fruto”. A avaliação da magnitude dos impactos em pontos de transferência em linhas de beneficiamento e classificação tem sido realizada por meio de equipamento plástico com registrador de aceleração, denominado esfera instrumentada (Techmark, Inc., Lansing, EUA). O uso desse equipamento já foi relatado para tomate (FERREIRA et al., 2005; SARGENT et al., 1992b), maçãs (GUYER et al., 1991; SOBER et al., 1990), laranja (FERREIRA et al., 2006; MILLER & WAGNER, 1991), cebola (TIMM et al., 1991), abacate, mamão e abacaxi (TIMM & BROWN, 1991). Para as avaliações mencionadas, os autores utilizaram

níveis de impactos de acordo com a aceleração máxima ($G = 9,81 \text{ m s}^{-2}$) e mudanças na velocidade Δv (m s^{-1}), que podem ser um indicativo da superfície de impacto. Quanto mais baixa a diferença na mudança de velocidade Δv (m s^{-1}), mais rígida e dura é a superfície de impacto.

Em laboratório, a avaliação de danos por impacto pode ser realizada por meio de testes que simulem os danos físicos ocorridos na pós-colheita de frutas e hortaliças. Geralmente, a simulação é feita utilizando-se de sistema controlado de lançamento de frutos, constituído por vácuo ou por sistema eletromagnético, em uma superfície rígida ou recoberta com material emborrachado (FLUCK & HALSEY, 1973; CHEN & YAZDANI, 1991; BRUSEWITZ et al., 1991; SARGENT et al., 1992a; MANESS et al., 1992). Esses danos por impacto podem gerar injúria interna de impacto, que consiste em impactos de baixa energia, os quais, em muitos casos, não demonstram danos externos. Dessa forma, existem algumas metodologias para medir o dano físico causado. CHEN & YAZDANI (1991) relatam a medição do volume do dano causado em maçãs, cortando-se o fruto no centro da área afetada e medindo o diâmetro e a profundidade do dano. SARGENT et al. (1992a) e MORETTI et al. (1998) descreveram que o uso de medições para injúrias internas de impacto mostrou-se adequado para a avaliação de danos em tomate.

BOLLEN (2006) relata a dificuldade em relacionar os dados obtidos, por meio do uso de equipamentos, com os danos físicos ocasionados nos frutos durante manuseio. Mensurações mais exatas têm ocorrido quando se estabelece relação entre a energia utilizada no impacto e o nível de dano ocorrido. Esse mesmo autor propõe que existem dois métodos para a mensuração da incidência de danos físicos: o primeiro relaciona-se com a amostragem de frutos durante o manuseio e a quantificação dos danos físicos, e a segunda refere-se à mensuração das forças que agem no sistema e correlacionando-as aos níveis de danos físicos esperados.

O objetivo deste trabalho foi identificar os pontos de impacto em linhas de beneficiamento e classificação para tomate de mesa, nacional e importado, com o auxílio da esfera instrumentada, e assim determinar a incidência de danos físicos em laboratório com a indicação de limites relacionados à altura de queda e à aceleração.

MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram divididos em duas etapas, sendo a primeira realizada em unidades de beneficiamento e classificação, e a segunda, em laboratório.

Primeira etapa - Avaliação da magnitude de impacto nas linhas de beneficiamento

Os ensaios foram realizados em duas linhas, nacional e importada, de classificação e de beneficiamento para tomate de mesa, utilizando-se de esfera instrumentada de 70 mm de diâmetro (Techmark, Inc., Lansing, EUA). O equipamento foi colocado juntamente com os tomates na etapa de recebimento, seguindo o fluxo normal de cada linha até atingir a etapa de classificação.

O tempo de permanência da esfera instrumentada em cada etapa, bem como o tempo para completar o percurso e identificar os respectivos pontos de transferência foram monitorados por meio de cronômetro de precisão.

As medições no percurso total da linha de classificação foram repetidas cinco vezes. Após os testes, a esfera instrumentada foi removida da linha de classificação, e os dados, transferidos para um microcomputador. Os limites para medição do nível de impacto utilizados variaram de 15G a 500G. Dados médios obtidos pela esfera instrumentada nos pontos de transferência, em cada avaliação, foram correlacionados entre a aceleração máxima AM ($G = 9,81 \text{ m s}^{-2}$) e as mudanças na velocidade Δv (m s^{-1}). A relação entre velocidade e aceleração foi adotada como indicativo na avaliação das linhas de beneficiamento e, para tal, uma escala de notas foi desenvolvida para este trabalho. Nessa escala, quanto maior o valor obtido, maior o potencial de a superfície causar danos aos produtos. Baseando-se nos dados obtidos e considerando-se 100 o valor máximo, obteve-se a seguinte escala de notas com base na relação entre Aceleração (G) e Velocidade (V): (1) 0-29; (2) 30-49; (3) 50-79 e (4) 80-100.

Caracterização das linhas de classificação e beneficiamento

A linha importada, de origem europeia, possui quatro etapas principais: recebimento, lavagem, secagem e classificação eletrônica por diâmetro e cor. Foram avaliados, neste equipamento, seis pontos de transferência: (1) recebimento; (2) entrada lavagem; (3) saída secagem; (4) saída esteira; (5) entrada rolete, e (6) saída classificador. Para o equipamento nacional, a etapa de limpeza foi construída por uma empresa, e a etapa de classificação, por outra. O sistema de classificação utilizado é constituído de esteira de lonas. O equipamento nacional possui as mesmas etapas principais encontradas na linha de beneficiamento importada, como sistema de classificação constituída por esteira de lonas. Todavia, com diferentes locais críticos para impacto, os pontos de transferência avaliados foram: (1) recebimento; (2) entrada lavagem; (3) saída secador; (4) saída classificador; e (5) saída da banca.

Segunda etapa - danos físicos em tomates

A determinação da incidência de danos físicos foi realizada em laboratório, em simulador de impacto desenvolvido na Unicamp, seguindo o modelo descrito por MAGALHÃES et al. (2007).

Esse equipamento não permite a aceleração nem a rotação do fruto no momento do lançamento, sendo composto pelas seguintes partes: 1) aspirador de pó portátil com potência de 1.000 W; 2) mangueira de plástico, diâmetro 34 mm; 3) registro de esfera PVC 1"; 4) suporte de lançamento de chapa de aço-carbono, com 60 cm de altura; 5) ajuste regulador da altura de queda; 6) bocal para segurar os frutos, constituído por uma ventosa de plástico com uma incisão circular no centro para a passagem do vácuo, e 7) superfície de chapa de aço-carbono de 3,25 mm de espessura.

A mangueira foi acoplada ao bocal, adaptando-se um tubo de PVC de 34 mm. O vácuo provinha do aspirador de pó, proporcionando o mesmo efeito de uma bomba de vácuo, sendo mais econômico e menos suscetível a sujeiras. A mangueira foi conectada ao aspirador, ao registro e ao bocal, passando pelo ajuste de altura do suporte. O registro teve a função de um dispositivo para acionar a queda do fruto, e seu fechamento proporciona diminuição de vácuo no bocal, gerando a queda do fruto.

Para a mensuração da magnitude de impacto a que os frutos foram submetidos, utilizou-se de esfera instrumentada de 70 mm de diâmetro (Techmark, Inc., Lansing, EUA), que foi lançada em duas superfícies, rígida (aço-carbono) e acolchoada (courvim sobre espuma com 8 mm de espessura), a partir de quatro diferentes alturas (10; 20; 30; 40 cm), com dez repetições para cada altura. A partir dos dados registrados, obtiveram-se os níveis médios de aceleração (G) para cada superfície.

Após a conclusão desses ensaios, experimentos foram realizados utilizando-se de tomates do híbrido 'Débora' (SAKATA SEED), colhidos em propriedade rural (Sumaré - SP), no estádio salada (CEAGESP, 2003), envoltos em espuma, acondicionados em caixas de papelão e transportados para o laboratório. Tomates foram lançados a partir de quatro diferentes alturas: 10, 20, 30 e 40 cm nas duas superfícies já mencionadas (rígida e acolchoada). Foram utilizados 20 tomates para cada altura de queda. As superfícies foram cobertas com pó de giz, no intuito de localizar a área impactada do tomate.

Análises para avaliação da qualidade do produto

Foram realizadas após dez dias de armazenamento, após a aplicação dos tratamentos:

(1) Injúria interna de impacto, em que os tomates foram cortados na altura do equador e avaliados usando-se a escala: 0 - nenhum dano físico; 1 - pouco, mínima descoloração do tecido locular; 2 - moderada, descoloração do pericarpo, tecido locular deformado; 3 - severa, tecido locular separado dos demais.

A incidência da injúria interna de impacto foi determinada em frutos individuais para cada tratamento, dividido pelo número total de tomates por tratamento (SARGENT et al., 1992b).

(2) Perda de massa (%), realizada a cada dois dias, obtida pela relação entre a diferença do peso inicial e o final, dividido pelo peso inicial e multiplicado por 100. A balança utilizada foi da marca Marte, modelo AS 1.000 C, com 0,01 g de precisão e 1.000 g de carga máxima.

(3) Sólidos solúveis (°Brix), cujo teor foi determinado utilizando refratômetro Abbe (modelo 2WAI, Shangai Optical Instrument Company), com escala em graus Brix e divisões de 0,2°, (CARVALHO et al., 1990).

(4) Acidez titulável, de acordo com os procedimentos descritos por CARVALHO et al. (1990), cujos resultados são expressos em gramas de ácido cítrico por 100 gramas de massa fresca.

(5) pH, determinado por processo eletrométrico (CARVALHO et al., 1990), utilizando-se de potenciômetro Brech-top HI8417, Hanna Instruments.

(6) Ácido ascórbico, cuja determinação foi feita através de titulação com 2,6 diclorofenol-indofenol, conforme BENASSI & ANTUNES (1988).

Análise de resultados

O delineamento empregado nos ensaios de qualidade em laboratório foi inteiramente casualizado, com oito tratamentos provenientes de arranjo fatorial 2x2x2 (dois tipos de impacto, duas alturas e dois tipos de superfície), com dez repetições de dois frutos cada. Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Magnitude de impacto nas linhas de beneficiamento e de classificação

Para o equipamento nacional, o ponto de transferência localizado na saída da banca de classificação apresentou os menores valores médios para impacto ($62,06 \text{ G, m s}^{-2}$), indicando menor incidência de danos físicos (Tabela 1). O equipamento importado apresentou, em dois pontos de transferência (recebimento e saída do classificador), valores de aceleração (G, m s^{-2}) superiores ao nacional. Analisando as acelerações nos principais pontos de transferência dos equipamentos nacional e importado, nas etapas de recebimento (R), entrada lavagem (EL), saída secagem (SS) e saída classificador (SC), observou-se que o equipamento nacional, no recebimento e na saída do classificador, obteve, em média, variação do $\text{G (m s}^{-2}\text{)}$ 24% e 38% menor que o importado, respectivamente. Porém, na entrada da lavagem, o equipamento nacional apresentou, em média, variação do $\text{G (m s}^{-2}\text{)}$ duas vezes e meia (2,5) superior ao equipamento importado. Na etapa da saída da secagem, os resultados para a magnitude de impacto foram semelhantes. Verificou-se, portanto, que existe variação entre as unidades de beneficiamento quanto às acelerações (G, m s^{-2}), que pode estar relacionada à altura de queda, ao fluxo de deslocamento do produto, à superfície de queda e ao treinamento dos funcionários.

Na instalação da linha de beneficiamento, seja importada, seja nacional, dependendo da configuração utilizada, podem-se proporcionar menores ou maiores alturas entre as etapas. O fluxo de deslocamento do produto é influenciado pelo abastecimento da linha de beneficiamento; maiores quantidades do produto podem proporcionar movimentação mais lenta e, conseqüentemente, menores acelerações. SARGENT et al. (1992b) relataram que os pontos de transferência que demonstraram maior $\text{G (m s}^{-2}\text{)}$ foram aqueles em quedas sobre superfícies metálicas, em especial a etapa de escovação e na saída de tomates para descarte. FERREIRA et al. (2006) constataram informações semelhantes ao avaliar equipamentos de beneficiamento para citros, em que o uso de superfícies acolchoadas proporcionou diminuição na magnitude de impacto. Por sua vez, FERREIRA et al. (2005) observaram maiores valores de $\text{G (m s}^{-2}\text{)}$ nas operações iniciais em linhas de beneficiamento de tomate de mesa, em especial na etapa de recebimento, quando operadores despejam os frutos nos equipamentos, alcançando até cerca de 300 G.

TABELA 1. Comparação dos equipamentos utilizados quanto à magnitude do impacto nas etapas de transferência em linhas de classificação e beneficiamento de tomate, importada e nacional. **Comparison of the used equipment in relation to the magnitude of the impact stages of transference in classification lines and in the processing of imported and domestic tomatoes.**

Equipamento	Parâmetros	Etapas ⁵						
		R	EL	SS	SE	ER	SC	SB
Importado	G (m s ⁻²) ¹	81,56	30,08	89,44	55,96	67,72	129,86	-
	V (m s ⁻¹) ²	1,39	0,71	1,21	1,24	0,82	1,43	-
	G/V (s ⁻¹) ³	59	42	74	45	82	91	-
	Superfície ⁴	3	2	3	2	4	4	-
Nacional	G (m s ⁻²)	62,06	75,97	92,93	-	-	80,97	44,00
	V (m s ⁻¹)	1,34	1,41	1,48	-	-	1,06	1,61
	G/V (s ⁻¹)	46	54	63	-	-	76	27
	Superfície	2	3	3	-	-	3	1

¹Aceleração média de cinco repetições; ²Velocidade média de cinco repetições; ³Valor aproximado da divisão entre aceleração média e velocidade média; ⁴Escala de nota do tipo de superfície com base na relação G/V: (1) 0-29; (2) 30-49; (3) 50-79 e (4) 80-100; ⁵ Etapas: (R) Recebimento; (EL) Entrada lavagem; (SS) Saída secagem; (SE) Saída esteira; (ER) Entrada rolete; (SC) Saída classificador; (SB) Saída banca.

Ensaio em laboratório utilizando a esfera instrumentada

Os níveis médios de aceleração (G) mensurados pela esfera para cada altura de queda e de superfície (rígida ou acolchoada) estão representados na Tabela 2. Observou-se, para a menor altura de queda, redução de até 31% na aceleração quando se fez uso da superfície acolchoada. Nos tratamentos com superfície acolchoada, a redução na aceleração foi decrescente, à medida que se aumentou a altura de queda, ressaltando a importância da diminuição da altura de queda nos pontos de transferência.

Os pontos das linhas de classificação e beneficiamento, nacional e importada, que demonstraram maior aceleração, foram os pontos de transferência, quando da queda em superfícies rígidas, relação G/V (s⁻¹) superior a 4, conforme constataram SARGENT et al. (1992b). THOMPSON & LOPRESTI (2003) demonstraram que 40% dos piores impactos em uma linha de classificação e beneficiamento de batata consistiram nas quedas sobre superfícies não protegidas ou finamente protegidas. Notou-se, também, que os valores de G (m s⁻²) encontrados em laboratório são superiores aos verificados no campo. Em condições de campo, a esfera desloca-se juntamente com os frutos. Portanto, nas quedas em pontos de transferência, pode ocorrer diminuição na magnitude do impacto devido à diminuição na velocidade de queda e a tendência dos frutos a criarem anteparos à movimentação. Em laboratório, os impactos são únicos e não repetitivos, o que proporciona diferenças na incidência de danos físicos.

TABELA 2. Níveis médios de aceleração (G, m s⁻²) em cada altura, em superfícies rígida e acolchoada (courvim sobre espuma 8 mm). **Mean levels of acceleration (G, m s⁻²) at each level, hard padded surface (courvin foam on 8 mm).**

Altura (cm)	Aceleração Média (G, m s ⁻²)		
	Superfície Rígida	Superfície Acolchoada	Redução da Aceleração(%)
10	151,69 ¹	104,43 ¹	31,16 ²
20	238,04	186,47	21,66
30	299,58	248,94	16,90
40	349,65	313,11	10,45

¹ Média feita a partir de dez repetições; ² Redução da aceleração (G) após a utilização da superfície acolchoada.

Avaliação da magnitude de impacto em tomates híbridos ‘Débora’, utilizando superfícies rígida e acolchoada

Observou-se que o aumento da altura de queda provocou incremento na incidência de danos físicos internos (Figuras 1 e 2). Esses resultados estão de acordo com FLUCK & HALSEY (1973), que observaram incremento na incidência de danos físicos com o aumento na altura de queda de 10 para 50 cm. Em superfície rígida, à altura de queda de 40 cm, aproximadamente 37% do total de frutos analisados apresentaram nível de dano severo (3), com o tecido locular separado dos demais (Figura 1). HALSEY (1955), em experimentos para simulação de danos em tomates, demonstrou que os frutos que sofreram queda livre de 30 cm tiveram danos no tecido locular em mais de 50% dos casos. Quando a distância foi reduzida para 15 cm, a incidência de dano foi de 45%.

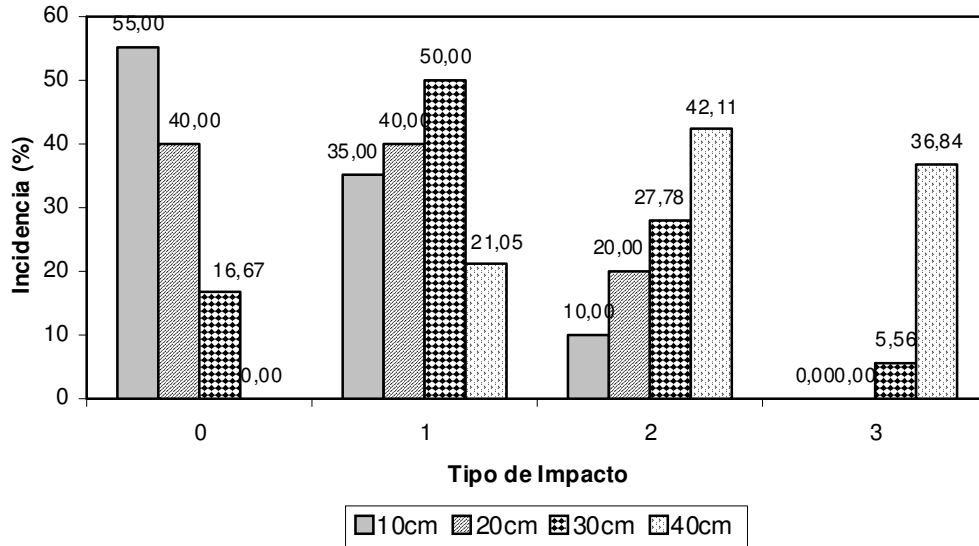


FIGURA 1. Comparação percentual dos danos em tomate híbrido ‘Débora’ causados por altura em superfície rígida. Tipo de impacto (escala): 0 - nenhum dano físico; 1 - pouco, mínima descoloração do tecido locular; 2 - moderada, descoloração do pericarpo, tecido locular deformado; 3 - severa, tecido locular separado dos demais. **Comparison of damage percentage in ‘Débora’ hybrid tomato caused by height in rigid surface. Impact type (scale): 0 - no physical damage; 1 - little, minimal discoloration of locular tissue; 2 - moderate, pericarp discoloration, deformed locular tissue; 3 - severe, locular tissue separated from the others.**

A utilização de uma superfície acolchoada protetora causou significativa redução da incidência dos danos físicos internos, em especial para as maiores alturas (Figura 2). Para as duas maiores alturas, ocorreu redução de 31% na incidência de danos físicos graves por meio da utilização de superfície acolchoada. SARGENT et al. (1992b) relatam que, reduzindo os pontos de queda e modificando alguns pontos da linha de classificação de tomates de mesa, como o uso de protetores de superfície, houve redução em até 50% na magnitude de impacto, com consequente diminuição nos danos físicos. TIMM & BROWN (1991) também relatam diminuição no impacto em linhas de classificação de abacate, mamão e abacaxi, quando da utilização de protetores acolchoados.

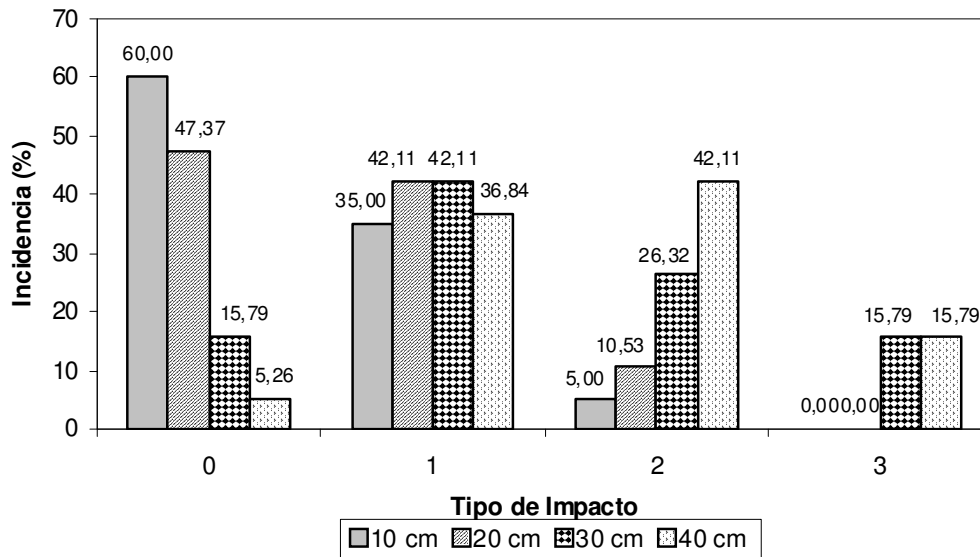


FIGURA 2. Comparação percentual dos danos em tomate híbrido 'Débora' causados por altura em superfície acolchoada. Tipo de impacto (escala): 0 - nenhum dano físico; 1 - pouco, mínima descoloração do tecido locular; 2 - moderada, descoloração do pericarpo, tecido locular deformado; 3 - severa, tecido locular separado dos demais. **Comparison of damage percentage in 'Débora' hybrid tomato caused by height in padded surface. Impact type (scale): 0 - no physical damage; 1 - little, minimal discoloration of locular tissue; 2 - moderate, pericarp discoloration, deformed locular tissue; 3 - severe, locular tissue separated from the others.**

Incidência em danos físicos em tomate híbrido 'Débora'

Considerando a injúria interna do produto como mais grave, notas 2 e 3 (SARGENT et al., 1992a), quantificou-se a percentagem-limite da incidência de danos físicos (Figura 3). Observou-se, para a altura de 10 cm, limite mínimo de 10% para a superfície rígida e 5% para a acolchoada, comprovando a redução efetiva de danos nos frutos quando superfícies protetoras são utilizadas.

PANG et al. (2001) relataram a dificuldade em correlacionar resultados relacionados à medição de danos físicos para maçã em laboratório, envolvendo altos impactos de energia em operações comerciais. Para tanto, esses autores propõem que a visualização externa do dano físico deve ser levada em consideração para a criação de limites críticos para o impacto, em vez da utilização de magnitudes de impacto, que podem estar muito superiores aos limites críticos. BOLLEN et al. (2001) afirmam que as medições para uso comercial devem estar baseadas na proporção de produtos que apresentam dano dentro de um nível econômico. Por sua vez, propõem relação entre energia de impacto e possibilidade de ocorrência de danos físicos.

Danos físicos também afetaram significativamente a composição química e física do pericarpo e do tecido locular em frutos de tomate (Tabela 3). Observou-se que o aumento da altura de queda, em ambas as superfícies, proporcionou alterações significativas nas variáveis de qualidade estudadas. A perda de massa (%), apesar de não ser estatisticamente diferente nas duas situações, para a superfície rígida foi crescente à medida que se aumentou a altura. Frutos submetidos à queda em superfícies rígidas em maiores alturas demonstraram maiores valores de acidez total. Na maior altura estudada, esses valores foram 30% superiores à referência, significativamente diferente dos demais. Por outro lado, observou-se que essa situação não ficou evidente para tomates que sofreram queda sobre superfícies acolchoadas. Em superfície rígida, houve redução nos teores de ácido ascórbico, que foi 10% menor que a referência, sendo significativamente diferente do tratamento-controle, o que não foi observado para a superfície

acolchoada. MORETTI et al. (1998) relataram que, em relação ao tecido locular, carotenoides, ácido ascórbico e acidez titulável foram 37%; 15% e 15% mais baixos, respectivamente, nos tecidos de frutos não expostos a danos físicos. Ocorreu declínio no teor de sólidos solúveis com o aumento da altura de queda apenas para a superfície rígida. O pH apresentou as menores variações.

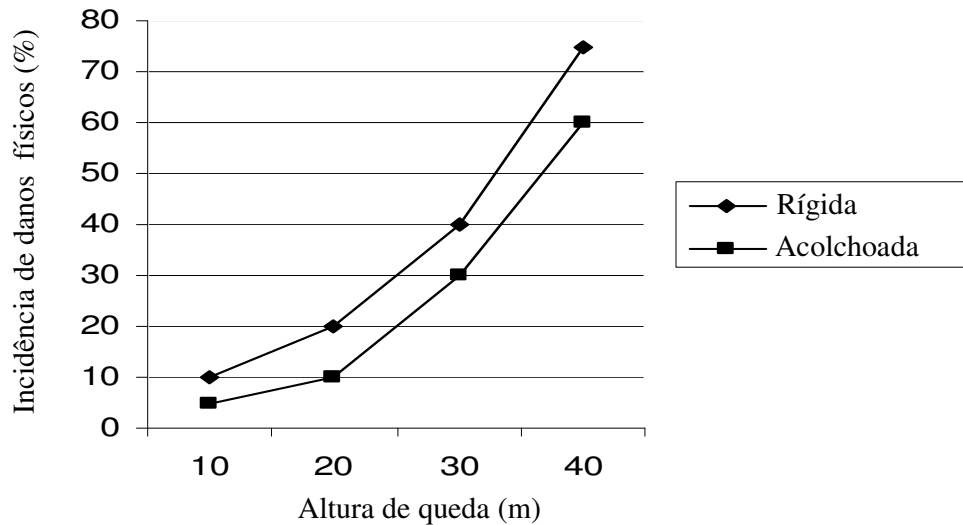


FIGURA 3. Incidência de danos físicos em tomates da cv. Débora considerando-se níveis de injúria grave (notas 2 e 3) para as quatro diferentes alturas de queda livre. **Injury incidence in tomato cv. 'Débora' considering levels of serious injury (notes 2 and 3) for the four different drops.**

TABELA 3. Avaliação da qualidade em tomates da cv. Débora submetidos a diferentes alturas de queda e tipo de superfície. **Quality assessment in tomatoes cv. 'Débora' subjected to different drop heights and surface.**

Análises ¹	Perda de Massa (%)		Acidez total (g ácido 100 mL ⁻¹)		Vitamina C (mg 100g ⁻¹)		Sólidos Solúveis (°Brix)		pH	
	R ²	E ²	R	E	R	E	R	E	R	E
Referência (0)										
	3,11a		0,347 abc		21,66 ab		4,09 bc		4,42 a	
Altura (cm)										
10	2,88a	3,61a	0,33ab3	0,38bc	35,03d	21,18ab	4,28c	3,86abc	4,43a	4,41a
20	3,12a	2,92a	0,34abc	0,36abc	29,98c	25,21bc	4,25bc	4,04abc	4,46ab	4,42a
30	3,39a	3,22a	0,39cd	0,36abc	25,13b	23,89ab	3,79ab	3,58a	4,56b	4,44ab
40	3,70a	3,84a	0,45d	0,30a	19,39a	23,71ab	3,79ab	3,86abc	4,43a	4,48ab

¹Média de três amostras por tratamento. ²'R' superfície rígida; 'E' superfície acolchoada. ³Letras iguais na coluna não representam diferença significativa entre as diferentes alturas de queda, na probabilidade de 0,05.

CONCLUSÕES

A aceleração observada nas linhas de beneficiamento apresentou valores altos nos pontos de transferência, tanto para equipamentos importados, como para nacionais, indicando a necessidade de interferências. A incidência de danos físicos foi crescente à medida que se aumentou a altura de queda, em especial para superfícies rígidas. Observou-se redução efetiva de danos físicos nos frutos quando superfícies protetoras foram utilizadas, sendo para a altura de 10 cm um limite mínimo de 10% para a superfície rígida e 5% para a acolchoada. A perda na qualidade foi proporcional ao dano físico ocorrido ao fruto.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP (02/00645-7) e ao projeto PRODETAB/EMBRAPA (55/02-01), pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- ANDREUCETTI, C.; FERREIRA, M.D.; TAVARES, M. Perfil dos compradores de tomate de mesa em supermercados da região de Campinas-SP. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.23, n.1, p.148-152, 2005.
- BENASSI, M.T.; ANTUNES, A.J. A comparison of meta-phosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, Curitiba, v.31, n. 4, p. 507-513, 1988.
- BOLLEN, A.F. Technological innovations in sensors for assessment of postharvest mechanical handling systems. *International Journal of Postharvest Technology and Innovation*, Geneve, v.1, n.1, p.16-31, 2006.
- BOLLEN, A.F.; COX, N.R.; DELA RUE, B.T; PAINTER, D.J. A descriptor for damage susceptibility of a population of produce. *Journal of Agricultural Engineering Research*, Londres, v.78, n.4, p.391-395, 2001.
- BRUSEWITZ, G.H.; MCCOLLUM, T.G.; ZHANG, X. Impact bruise resistance of peaches. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.34, n.3, p.962-965, 1991.
- CARVALHO, C.R.L.; MANTOVANI, D.M.; CARVALHO, P.R.N.; MORAES, R.M. *Análises químicas de alimentos: manual técnico*. Campinas: Biblioteca do ITAL, 1990. 145 p.
- CASTRO, L.R.; CORTEZ, L.A.B.; JORGE, J.T. Influência da embalagem no desenvolvimento de injúrias mecânicas em tomates. *Ciência Tecnologia Alimentos*, Campinas, v.21, n.1, p.26-33, 2001.
- CEAGESP. COMPANHIA DE ENTREPOSTOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO. Centro de Qualidade em Horticultura. *Programa brasileiro para modernização da horticultura: normas de classificação de tomates*. São Paulo, 2003. 3 p. (CQH Doc., 26)
- CEAGESP. COMPANHIA DE ENTREPOSTOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO. *Diga não ao desperdício*. Disponível em: <<http://www.ceagesp.com.br>>. Acesso: 15 jul. 2002.
- CHEN, P.; YAZDANI, R. Prediction of apple bruising due to impact on different surfaces. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.34, n.3, p.956-961, 1991.
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. *Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio*. Lavras: Ed. UFLA, 2005. 785 p.
- FERREIRA, M.D.; FERRAZ, A.C.O.; FRANCO, A.T.O. Tomato packing lines studies with an instrumented sphere in Brazil. *Acta Horticulturae*, Leuven, v.3, n.682, p.1.753-1.760, 2005.
- FERREIRA, M.D.; SILVA, M.C.; CAMARGO, G.G.T.; AMORIN, L.; FISHER, I.H. Evaluation of critical points of impact on citrus sorting lines in the State of São Paulo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.28, n.3, p.523-525, 2006.
- FLUCK, R.C.; HALSEY, L.H. Impact forces and tomato bruising. *Florida Agricultural Experiment Station Journal Series*, Gainesville, n. 5109, p. 239-242, 1973.
- GUYER, D.E.; SCHULTE, N.L.; TIMM, E.J.; BROWN, G.K. Minimize apple bruising in the packingline. *Tree Fruit Postharvest Journal*, Washington, v.2, n.4, p.14-20, 1991.
- HALSEY, L.H. Preliminary studies of bruising of “turning” and “pink” tomatoes caused by handling practices. *Florida State Horticultural Society*, Gainesville, v.68, p.240-243, 1955.

HYDE, G.M.; ZHANG, W. Apple bruising research update: packingline impact evaluations. *Tree Fruit Postharvest Journal*, Washington, v.3, n.3, p.12-15, 1992.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, *Banco de dados, Sidra*. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?z=t&o=10&i=P>>. Acesso em 18 fev. 2007.

MAGALHÃES, A.M.; FERREIRA, M.D.; BRAUNBECK, O.A.; ESTEVOM, M.V.R. Superfícies protetoras na diminuição de danos mecânicos em tomates. *Revista Ciência Rural*, Santa Maria, v.37, n.3, p.878-881, 2007.

MANESS, N.O.; BRUSEWITZ, G.H.; McCOLLUM, T.G. Impact bruise resistance comparison among peach cultivars. *HortScience*, Alexandria, v.27, n.9, p.1.008-1.011, 1992.

MARCOS, S.K. *Desenvolvimento de tomate de mesa, com o uso do método Q. F. D. (Quality Function Deployment) comercializado em um supermercado*. 200f. Tese (Doutorado em Tecnologia Pós-Colheita) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

MILLER, W.M.; WAGNER, C. Florida citrus packing line studies with an instrumented sphere. *Applied Engineering in Agriculture*, St. Joseph, v.7, n.5, p. 577-581, 1991.

MOHSEIN, N.N. *Physical properties of plant and animal materials*. New York: Gordon e Beach Science Publishers, 1970. Vol. I, p.401-430.

MORETTI, C.L.; SARGENT, S.A. Alteração de sabor e aroma em tomates causada por impacto. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v.57, n.3, p.385-388, 2000.

MORETTI, C.L.; SARGENT, S.A.; HUBER, D.J.; CALBO, A.G.; PUSCHMANN, R. Chemical composition and physical properties of pericarp, locule, and placental tissues of tomatoes with internal bruising. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Mount Vermont, v.123, n.4, p.656-600, 1998.

PANG, D.W.; STUDMAN, C.J.; BANKS, N.H.; BAAS, P.H. Rapid assessment of the susceptibility of apples to bruising. *Journal of Agricultural Engineering Research*, St. Joseph, v.78, n.4, p. 391-395, 2001.

RESENDE, J.M. *Qualidade pós-colheita de dez genótipos de tomate do grupo multilocular*. 90f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995.

SARGENT, S.A.; BRECHT, J.K.; ZOELLNER, J.J. Sensitivity of tomatoes at mature-green and breaker ripeness stages to internal bruising. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Mount Vermont, v.117, n.1, p.119-123, 1992a.

SARGENT, S.A.; BRECHT, J.K.; ZOELLNER, J.J. Instrumented sphere impact analyses of tomato and bell pepper packing lines. *Applied engineering in Agriculture*, St. Joseph, v.8, n.1, p.76-83, 1992b.

SARGENT, S.A.; RITENOUR, M.A.; BRECHT, J.K.; BARTZ, J.A. *Handling, cooling and sanitation techniques for maintaining postharvest quality*. Gainesville: Horticultural Sciences Department HS719, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, 2007. p.97-107.

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

THOMPSON, G.; LOPRESTI, J. Instrumented sphere assessment of seed potato packing lines. ExpHORT 2000 Report. Victoria: Institute for Horticultural Development Knoxfield, 2003. Disponível em: <<http://www.nre.vic.gov.au/agvic/ihd/r&d/doc-095.htm#pagetop>>. Acesso: 29 jan. 2003.

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

TIMM, E.J.; BROWN, G.K.; BROOK, R.C.; SCHULTE, N.L.; BURTON, C.L. Impact bruise estimates for onion packing lines. *Applied Engineering in Agriculture*, St. Joseph, v.7, n.5, p.571-576, 1991.