

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*

*Embrapa Instrumentação*

*Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# **Tecnologias Pós-Colheita em Frutas e Hortaliças**

**Editor Técnico**

*Marcos David Ferreira*

**Embrapa Instrumentação**

**São Carlos, SP**

**2011**

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Instrumentação

Rua XV de Novembro, 1452  
Caixa Postal 741  
CEP 13560-970 - São Carlos - SP  
Fone: (16)2107-2800  
Fax: (16)2107-2902  
[www.cnpdia.embrapa.br](http://www.cnpdia.embrapa.br)  
E-mail: [sae@cnpdia.embrapa.br](mailto:sae@cnpdia.embrapa.br)

## **Comitê de Publicações da Embrapa:**

**Presidente:** João de Mendonça Naime

Membros: Débora Marcondes Bastos Pereira Milori,

**Member Decades:**

Washington Luiz de Barros Melo.

Washington Luiz de Barros  
Valéria de Fátima Cardoso

**Membro Suplente:** Paulo Sérgio de Paula Herrmann Junior

**Supervisor editorial:** Marcos David Ferreira

Revisor de texto: Deusdedit Ferreira de Menezes

Normalização bibliográfica: Valéria de Fátima Cardoso

Capa: Pedro Campaner Hernández

Tratamento de ilustrações: Pedro Campaner Hernandes

Efeitos da Capa: Marcos David Ferreira

**Editoração:** Roger Luciano Lucke (arte.com)

**Impressão e acabamento:** Suprema Gráfica

1ª edição

1ª impressão (2011); tiragem 400

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.

Embrapa Instrumentação

T255      **Tecnologias pós-colheita em Frutas e Hortaliças.** / Marcos David Ferreira editor. – São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2011.  
                286 p.

ISBN: 978-85-86463-30-3

1.Pós-Colheita. 2. Fisiologia. 3. Beneficiamento. 4. Classificação e comercialização. 5. Nanotecnologia. 6. Embalagens e revestimentos comestíveis. 7. Minimamente processado. 8. Legislação. I. Ferreira, Marcos David.

CDD 21 ED 631.55

631,56

# **Capítulo 5**

---

## **Colheita, Beneficiamento e Classificação de Frutas e Hortaliças**

---

Marcos David Ferreira

---



## 1. Introdução

A colheita, o beneficiamento e a classificação de frutas e hortaliças para o mercado *in natura* têm sofrido diversas modificações nos últimos anos. O mercado tem mudado com uma procura constante por qualidade, praticidade, inovações e, em especial, pela busca de um alimento seguro em relação à sanidade e contaminações patológicas. O termo “alimento seguro” pode causar controvérsia com a terminologia “segurança alimentar”, mas é o mais adequado quando aplicado no sentido da obtenção de um alimento manipulado, dentro de condições higiênicas e sanitárias apropriadas; o segundo termo é utilizado para o suprimento de alimentos. A versão em inglês, *food safety*, alimento seguro, e *food security*, segurança alimentar, pode auxiliar na identificação destas diferenças. O intercâmbio, seja de pessoas ou produtos, entre países aumentou intensamente nos últimos anos, sendo corriqueiro - em diversas nações, mesmo no Brasil, com expressiva produção agropecuária - encontrar em uma refeição alimentos de diversas origens. Desta forma, uma contaminação alimentar, como a recentemente ocorrida na Alemanha, com *Escherichia coli*, pode causar prejuízos enormes, não só à economia, mas também à saúde da população – nesse caso com internações hospitalares e morte de várias pessoas. Portanto, a aplicação de Boas Práticas Agrícolas (BPA) e outras técnicas de monitoramento da qualidade são fundamentais em uma produção agrícola. Neste caso, a rastreabilidade do hortifrutí produzido é essencial para uma garantia de qualidade para o consumidor. Investimentos e pesquisas nesta área devem ser realizados com o intuito da melhoria do sistema comercial existente.

A aplicação de tecnologias para que o consumidor receba um produto padronizado, limpo, com um número mínimo de defeitos tem ocorrido, porém o processo ainda não está completo, não só em relação à sanidade, conforme mencionado, mas também quanto à aplicação de técnicas para melhorar a conservação pós-colheita do produto, por exemplo, minimizando os impactos sofridos pelos frutos. Uma das etapas a ser considerada mais crítica em relação a aplicações de tecnologia no sistema - colheita, beneficiamento, classificação e envio do produto para consumidor - é a colheita. A colheita e/ou retirada do fruto – hortaliça, seja da planta, seja do solo, ainda são feitas, em muitos casos, como há décadas atrás. Em relação a hortifrútils, se tirarmos uma fotografia em preto e branco em um campo focalizando somente a colheita, haverá dúvida quanto ao período em que esta foto ocorreu. Por se tratar de produtos que requerem muito cuidado no momento da colheita, a manual é muito demandada, porém as condições oferecidas para o colhedor, assim como os equipamentos, podem remontar a décadas atrás. No caso brasileiro, com a diminuição da mão de obra disponível para esse serviço, alterações nesse modelo são de enorme importância. Continuando com a nossa visão neste sistema, caso ampliemos este foco para o campo de produção, a diferença entre épocas é nítida; e, se compararmos os outros processos, como a classificação, esta diferença é maior ainda, pois a aplicação de tecnologias para a padronização, com a introdução de equipamentos eletrônicos com visão computacional, causaram diversas mudanças. Mas se observarmos no beneficiamento a etapa de limpeza, notaremos que o uso e a reutilização de recursos naturais são em muitas situações, complicados: aplicação excessiva de água, com baixa ou nenhuma re-utilização, muitas vezes despejando diretamente em córregos e rios. O presente capítulo tem como objetivo atualizar algumas informações e técnicas relativas à colheita, beneficiamento e classificação de frutas e hortaliças, complementando o livro Colheita e Beneficiamento de Frutas e Hortaliças, editor técnico, Marcos David Ferreira, publicado em 2008, pela Embrapa<sup>1</sup>. Desta forma, serão abordados, neste capítulo, os temas mencionados com informações adicionais e com enfoques diferenciados daqueles mencionados naquele livro.

## 2. Colheita

A colheita de frutas e hortaliças pode ser realizada em três modalidades: (1) Colheita manual; (2) Colheita auxiliada – equipamentos de auxílio e (3) colheita mecanizada (FERREIRA; MAGALHÃES,

<sup>1</sup> Disponível em: <<http://www.cnpdia.embrapa.br.>>.

2008). A colheita manual continua sendo ainda a mais comumente utilizada no Brasil e em muitos países com disponibilidade de mão de obra de baixo custo. Todavia, com as mudanças socioeconômicas e ascensão das classes sociais mais baixas a condições de ensino e estudo, esta se torna cada vez mais escassa para trabalhos manuais em condições físicas extremas, como a exposição ao sol, chuva, etc. Dessa forma, é fundamental o desenvolvimento de alternativas para a colheita manual tradicional que proporcionem melhores condições de trabalho e melhoria da eficiência do sistema.

## 2.1 Colheita manual

A colheita manual utiliza sensibilidades natas ao ser humano, como visão e tato, e um colhedor bem treinado pode realizar a colheita com eficiência, porém observa-se que esse treinamento nem sempre ocorre e, como esta mão de obra é sazonal, é importante que seja realizado com frequência. Verifica-se também que, além do treino para a colheita *per se*, com, por exemplo, a não colheita de frutos com defeitos, etc, também é fundamental o conhecimento das Boas Práticas Agrícolas – BPA e da manipulação do fruto, evitando-se impactos excessivos. Estudos desde meados do século XX já apontavam diferenças na qualidade de frutos na gôndola do consumidor daqueles provenientes de colhedores mais ou menos cuidadosos (MITCHELL et al., 1964). Desta forma, apesar da importância da colheita no sistema produtivo, poucas empresas preocupam-se, nesse treinamento inicial, com estes três pontos: (1) Padrão de Colheita do Produto; (2) Boas Práticas Agrícolas; (3) Impactos. Apesar do grande avanço do Brasil como fornecedor mundial de alimentos, devido a avanços tecnológicos, ainda é muito comum, em relação às principais frutas e hortaliças, observar colheitas sendo realizadas como há 30 e 40 anos atrás, sem os cuidados principais listados acima. Para algumas culturas, tal situação pode ser agravada onde se realizam a colheita e classificação concomitantemente, portanto, o treinamento é fundamental. Por exemplo, para o morango destinado ao consumo fresco, a colheita e classificação são realizadas nesta situação – simultaneamente –, porém, para uma eficiência do sistema, além do preparo prévio do colhedor para isso, é fundamental que o campo de produção esteja com boa uniformidade, pois em muito auxiliará a qualidade final deste produto. Ferreira (1994), trabalhando com alternativas para classificação de morangos no estado da Flórida, EUA, relata que morangos têm o potencial de serem classificados em linhas de beneficiamento, a despeito da sensibilidade a danos físicos, e que esta é mais relacionada à força de compressão (manuseio) do que à força do impacto (quedas). Dessa forma, alternativas podem ser geradas para melhoria do sistema, além dos treinamentos mencionados acima. Atualmente, existem no mercado diversos aparelhos e suprimentos que podem ajudar no processo de colheita, não só na melhoria da eficiência deste, tornando mais competitivo, com melhor fornecimento de condições para o produto, como também para o colhedor. As sacolas de colheita vêm sendo utilizadas para diversas culturas no Brasil há muitos anos, porém a sua qualidade, do ponto de vista de proteção ao fruto e condição física para o colhedor, ainda é muito discutível. Em geral, utilizam-se sacolas de lona, com somente uma alça, sendo que o ideal são sacolas com maior suporte para as costas do operador.

## 2.2 Colheita com equipamentos de auxílio – plataforma móveis

A colheita com equipamentos de auxílio à colheita – com o uso de plataforma móveis – pode ser considerada uma importante alternativa para países, como o Brasil, aonde a mão de obra torna-se cada vez mais escassa e é fundamental o fornecimento de melhores condições de trabalho. Conforme já mencionado, a colheita de frutas e hortaliças para o consumo *in natura* é predominantemente desempenhada de forma manual, sem o uso de equipamentos de auxílio. Tal fato ocorre principalmente devido à sensibilidade do produto ao manuseio e à demanda por colheitas múltiplas. Nos últimos anos, no Brasil, têm sido realizados estudos para a elaboração de equipamentos que auxiliem a colheita com o objetivo de diminuir seu tempo e os custos de produção, melhorando as condições de trabalho com menores custos sociais. Outro benefício buscado por esses equipamentos refere-se a concentrar em campo todas as etapas colheita, beneficiamento

e classificação –, com uma economia de tempo e custos operacionais. Esses estudos têm sido realizados em algumas culturas, e aqui serão abordados equipamentos para auxílio à colheita de tomate de mesa e laranja.

A colheita auxiliada para tomate de mesa é um desafio, pois ele é cultivado com tutoramento, ou seja, estaqueado ou envarado, caracterizado por colheitas múltiplas, enquanto que o tomate para o consumo industrial é cultivado sem tutoramento, em cultivo rasteiro, com colheita única (CANÇADO JÚNIOR et al., 2003). Portanto, perante essa conjuntura, foi desenvolvido na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, com financiamento da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, FAPESP, o projeto Unidade Móvel de Auxílio à Colheita – UNIMAC, para colheita, beneficiamento, classificação e embalagem do tomate de mesa no campo, reformulando o sistema tradicional existente desde a colheita até o consumidor final. O equipamento UNIMAC consta de uma plataforma móvel de 7,63 metros de comprimento por 3,60 metros de altura, autopropelida, a qual movimenta-se em campo realizando as operações de colheita, beneficiamento, classificação e embalagem (FERREIRA et al., 2007). O objetivo principal deste equipamento foi o de melhorar a situação atual onde o produto colhido é transportado para uma unidade de beneficiamento, promovendo redução significativa do tempo requerido para a colheita e beneficiamento, bem como o de diminuir o manuseio e com isso a incidência de impactos, além de promover colheitas múltiplas em condições ergonômicas de trabalho para os colhedores.

Para a cultura da laranja, a situação é diferenciada da mencionada anteriormente. O Brasil é o maior produtor de laranja do mundo. A safra nacional de laranja em 2008 totalizou 18.538,084 toneladas (454,4 milhões de caixas de 40,8 kg), da qual São Paulo participa com 78,4% da produção (IBGE, 2009). O setor citrícola brasileiro, somente no Estado de São Paulo, gera mais de 500 mil empregos diretos e indiretos (AZEVEDO, 2003). Cerca de 60,0% do suco que circula no mercado mundial são de origem brasileira, em particular de laranjas e demais cítricos cultivados em São Paulo (IBGE, 2009). A colheita manual para citros é atualmente a mais utilizada na totalidade das propriedades, e é comparativamente mais difícil de ser executada do que a de outros produtos, em razão da altura e arquitetura da planta, da desuniformidade de maturação e da exigência do mercado (MASCARIN, 2006). A escassez da mão de obra e as transformações econômicas sofridas pelo país levaram várias empresas, em especial do interior de São Paulo, a buscarem alternativas. Dessa forma, nos últimos anos, plataformas de auxílio à colheita têm sido testadas no interior do estado de São Paulo, verificando a possibilidade de uso alternativo para a colheita manual. O objetivo comum dos equipamentos testados é o de realizar a colheita da laranja em plataformas, de maneira ágil e proporcionando condições adequadas aos operadores.

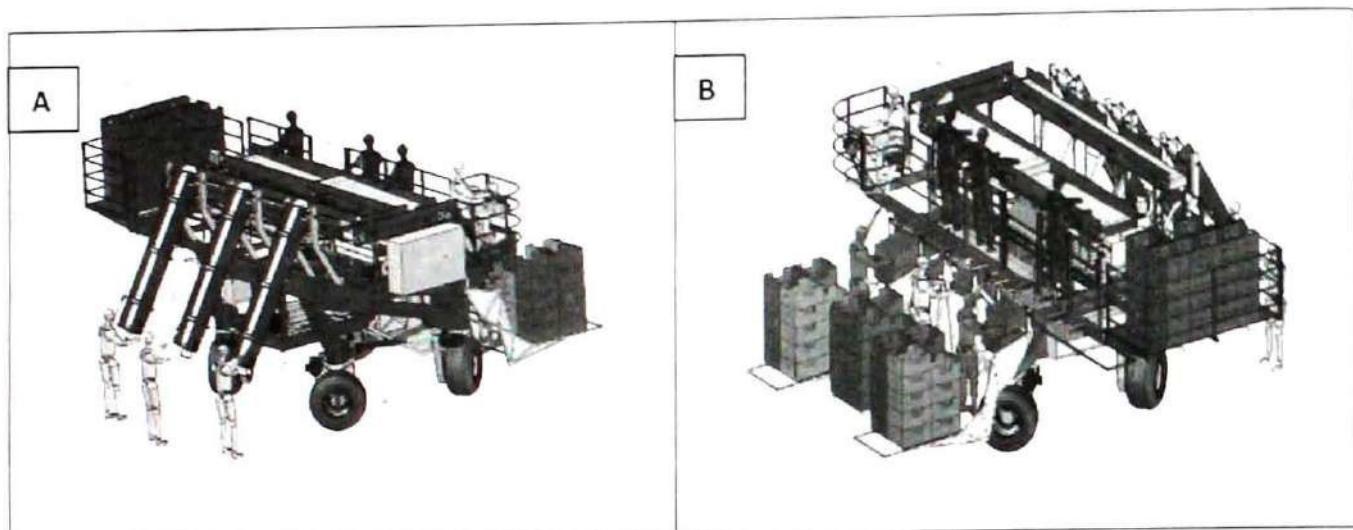
A seguir, uma breve descrição dos dois sistemas mencionados.

### **Colheita do tomate de mesa com plataformas móveis**

A Unidade Móvel de Auxílio à Colheita – UNIMAC (FERREIRA et al., 2007), foi desenvolvida com o intuito de permitir a realização de colheitas múltiplas, assim como uma prévia seleção do produto colhido e seu armazenamento. Em funcionamento, esse equipamento abrange 3 ruas de cultivo, com uma capacidade estimada de duas toneladas/hora de trabalho, baseando-se na produção média em campo para tomate de mesa. Para o desempenho dessas atividades, a UNIMAC é formada pelos seguintes componentes (Figuras 1 e 2):

- Plataforma móvel de 6,650 m de largura, 7,635 m de comprimento e 3,715 m de altura (Figuras 1 e 2);
- Sistema de controle direcional (1) – Controlado diretamente por um operador, esse sistema possibilita a realização de manobras em pequenos espaços e giros sobre o seu próprio eixo, pois possui sistema de direção nas 4 rodas (2);
- Módulo de fornecimento de energia (3) – Localizado na região central da máquina, que comprehende um motogerador com capacidade de 25 kva para acionamento dos sistemas a serem realizados pela UNIMAC;

- Módulo de abastecimento de frutos (4) – Compreende 3 esteiras providas de taliscas, que conduzem os frutos até o módulo de beneficiamento e classificação;
- Módulo de beneficiamento e classificação (5) – Localizado na parte superior da máquina, é responsável pela seleção, lavagem, polimento e classificação dos frutos;
- Módulos de embalagem (6) – Três módulos, situados na parte frontal da máquina, com capacidade total para 60 caixas plásticas nas dimensões já especificadas;
- Compartimento para embalagens vazias (7) – Encontra-se na lateral do equipamento e é utilizado para armazenagem das caixas a serem utilizadas.



**Figura 1:** Vista geral do equipamento. (A) Sistema de colheita, com visão detalhada do módulo de abastecimento, incluindo três esteiras de recebimento e, neste caso, com três colhedores. (B) Vista do sistema de direção (1), (5) módulos de seleção e classificação e (6) embalagem. Total de operadores deste sistema: 10.



**Figura 2:** No sentido horário: visão frontal e traseira do equipamento com detalhamento das esteiras de abastecimento.

### Colheita da laranja com plataformas móveis

A colheita da laranja tanto para consumo *in natura*, como para a indústria, no Brasil, é predominantemente manual, podendo ser considerada de alta complexidade, em função da altura e arquitetura da planta, da desuniformidade de maturação e das exigências do mercado consumidor (MASCARIN, 2006).

A colheita totalmente mecanizada para laranja no mercado fresco enfrenta vários desafios; entre eles, os danos ocasionados à planta e aos frutos, e a desuniformidade nos frutos colhidos. Desta forma, uma alternativa mediadora é a colheita por meio de plataformas móveis (Figura 3). Nestes equipamentos, o colhedor está mais bem posicionado ergonomicamente, podendo realizar a colheita em diferentes alturas da árvore, com menor esforço e com redução de impactos nos frutos, principalmente se comparado com a operação da derriça. No mercado já existem equipamentos comerciais, tanto nacionais como importados, em uso em lavouras no interior do estado de São Paulo.



**Figura 3:** Modelo de plataforma móvel de auxílio à colheita, com dois níveis de altura para colheita. (Figura: Poliana Cristina Spricigo).

### 2.3 Colheita mecanizada

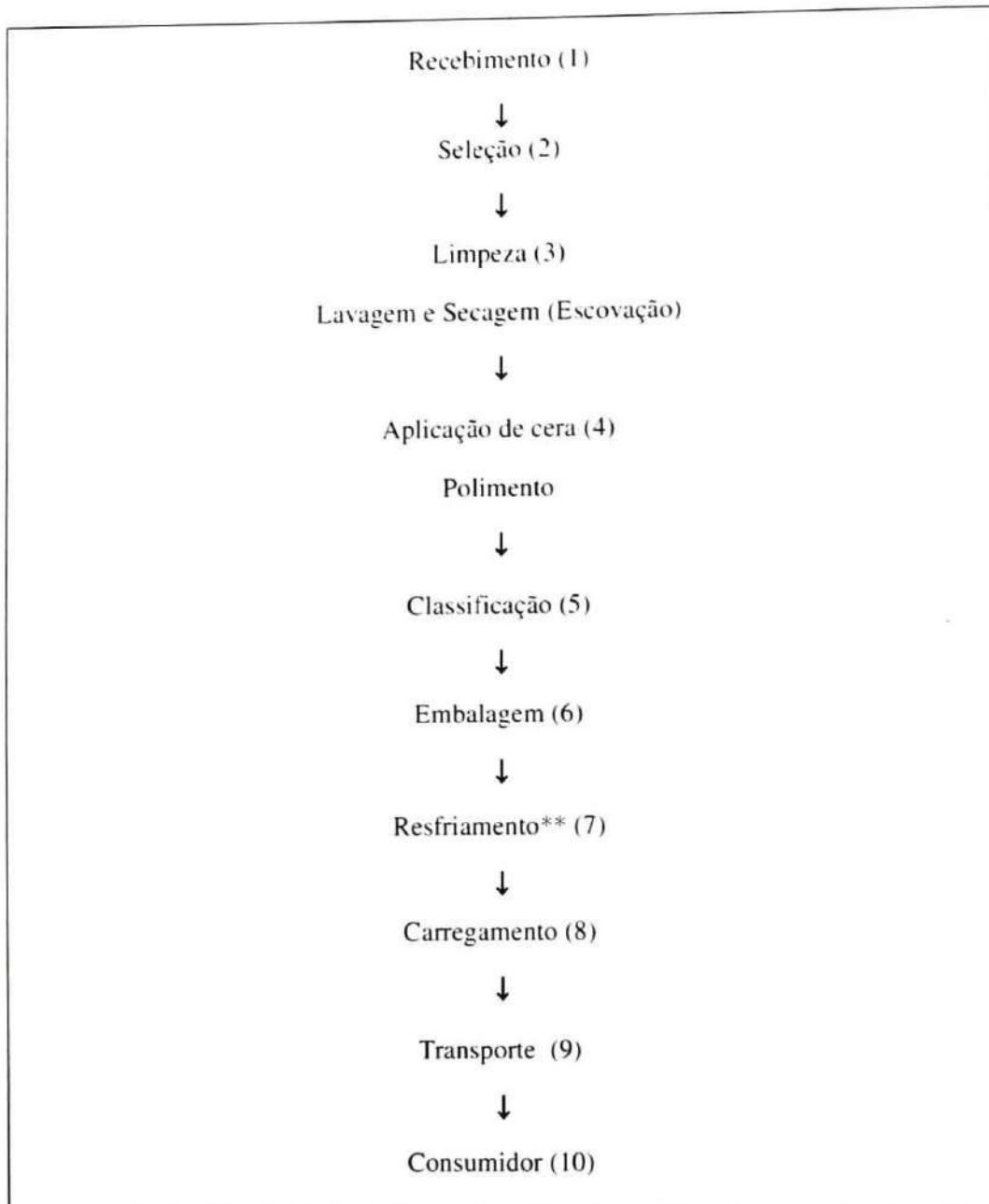
A colheita totalmente mecanizada caracteriza-se pelo baixo uso de mão de obra, sendo utilizada para produtos destinados ao processamento, como citros, tomate-indústria e morango. Apesar da redução no custo, ainda é uma alternativa não utilizada para frutas e hortaliças destinadas ao mercado fresco, pois pode proporcionar injúrias e danos físicos consideráveis ao produto, com queda na qualidade. O campo a ser colhido deve estar planejado para este tipo de colheita. Possui como vantagens a viabilização da colheita mais rápida, com melhores condições de trabalho, reduzindo os custos com mão de obra e eventuais problemas com este. Como desvantagem, é importante mencionar a possibilidade maior de causar danos físicos a frutas e hortaliças no momento da colheita (FERREIRA; MAGALHÃES, 2008).

### 3. Beneficiamento e classificação de frutas e hortaliças

O beneficiamento de frutas e hortaliças sofreu no Brasil diversas alterações nos últimos anos com a introdução de novas máquinas de beneficiamento que permitem maior rapidez, porém muitas delas maquinários são de grande porte e custo mais elevado, não aplicáveis a pequenos e médios produtores. Outro fato importante a ser notado é que, apesar de algumas pesquisas e ações de produtores terem sido realizadas nos últimos anos para a melhoria de eficiência do sistema, em relação ao uso de recursos naturais, como a água, o problema ainda é muito sério: o seu consumo excessivo. Diversas pesquisas demonstram que, durante o beneficiamento, a quantidade de água pode ser reduzida, sem afetar a eficiência de limpeza

do processo (SILVA et al., 2006; SILVA et al., 2008; DIJK et al., 2010). Ferreira (2008) estima em dez as principais etapas em um processo de beneficiamento (Figura 4). A seguir, uma breve descrição de cada etapa.

## Principais etapas



**Figura 4:** Fluxograma de funcionamento de um galpão de beneficiamento de frutas e hortaliças (FERREIRA, 2008).

\*\*A etapa de resfriamento pode ocorrer antes ou depois da embalagem.

**Recebimento:** A etapa do recebimento é uma das mais importantes neste processo, pois é ela que fornece o ritmo do processamento, ou seja, maiores ou menores volumes ali colocados influenciarão na velocidade de entrada do produto. Nos últimos anos, tem-se observado a automação deste processo, o que auxilia na regulagem do fluxo de todo o processo. Essa etapa pode ser realizada a seco, ou em água. Na etapa realizada a seco, pode ocorrer o inconveniente de impactos, em especial, se realizada manualmente, sem nenhum tipo de controle. Por sua vez, a realizada em água pode ter o inconveniente da entrada de água no interior do produto, em especial, naqueles que possuem lóculos, como tomate e manga (FERREIRA, 2008).

**Seleção:** Para muitos produtos, a seleção ainda é realizada manualmente logo após o recebimento, porém, com o avanço da tecnologia por imagens, torna-se cada vez mais comum a aplicação dessa tecnologia em unidades de beneficiamento de hortifrutis. Porém, no início das linhas de beneficiamento, mesmo naquelas unidades que contam com esse sistema, ocorre, em geral, a aplicação da seleção manual para a eliminação de problemas mais grosseiros ou facilmente diagnosticáveis visualmente. Nesse caso, devem-se observar os cuidados ergonômicos com o operador, pois diversos trabalhos (BRAGA, 2007; BRAGA et al., 2008; RIBEIRO, 2007) demonstram que a fadiga visual e física, em muito, influencia na eficiência dessa etapa; também as condições de trabalho devem ser adequadas para o operador (iluminação, comprimento bancada, etc.).

**Limpeza:** Uma das etapas mais críticas no atual sistema de beneficiamento. Alguns produtos não aceitam contato com água após a colheita, por exemplo, a cebola e o caqui. Dessa forma, a etapa de limpeza para estes produtos é realizada somente por meio da escovação. Por sua vez, alguns produtos melhor se conservam se não molhados, mas hábitos do mercado e do consumidor acabam levando os a serem lavados, como por exemplo, a batata. No Brasil, praticamente quase a totalidade da batata comercializada é lavada, enquanto em outros países, ocorre o inverso. Este é um hábito que dificilmente será mudado, dessa forma, requer daquele setor adaptar-se a uma melhor eficiência do sistema. Para a eficiência do sistema de limpeza, considerando-se que a maioria dos produtos hortifruti são lavados, importante considerar a interação entre os seguintes fatores: (1) rotação das escovas (e tipo de cerdas destas escovas) vs (2) quantidade-pressão da água vs (3) superfície do produto (casca, etc) vs (4) tempo de exposição vs (5) tipo de sujeira. Outro fator importante a ser considerado é a qualidade da água e, consequentemente, também outro não mencionado – a contaminação microbiológica – que neste momento não serão analisados.

### (1) Rotação das escovas (e tipo de cerdas)

A variação encontrada na velocidade de rotação para diversas unidades de beneficiamento pode ser grande para diversos produtos. As recomendações para a velocidade de rotação variam muito de acordo com o produto a ser lavado, tipo de sujeira, etc. Magalhães (2007) cita que a rotação 120 rpm foi considerada a mais indicada para a etapa de limpeza. Um importante fator de interação é o tipo de cerda a ser aplicado.

As cerdas podem ser de origem animal, vegetal, ou sintética e possuir flexibilidades diferentes. As cerdas sintéticas de náilon, em geral, apresentam calibres variando de 0,15 mm a 0,30 mm. Nos últimos anos, tem se observado um considerável uso de escovas de polietileno tereftalato (PET). Todavia, em estudos recentes, tem-se demonstrado que as cerdas dessas escovas possuem baixa flexibilidade, o que prejudica a eficiência de limpeza (MAGALHÃES, 2007). As cerdas de origem vegetal mais comuns são a fibra de coco e o sisal. Tanto cerdas de origem sintética como vegetal são mais utilizadas na etapa de lavagem. Cerdas de origem animal (crina de cavalo e rabo bovino), por outro lado, são mais usadas no polimento, após ou durante o processo de secagem e na aplicação de cera. Na etapa de secagem, utilizam-se escovas de espuma. Na etapa de lavagem, produtos com casca mais sensível recebem escovação com cerdas de origem sintética de menor calibre, por exemplo, 0,15 mm para o tomate de mesa. Produtos com casca mais resistente ou com alta agregação de terra são escovados com cerdas de náilon de maior calibre e/ou escovas com cerdas de fibra de coco. Cerdas de origem animal não aceitam molhamento e devem ser utilizadas para polimento em grande gama de produtos. As recomendações de cerdas e escovas variam de acordo com a espécie, cultivar, estádio de maturação, e com o equipamento utilizado (FERREIRA, 2008).

A interação tipo de cerda e rotação é um fator fundamental na eficiência da limpeza. Diversos estudos demonstram que altas rotações em cerdas menos flexíveis provocam o deslocamento em saltos do fruto ou hortaliça, sem interação com as cerdas, e a consequente queda na eficiência de limpeza do produto (MAGALHÃES, 2007). Outro ponto importante, que não é muitas vezes levado em consideração, refere-se à integridade da cerda. Escovas, após uso intensivo, apresentam cerdas danificadas, que não irão realizar com precisão o contato com o fruto, influenciando a eficiência da limpeza.

#### (2) Quantidade-pressão da água

Ocorre certa ilusão que quantidades de água em excesso melhoram a eficiência da eficiência de limpeza. Diversos estudos demonstram que quantidades de água menores, em alta pressão podem causar uma maior eficiência de limpeza, que altos volumes em baixa pressão. Para tanto, o uso de bicos tipo spray são recomendáveis. O uso de bicos de *spray* pode proporcionar uma economia na quantidade de água aplicada superior a 90% (SILVA et al., 2006) e também aumentar a eficiência do sistema de limpeza (SILVA et al., 2008).

#### (3) Superfície do produto (casca, etc)

Em superfícies lisas, como casca de tomate, adere bem menos sujeira, que em superfícies rugosas, como algumas cultivares de laranja, ou mesmo como tubérculos de batata. Desta forma, o tipo de produto a ser lavado deve ser levado em consideração.

#### (4) Tempo de exposição

O tempo de exposição pode variar em função do tamanho do fruto (FRANCO et al., 2004), tipo de escova, jato de água, tipo de sujeira, etc. Desta forma, não é possível recomendar um valor exato.

#### (5) Tipo de sujeira

O tipo de sujeira e em especial, no caso de tubérculos e raízes, o tipo de solo, seja ele arenoso ou argiloso, irá muito influenciar o tipo de lavagem a ser realizada. Para solos de maior aderência, como os argilosos, deve-se utilizar maior pressão de água, do que para os arenosos. Muitas vezes, isso não é levado em conta, apesar de ser um item importante na economia de recursos no processo de lavagem (DIJK et al., 2010).

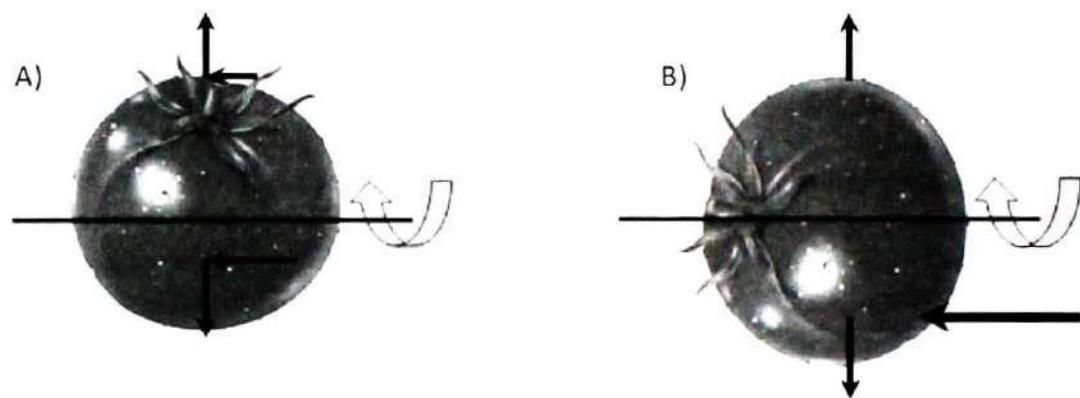
**Aplicação de cera e polimento:** A aplicação de cera é mais utilizada para cítricas, tanto para o mercado interno, como para o externo (FERREIRA, 2008). Todavia, tem se observado o aumento deste uso para outros produtos, em especial tomate (CHIUMARELLI; FERREIRA, 2007).

**Classificação:** A classificação de frutas e hortaliças pode ser realizada manualmente ou por meio de equipamentos, sendo esta última cada vez mais comum no país. A classificação por equipamentos pode ser dividida em dois principais tipos de sistemas: mecânico e eletrônico. Existem vários princípios mecânicos de classificação. Os equipamentos (5) mais comuns utilizados na classificação de frutas e hortaliças (FERREIRA; FERRARI, 2007; ATARASSI, 2008; FERRARI, 2006; PELEG, 1985) são apresentados a seguir: (1) Correia de Lona Furada. (2) Rólete Longitudinal. (3) Rólete Transversal. (4) Taça ou Bandeja. (5) Esteira de Grades. Os equipamentos com sistema eletrônico mais utilizados classificam por diâmetro, peso, cor e eliminação de defeitos. Neste livro consta um capítulo com uma descrição detalhada de um sistema eletrônico de classificação por imagem. A eficiência do sistema de classificação deve ser aferida; infelizmente não é prática comum, porém existem metodologias de fácil aplicação que podem ser utilizadas, em especial em modelos experimentais de avaliação (ATARASSI, 2008; ATARASSI et al., 2010). Para que o sistema obtenha uma boa eficiência de classificação por tamanho, é preciso que o fruto gire em torno de seu eixo longitudinal. Assim, a classificação será feita pelo diâmetro equatorial do fruto, que passará

através da abertura entre os cilindros. Caso contrário, a classificação será feita de acordo com uma dimensão aleatória, provocando a classificação pela altura e reduzindo a eficiência do sistema (Figura 5). Alterações podem ocorrer utilizando-se variações na força aplicada, como descrito por Atarassi (2008): a aplicação de uma força externa provoca o alinhamento perpendicular ao diâmetro do fruto, melhorando a eficiência de classificação (Figura 6).



**Figura 5:** Exemplo de movimentação de um tomate em torno do seu eixo equatorial (Adaptado de ATARASSI, 2008).

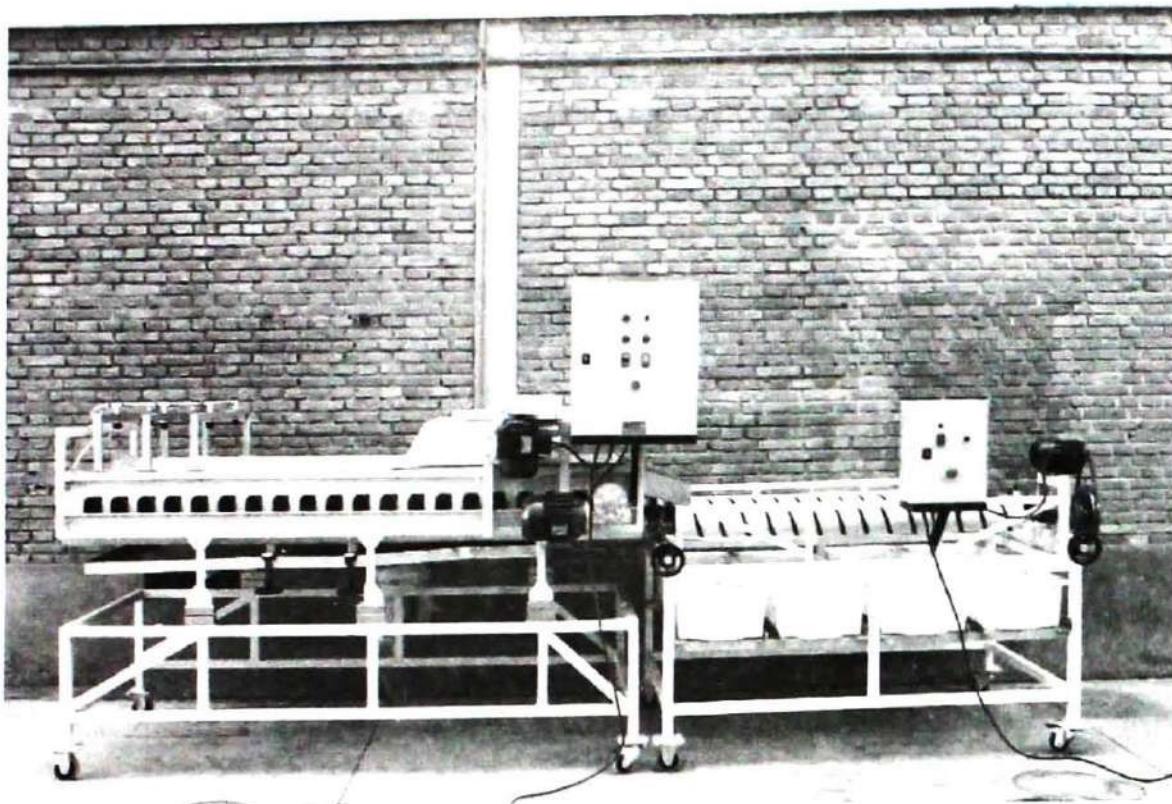


**Figura 6:** Exemplo de atuação de uma força externa provocando o alinhamento perpendicular ao diâmetro do fruto (A) sem força externa; (B) com força externa. (Adaptado de ATARASSI, 2008).

**Embalagem; Resfriamento; Carregamento; Transporte:** Estas quatro etapas são de grande importância para o sistema, e para cada uma poderia ser escrito um capítulo específico, em separado. As embalagens para frutas e hortaliças têm sido modificadas ao longo dos últimos anos, com a substituição das caixas de madeira por embalagens plásticas e de papelão. O resfriamento é fundamental na manutenção da qualidade do produto. Diversos tipos e modalidades de resfriamento podem ser aplicados, cada um com uma tecnologia específica (CORTEZ et al., 2002). A distribuição interna na unidade de beneficiamento e principalmente a logística de distribuição externa têm se mostrado como desafios visando a economia de recursos e a eficiência do processo.

**Consumidor:** Mudanças de hábito do consumidor e também a importância dos atributos na valoração do produto (OLIVEIRA, 2011), estão relacionadas a diversas percepções do consumidor.

Um modelo de equipamento, com módulos de beneficiamento e classificação, com as principais etapas, utilizado para demonstração e experimentação é demonstrado na Figura 7.

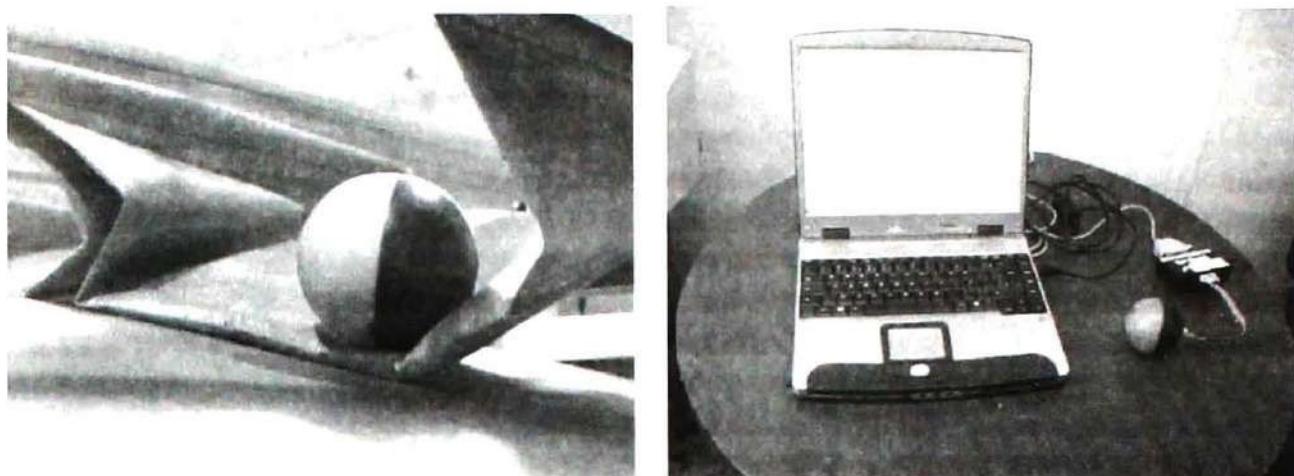


**Figura 7:** Vista lateral de equipamento de beneficiamento e classificação utilizado como modelo de ensaios na Embrapa Instrumentação (Foto: Pedro Campaner Hernandes).

#### 4. Avaliação de impactos na colheita e beneficiamento de frutas e hortaliças

Lacerda (2004) relata que os acelerômetros são dispositivos capazes de medir choques, vibrações, deslocamentos, velocidade, aceleração e inclinação de um corpo. Os acelerômetros estão disponíveis em uma variedade muito grande de tipos, para diferentes aplicações. Henao Roa (2009) descreve que os acelerômetros são constituídos basicamente de um sistema massa-mola. Quando esse sistema é submetido a uma aceleração, surge uma força que tende a deslocar a massa de seu ponto de equilíbrio. Essa massa será deslocada até que a força gerada pela aceleração seja igual à força de restituição da mola.

Bollen (2006) faz uma vasta revisão dos métodos e equipamentos a serem utilizados para mensuração de impactos na pós-colheita, e menciona os acelerômetros em diversas formas e aplicações, porém estes, ou possuem somente a aquisição de dados e não de temperatura, ou não possuem transmissão imediata e somente armazenam dados ou mensuram forças de alto impacto (quedas), mas não as de baixo impacto (vibração), portanto com limitação de uso. O equipamento mais utilizado para mensuração da magnitude de alto impacto em frutas e hortaliças é a esfera instrumentada (70 mm)<sup>2</sup>, com registrador de aceleração, para a avaliação da magnitude de impactos ( $G, m/s^2$ ) nos pontos de transferência das linhas de beneficiamento (Figura 8). A esfera instrumentada vem sendo utilizada em avaliações de linhas de beneficiamento de batatas (FERREIRA; NETTO, 2007; HYDE et al., 1992), cebola (BAJEMA; HYDE, 1995), laranjas (FISCHER et al., 2009; FERREIRA et al., 2006; MILLER; WAGNER, 1991), maçãs (BROWN et al., 1990), tomate (FERREIRA et al., 2005; FERREIRA et al., 2009; SARGENT et al., 1992) e caqui (VALENTINI et al., 2009).



**Figura 8:** Esfera instrumentada utilizada para mensuração de impactos em linhas de beneficiamento e classificação de frutas e hortaliças (Foto: Marcos David Ferreira).

Para mensurações de baixo impacto (vibração), os equipamentos comumente em uso não possuem capacidade para armazenamento, e muitas vezes necessitam de uma estrutura complexa para armazenamento de dados (BOLLEN, 2006). Lacerda e Ferraz (2007) relatam que, para monitoramento da incidência de impactos em figo roxo durante transporte, houve a necessidade de utilização de acelerômetros triaxiais, condicionador de sinais tipo spider e computador acoplado. Por sua vez, Henao Roa (2009) descreve o desenvolvimento de protótipo eletrônico de baixo custo, baseado no uso de sensores microeletromecânicos (MEMs - Microelectromechanical Systems) de aceleração e rotação aplicados ao monitoramento de atividades físicas em esportistas durante o treinamento de maneira não invasiva, como uma ferramenta portátil. O sistema envia as informações dos sensores via Rádio Frequência (RF) para serem processadas no computador por meio de uma programa de interface intuitivo e de fácil operação desenvolvido no LabView. Essa interface apresenta os dados em forma de gráficos em tempo real. Adicionalmente a esse trabalho, Nicolau (2009) desenvolveu uma esfera instrumentada, a seguir descrita, com maior amplitude de uso, mensurando baixos e altos impactos, de baixo custo e aplicável tanto na colheita, como no transporte, beneficiamento e recebimento pelo consumidor. A este equipamento adicionam-se a mensuração de temperatura e a localização via GPS.

### Fruta eletrônica

Nicolau (2009) desenvolveu uma esfera instrumentada com maior amplitude de uso, mensurando baixos e altos impactos, de baixo custo e aplicável tanto na colheita, como no transporte, beneficiamento e recebimento no consumidor e também medindo a temperatura (Figura 9).

Seguindo-se a vasta revisão feita por Bollen (2006), existem inúmeros equipamentos aptos para serem utilizados para mensuração de impactos na pós-colheita. Mencionam-se os acelerômetros em diversas formas e aplicações, porém estes, ou possuem somente a aquisição de dados e não de temperatura, ou não possuem transmissão imediata e somente armazenam dados ou mensuram forças de alto impacto (quedas), mas não as de baixo impacto (vibração), portanto com limitação de uso. O equipamento em questão oferece inúmeras vantagens, destacando-se a precisão e a rapidez de obtenção dos resultados. Trata-se de 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.



**Figura 9:** Fruta Eletrônica (Protótipo): dotada de acelerômetros triaxiais para medir e armazenar dados de impactos, e de um sensor de temperatura (NICOLAU, 2009).

## 5. Conclusão

A colheita, beneficiamento e classificação de frutas e hortaliças são processos dinâmicos que constantemente passam por modificações e atualizações. Desta forma, o objetivo deste capítulo foi o de descrever os principais itens deste sistema, indicando possíveis melhorias e alterações.

## Referências

- ATARASSI, M. E. **Avaliação do desempenho de classificadora de cilindros divergentes em várias configurações para tomate “Carmen”.** 2008. 86 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, 2008.
- ATARASSI, M. E.; FERREIRA, M. D.; BRAUNBECK, O. A.; MORETTI, C. L. Avaliação de classificadora de cilindros divergentes para tomate 'Carmen'. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 334-345, 2010.
- AZEVEDO, C. L. L. **Sistema de produção de citros para o nordeste.** Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Sistema de produção; 16). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Citros/CitrosNordeste/importancia.htm>> Acesso em: 11 ago. 2010.
- BAJEMA, R. W.; HYDE, G. M. Packing line bruise evaluation for Walla Walla Summer sweet onions. **Transactions of the ASAE**, St Joseph, v. 38, p. 1167-1171, 1995.
- BRAGA, C. O. **Análise ergonômica do trabalho e exigências laborais em unidades de beneficiamento de tomate de mesa.** 2007. 184 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas, 2007.
- BRAGA, C. O.; RIBEIRO, I. A. V.; MARTINS, M. A.; ABRAHÃO, R. F.; TERESO, M. J. A. Aspectos ergonômicos e de segurança laboral em unidades de beneficiamento de frutas e hortaliças. In: FERREIRA, M. D. (Org.). **Colheita e beneficiamento de frutas e hortaliças.** São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2008. p. 89-105.
- 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.

BROWN, G. K.; SCHULTE PASON, N. L.; TIMM, E. J.; BURTON, C. L.; MARSHALL, D. E. Apple packing line impact damage reduction. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v. 6, n. 6, p. 759-764, 1990.

CHIUMARELLI, M.; FERREIRA, M. D. Conservação pós-colheita de tomate de mesa com utilização de ceras comestíveis. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 23-28, 2007.

CANÇADO JÚNIOR, F. L.; CAMARGO FILHO, W. P.; ESTANISLAU, M. L. L.; PAIVA, B. M.; MAZZEI, A. R.; ALVES, H. S. Tomate para mesa. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v. 24, n. 219, p. 7-18, 2003.

CORTEZ, L. A. B.; HONÓRIO, S. L.; NEVES FILHO, L. C.; MORETTI, C. L. Importância do resfriamento para frutas e hortaliças no Brasil. In: CORTEZ, L. A. B.; HONÓRIO, S. L.; MORETTI, C. L. (Ed.). **Resfriamento de frutas e hortaliças**. Campinas: UNICAMP/EMBRAPA, 2002. p. 17-35.

DIJK, R. van; SILVA, M. D.; FERREIRA, M. D. Melhoria da eficiência de limpeza para batata de mesa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA - CONBEA, 39; CONGRESSO LATINOAMERICANO E DO CARIBE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA - CLIA, 9., 2010, Vitória, ES. **Anais...** Jaboticabal, SP: SBEA, 2010. v. 1, p. 1-4.

FERRARI, P. R. **Avaliação da qualidade da classificação do tomate de mesa**. 2006. 147 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

FERREIRA, M. D. Beneficiamento de frutas e hortaliças. In: FERREIRA, M. D. (Org.). **Colheita e beneficiamento de frutas e hortaliças**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2008. p. 47-59.

FERREIRA, M. D.; BRAUNBECK, O. A.; SANCHEZ, A. C. Unidade Móvel de Auxílio à Colheita (UNIMAC) para tomate de mesa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA - CONBEA, 36., 2007, Bonito. **Anais...** Jaboticabal, SP: SBEA, 2007. v. 1, p. 1-4.

FERREIRA, M. D.; MAGALHÃES, P. G. Colheita. In: FERREIRA, M. D. (Org.). **Colheita e beneficiamento de frutas e hortaliças**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2008. p. 13-22.

FERREIRA, M. D.; FERRARI, P. R. Qualidade da classificação do tomate de mesa em unidades de beneficiamento. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 579-586, 2007.

FERREIRA, M. D. **Physiological responses of strawberry to handling impacts and precooling methods**. 1994. 124 f. Dissertação (Mestrado em fisiologia pós-colheita) - IFAS, University of Florida, Gainesville, FL, Estados Unidos, 1994.

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, p. 1753-1755, 2005.

FERREIRA, M. D.; CAMARGO, G. G. de T.; ANDREUCCETTI, C.; MORETTI, C. L. 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 tomate. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 630-641, 2009.

FERREIRA, M. D.; NETTO, L. H. Avaliação de processos nas linhas de beneficiamento e classificação de

641, 2009.

FERREIRA, M. D.; NETTO, L. H. Avaliação de processos nas linhas de beneficiamento e classificação de batatas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, n. 2, p. 279-285, 2007.

FERREIRA, M. D.; SILVA, M.C.; CAMARGO, G. G. T.; AMORIM, L.; FISCHER, I. H. Pontos críticos de impacto em linhas de beneficiamento utilizadas para citros no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 523-525, 2006.

FISCHER, I. H.; FERREIRA, M. D.; SPÓSITO, M. B.; AMORIM, L. Citrus postharvest diseases and injuries related to impact on packing lines. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, n. 2, p. 210-217, 2009.

FRANCO, A. T. O.; FERREIRA, M. D.; TAVARES, M. Tempo médio de permanência do tomate de mesa na etapa de limpeza em uma linha de beneficiamento e classificação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA - CONBEA, 33., 2004, São Pedro. **Anais...** São Pedro: SBEA, 2004. 1 CD-ROM.

HENAO ROA, Y. H. **Desenvolvimento de um sistema microcontrolado para monitoramento de atividades esportivas baseado em sensores microeletromecânicos de aceleração e giro.** 2009. 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Unicamp, Campinas, SP, 2009.

HYDE, G. M.; BROWN, G. K.; TIMM, E. J.; ZHANG, W. Instrumented sphere evaluation of potato packing line impacts. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 35, n. 1, p. 65-69, 1992.

IBGE. **Valor da produção da agricultura cresce 27,3% de 2007 para 2008.** (Comunicação Social 16 out. 2009). Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=1479&id\\_pagina=1](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1479&id_pagina=1)>. Acesso em: jun. 2011.

LACERDA, F.; FERRAZ, A. C. O. Efeito das acelerações e das freqüências durante o transporte na qualidade do figo 'Roxo de Valinhos'. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 32, p. 44-50, 2007.

LACERDA, F. C. **Efeitos das acelerações e freqüências durante o transporte do figo roxo de Valinhos.** 2004. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Unicamp, Campinas, SP, 2004.

MAGALHÃES, A. M. **Eficácia de limpeza durante o beneficiamento do tomate de mesa.** 2007. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Unicamp, Campinas, SP, 2007.

MASCARIN, L. S. **Caracterização de sistemas de colheita e desenvolvimento de técnica para a obtenção de mapas de produtividade para citros.** 2006. 78 f. Dissertação (Mestre em Agronomia)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ESALQ-USP, Piracicaba, 2006.

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

MITCHELL, F. G.; MAXIE, E. C.; GREATHE, A. S. **Handling strawberries for fresh market.** 1964. 16 f. University of Califórnia, Davis, 1964.

NICOLAU, M. **Esfera instrumentada de baixo custo para monitoramento de impactos e temperatura**

**durante processos pós-colheita.** 2009. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica)- Unicamp, Campinas, 2009.

**OLIVEIRA, S. L. Valoração dos atributos de qualidade do tomate de mesa:** um estudo com atacadistas da CEAGESP. 2011. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)- Unicamp, Campinas, 2011.

**PELEG, K. Produce handling, packaging, and distribution.** Westport: The AVI Publ. Comp., 1985. 625 p.

**RIBEIRO, I. A. V. Análise ergonômica do trabalho em unidades de beneficiamento de tomate de mesa:** movimentação manual de cargas. 2007. 202 f. Dissertação (Mestrado em engenharia agrícola, área de Planejamento e Desenvolvimento Rural Sustentável)- Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas, 2007.

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

**SILVA, M. C.; TESTEZLAF, R.; FERREIRA, M. D.** Proposta de um mecanismo de lavagem em equipamentos de beneficiamento de tomate de mesa. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, SP, v. 26, n. 2, p. 637-643, 2006.

**SILVA, M. C.; TESTEZLAF, R.; MAGALHÃES, A. M.; FRANCO, A. T. O.; FERREIRA, M. D.** Otimização da eficiência de limpeza em equipamento de beneficiamento de tomate de mesa. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 4, p. 750-758, 2008.

**VALENTINI, S. R. de 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**, Jaboticabal, v. 29, n. 4, p. 642-655, 2009.