

Capítulo 2

Colheita e beneficiamento

Marcos David Ferreira
Poliana Cristina Spricigo
Steven A. Sargent

1. Introdução

A colheita e o beneficiamento são etapas que viabilizam a chegada dos produtos vegetais até o consumidor final e, dependendo da sua natureza, são realizadas de maneiras distintas. As variáveis envolvidas nos processos de colheita e beneficiamento são definidas de acordo com o volume de produção, estágio de maturação, destino do produto, e, principalmente, pelo produto a ser colhido: frutas, hortaliças de fruto, raízes, tubérculos ou folhosas.

Apesar de toda tecnologia aplicada nos últimos anos no âmbito da produção agrícola, a colheita de frutas e hortaliças ainda representa um grande desafio, em especial para o mercado fresco. Avanços têm ocorrido no setor, mas grande parte da colheita para produtos in natura e para alguns segmentos da indústria ainda é realizada manualmente. A indústria, em especial, tem experimentado modificações nos últimos anos com o incremento da mecanização. Mundialmente, a colheita manual mostra-se onerosa e com mão de obra escassa para esta função. Neste capítulo, serão abordados os tipos de colheita, desafios e tendências.

No beneficiamento e classificação de frutos, observam-se incrementos tecnológicos, com a substituição da classificação tradicional, manual ou mecanizada, pela eletrônica. Neste sistema, o fruto pode ser classificado rapidamente por tamanho ou peso, descartando aqueles externamente defeituosos ou fora do padrão. Neste capítulo, serão apresentados os principais tipos de beneficiamento, tanto mecanizado como eletrônico, a serem utilizados em produtos hortícolas.

Ressalta-se que a maioria dos equipamentos desenvolvidos, tanto para colheita como para beneficiamento, geralmente é destinada a grandes volumes de produção. Pequenos e médios produtores, por diversas vezes, não encontram máquinas apropriadas, com tecnologia adequada, para auxiliar nas tarefas após a colheita. Esta situação é extremamente desfavorável a eles, pois afeta sua competitividade no mercado. Neste capítulo, serão também abordadas alternativas e possíveis soluções.

1.1. Ponto de colheita de frutos e hortaliças

A maturidade na colheita é o fator mais importante para se determinar o tempo de armazenamento e a qualidade final do fruto (KADER, 1999). Quando colhidos em seu ponto ideal, melhores condições de manuseio e armazenamento serão possibilitadas, evitando-se que ocorram perdas ao longo da cadeia. Com algumas exceções, a maioria das frutas alcança sua melhor qualidade quando amadurecidas na planta (KADER, 1999). No entanto, a colheita é comumente realizada antes desse período ideal, para que as frutas possam suportar o sistema de manuseio pós-colheita e transporte a longas distâncias.

A decisão da colheita envolve também aspectos como as condições climáticas e econômicas, quando nem sempre a melhor ocasião de coleta coincide com a melhor qualidade encontrada no campo. Neste sentido, a execução da retirada dos frutos do campo de modo prematuro ou tardio requer adaptações no manejo pós-colheita, podendo afetar a qualidade ofertada ao consumidor.

Produtos colhidos prematuramente podem apresentar resistência mais elevada a danos mecânicos, porém, isto não significa uma vantagem. Os danos mecânicos causados nos estágios iniciais de amadurecimento, e que não são visíveis nesta etapa, resultarão posteriormente em produtos com a aparência e qualidade comprometidas. Em bananas verdes, por exemplo, danos causados por abrasão e compressão serão responsáveis pelo aparecimento de manchas escuras na casca. A colheita prematura pode ocasionar redução no valor nutricional e, por vezes, baixa aceitação dos consumidores. Aqui, faz-se necessária a distinção entre a colheita antecipada de produtos que atingiram a maturidade fisiológica daqueles que foram colhidos imaturos. Mesmo colhidas prematuramente (desde que o produto esteja em sua maturidade fisiológica), frutas e hortaliças poderão tornar-se aptas ao consumo. Por sua vez, frutos colhidos imaturos não continuarão o processo de amadurecimento e entrarão em senescência sem terem atingido a sua me-

lhor qualidade. Além da notória perda nutricional, a probabilidade de descarte é aumentada, uma vez que o produto pode não estar agradável ao consumo. Temperaturas baixas na hora da colheita podem causar mais danos. Estudos com o pimentão mostraram que o tecido fica mais suscetível a danos físicos quando colhido a 10 °C ou abaixo disto (BRECHT; SARGENT, 2011).

A decisão de adiar a colheita para além do ponto ideal traz outros desafios. Frutas e hortaliças em estágios avançados de amadurecimento tendem a apresentar textura macia, ficando mais susceptíveis a danos mecânicos. Deste modo, todas as etapas após a colheita devem assegurar ainda mais a proteção contra a incidência de cortes, abrasões e amassamentos. Os sistemas envolvidos nestas operações devem ser adaptados, evitando peças pontiagudas, compressões e quedas. Atenção especial deve ser dada às embalagens, que precisam envolver e proteger a produção. Junta-se aos danos mecânicos a incidência de doenças e pragas pós-colheita. Frutos e produtos hortícolas colhidos tardiamente são mais vulneráveis a estes ataques devido à facilidade de penetração no fruto por aberturas causadas por danos mecânicos ou pela presença de paredes celulares menos rígidas. Com o avanço da maturidade, o conteúdo de açúcares nas polpas tende a aumentar, propiciando, por exemplo, um ambiente favorável a doenças fúngicas. A colheita tardia, após o ponto ideal, requer coordenação entre o armazenamento e a logística para que a qualidade dos produtos seja retida por máximo tempo possível e o escoamento da produção ocorra de modo satisfatório. Estão envolvidas neste processo a adoção de controle contra patógenos e de tecnologias para retardar o amadurecimento de frutos e hortaliças.

O ponto de colheita ideal de cada fruto pode ser observado de acordo com as suas características de qualidade, aferidas por observação prática, avaliações físicas ou por métodos físico-químicos. O método a ser escolhido para a definição da retirada dos produtos vegetais do campo deve adequar-se às características desejadas de cada fruta ou hortaliça. Os métodos de observação prática dependem da experiência e treinamento do responsável pela colheita, enquanto que as avaliações físicas são realizadas por instrumentos, gerando medições objetivas do amadurecimento. Por se tratarem de métodos não-destrutivos, tratam-se de avaliações amplamente adotadas. Já métodos físico-químicos são medidas mais sofisticadas, que requerem infraestrutura laboratorial, tempo para o processamento de resultados e a necessidade de retirada de amostras dos frutos (CHITARRA; CHITARRA, 2005) (Tabela 1).

Tabela 1. Métodos de determinação de índices de maturidade

Métodos de observação prática	Avaliações físicas	Métodos físico-químicos
Dias após a florada	Tamanho e forma	Teor de amido
Graus-dias	Gravidade específica e textura	Substâncias insolúveis em álcool
Desenvolvimento de camada de abscisão	Relação polpa/casca	Sólidos solúveis
Morfologia e estrutura superficial	Coloração	Acidez titulável
		Curvas de maturação
		Produção de etileno
		Respiração

Fonte: Adaptado de Chitarra e Chitarra (2005).

2. Colheita

A colheita de frutas e hortaliças, em especial para mercado fresco, pode ser ainda considerada um grande desafio. Custos na colheita podem ser elevados, como no caso da laranja, estimados em 18% (AGRIANUAL, 2016), e representar de 35 a 45% do custo total da produção (SANDERS, 2005). A insuficiência de avanços em tecnologias para a colheita pode estar relacionada à disponibilidade de mão de obra de baixo custo (SARIG, 2012). O ser humano com suas habilidades pode exercer esta função com eficiência, todavia necessita de treinamento e capacitação para tal atividade. Com a escassez e incremento no custo da mão de obra, alternativas têm sido desenvolvidas. Hoje, a colheita pode ser realizada praticamente de três formas distintas: (1) manual; (2) auxiliada e (3) mecanizada (FERREIRA; MAGALHÃES, 2008). A colheita robotizada, apesar de representar uma alternativa interessante no futuro, ainda é insipiente e não será discutida neste capítulo (BAC et al., 2014).

2.1. Colheita manual

No mundo todo, a colheita, em sua maioria, de frutas e hortaliças para mercado fresco tem sido realizada de forma manual. Poucas são colhidas de forma mecânica, em contraste às culturas para indústria que são mais adaptadas para a colheita mecânica. Para que a colheita manual seja realizada de modo eficiente, são necessários treinamentos e capacitações aos colhedores (PRUSSIA, 1985). A eficiência na colheita manual pode ser entendida em duas vertentes, uma que tange conservação da qualidade da fruta e outra relacionada ao bem-estar do trabalhador.

Em relação ao produto, Mitchell, Maxie e Greathe (1964), já relatavam uma menor incidência nas injúrias causadas na colheita entre colhedores treinados. Um aspecto relevante refere-se à indicação do ponto ideal de colheita que, para os trabalhadores, pode ser indicado como uma coloração e/ou tamanho específico. Danos causados por quedas bruscas ou mesmo por pressão dos dedos/unhas devem ser evitados (MORETTI; MATTOS, 2008). Na colheita de frutas, majoritariamente para indústria, em especial na citricultura, ocorre a prática da derriça, onde os frutos são colhidos e lançados da copa para o chão. O aumento da incidência na magnitude do impacto decorrente desta queda influencia negativamente a qualidade das laranjas destinadas à indústria (MIRANDA; SPRICIGO; FERREIRA, 2015). Cuidados simples com a temperatura também são recomendados, como a proteção dos frutos à exposição ao sol. A elevação da temperatura pode incrementar as taxas do metabolismo vegetal, ocasionando perdas na comercialização, com o aparecimento de podridões e distúrbios fisiológicos.

No treinamento dos colhedores, além das especificações referentes ao produto a ser colhido, é importante o repasse de informações de uso dos equipamentos, como sacolas e escadas (FERREIRA, 2011). Para os equipamentos para auxílio ao colhedor, como luvas, sacolas e escadas, importante novamente o treinamento no uso, tanto para segurança do operador, como também para redução de danos físicos aos frutos (FERREIRA; MAGALHÃES, 2008). Atualmente, existem no mercado, diferentes tipos de sacolas e escadas, às quais podem proporcionar maior ou menor segurança aos colhedores. Por exemplo, escadas denominadas rabo de peixe, em que a base é maior que a parte superior, podem proporcionar maior estabilidade; assim como suportes de apoio à escada também colaboram com a estabilidade dessas. As sacolas de colheita são uma grande contribuição para o andamento e agilidade da colheita (CALBO, 2008). Todavia, existem diversos tipos no mercado, e no Brasil ainda predomina aquela com somente uma alça superior que geralmente é apoiada ao pescoço. Outras sacolas de colheita possuem estruturas diferenciadas, que podem ser mais adequadas ao colhedor e também devem ser apropriadas ao produto (FERREIRA et al., 2008; FERREIRA, 2011). Podem também ocorrer outros equipamentos de auxílio ao colhedor, como aqueles utilizados para azeitona que consistem em pequenas varas (dedos mecânicos), no formato de um pente ou gancho, e que auxiliam na queda dos frutos através de ação vibratória (DEBOLI et al., 2014).

Com a ênfase crescente de segurança dos alimentos, a higiene dos funcionários hoje em dia é um componente crítico de qualquer operação, desde o campo até o “packing”, Figura 1 (MORETTI; MATTOS, 2008).



Figura 1. Nos Estados Unidos, vista externa de banheiros químicos com uma série de torneiras com sabão usadas pelos colhedores para a lavagem das mãos antes da colheita. Foto: Steven A. Sargent.

2.2. Auxílio à colheita

A colheita auxiliada é aquela na qual são utilizados equipamentos ou plataformas que dão suporte ao processo de retirada do produto no campo. Nessas plataformas, os colhedores podem ser alocados, assim como os frutos depositados para armazenamento temporário. Apesar de sua grande utilidade, as plataformas de auxílio à colheita ainda são escassas no Brasil, mas com um crescente interesse nos últimos anos. Países como Estados Unidos, Austrália, Israel e Espanha utilizam amplamente este mecanismo na colheita.

As plataformas permitem que um conjunto de colhedores realizem a retirada dos produtos vegetais simultaneamente, em uma mesma área. Desta forma, a colheita deve ocorrer de forma orquestrada entre os colhedores e o equipamento. Com transição da colheita individual para uma colheita coletiva, são impostas mudanças no comportamento do trabalhador, quebra de paradigmas e desafios (SANDERS, 2005). Acostumados a rotineiramente receber por sua produção individual, os trabalhadores se deparam com a necessidade de se ajustar a um novo ritmo de trabalho, ditado pelo coletivo. Plataformas e equipamentos de auxílio à colheita fornecem melhores condições ergonômicas de trabalho ao colhedor (COSTA; CAMAROTTO, 2012), prevenindo movimentos repetitivos e penosos. Estas plataformas podem ser simples, movimentadas manualmente no campo, Figura 2, até mais sofisticadas e tracionadas por trator, Figuras 3 e 4.



Figura 2. Plataforma de colheita movimentada manualmente em colheita de folhosas.
Foto: Steven A. Sargent.



Figura 3. Plataforma de colheita com tração motorizada.
Foto: Steven A. Sargent.



Figura 4. Plataforma de colheita para folhosas, com indicação de distintas esteiras de beneficiamento em campo.

Foto: Steven A. Sargent.

Plataformas de auxílio à colheita têm sido objeto de estudo no Brasil. No projeto “Proposta de um novo sistema (UNIMAC - Unidade Móvel de Auxílio à Colheita) visando a melhoria da qualidade e diminuição das perdas pós-colheita em tomate de mesa” (FAPESP, processo 02/00645-7), foi construída uma plataforma móvel utilizada para colheita de tomate (FERREIRA; MAGALHÃES, 2008), que foi avaliada no processo 07/54054-3 – “Unidade Móvel de auxílio à Colheita para tomate de mesa – UNIMAC”. Dentro do mesmo propósito, o projeto “Unidade móvel de colheita e beneficiamento de frutas e hortaliças (10/51155-6)” tratou do desenvolvimento de uma plataforma móvel de auxílio à colheita com ensaios realizados na cultura da laranja.

Uma das limitações das plataformas de colheita refere-se ao uso em uma só época do ano e para uma cultura específica. Desta forma, inicialmente no projeto FAPESP 02/00645-7, foi desenvolvida plataforma móvel para a colheita de tomate de mesa, de cultivo estaqueado. Porém, nos ensaios em campo (Projeto FAPESP 07/54054-3), foram identificados problemas estruturais na máquina e também a restrição de uso somente para colheita. Dessa forma, o projeto inicial foi reformulado (FAPESP 10/51155-6), com rodas que se movimentam de forma independente, para permitir que o equipamento possa girar sobre o seu próprio eixo e assumir funções diferentes, com um chassi retrátil e mais estreito do que a versão anterior e a possibilidade de adicionar outros dispositivos, com possibilidade de uso na colheita de outras culturas e outras aplicações na propriedade rural. O conceito de um veículo híbrido com um gerador de energia para funcionamento dos motores elétricos das quatro rodas foi mantido. Os testes com o protótipo de laboratório móvel demonstraram o potencial de utilização da colheita assistida e em outras operações agrícolas, especialmente devido à sua mobilidade, Figura 5.



Figura 5. Plataforma móvel de colheita de laranja.
Foto: Pedro Campaner Hernandez.

2.3. Colheita mecanizada

A colheita totalmente mecanizada em geral é utilizada para produtos destinados à indústria e caracterizada pelo baixo emprego de mão de obra (FERREIRA; MAGALHÃES, 2008). Existem diversos exemplos na literatura referentes à aplicação de maquinário na colheita, como para tomate para a indústria, batata, morango para processamento e laranja. Em todos os casos, o material vegetal coletado é encaminhado ao processamento em curto período de tempo e apresenta heterogeneidade mais elevada quando comparado aos produtos encaminhados para o mercado in natura. O uso de colhedoras mecanizadas permite a retirada rápida dos produtos do campo e diminui a dependência do trabalho humano.

No entanto, a colheita mecanizada ainda apresenta uma série de aspectos a serem considerados antes de sua adoção. Uma de suas limitações relaciona-se à incidência de danos mecânicos (FERREIRA; MAGALHÃES, 2008). Mesmo projetos desenvolvidos a fim de preservar os produtos vegetais ainda possuem pontos críticos de impacto, como quedas elevadas e ausência de materiais que amortecem o recebimento dos frutos em cada etapa. Castro-Garcia et al. (2015) verificaram que danos causados pela colheita mecanizada de azeitonas podem ser 3,5 vezes maiores do que os danos causados pela colheita manual. Outro ponto é a limitação de capacidade de manipulação e rendimento desses equipamentos, o que tem sido relatado para a cultura da laranja. Diante das inovações tecnológicas, outro aspecto a ser levado em conta é o alto investimento dispensado frente à possibilidade de rápida obsolescência do maquinário. Por sua vez, problemas e situações excepcionais podem desfavorecer o uso de maquinários, como a ocorrência da doença do greening na Flórida (ROKA; HYMAN, 2012).

Existem alguns tipos de máquinas para colheita mecanizada, como a “trunk-shaker”, um agitador de troncos, que podem ser utilizados para azeitonas (CASTRO-GARCIA et al., 2015), pistaches (POLAT

et al., 2007) e pêssegos (ERDOGAN et al., 2003). Por sua vez, para azeitona destinada a processamento, máquinas para colheita, denominadas *Over-Row*, têm sido utilizadas, adaptadas da colheita de uva (PEZZI; CAPRARA, 2009), em especial para pomares de alta densidade. Em geral utiliza-se varas/varões de vibração para retirada dos frutos (CONNOR et al., 2014) Figura 6. Todavia, observa-se uma tendência nesta área, que é a colheita realizada no formato de túneis, ou seja, o equipamento sobre a planta. Para tanto, adaptações devem ser realizadas para diferentes culturas, com o cultivo de plantas menores, talhões em campo diferenciados, etc.



Figura 6. Máquina utilizada para colheita de laranjas utilizando varas/varões para retirada dos frutos.
Foto: Steven A. Sargent.

Várias hortaliças e folhosas com destino ao mercado fresco têm resistência suficiente para serem colhidas mecanicamente. Alguns exemplos incluem raízes e tubérculos como rabanete, cenoura e batata; e também algumas folhosas, como espinafre, em estágio inicial, conhecidas como “baby spinach”, Figuras 7 e 8.



Figura 7- Colheita mecânica de rabanete. Obs: a máquina separa a raiz da planta.
Vista frontal do equipamento.
Foto: Steven A. Sargent.



Figura 8- Colheita de espinafre em estágio inicial – baby spinach. Vista lateral do equipamento de colheita.
Foto: Steven A. Sargent.

3. Beneficiamento e classificação

O beneficiamento e classificação de frutas e hortaliças são etapas fundamentais, no sistema de produção de frutas e hortaliças, que podem ser realizadas de diferentes formas. De acordo com o produto a ser beneficiado, etapas podem ser adicionadas ou retiradas do fluxograma de funcionamento.

A limpeza dos frutos pode ser realizada utilizando água ou não. Algumas frutas e hortaliças são muito sensíveis ao contato com água, como o caqui e cebola, e não devem ser lavadas (FERREIRA, 2011). Todavia, para aquelas que aceitam a lavagem, esta pode ser realizada em campo, logo após a colheita, Figura 9. Outras como a batata, podem ou não ser lavadas, sendo que a lavagem pode minimizar o tempo de conservação do tubérculo, além do uso excessivo de água (FERREIRA; NETTO, 2007).



Figura 9. Uso de dois tanques de água sanitizada para lavagem e enxágue no campo.
Foto: Steven A. Sargent.

A classificação de muitas frutas e hortaliças pode ser realizada diretamente no campo. As razões para tanto são diversas, mas principalmente referem-se à sensibilidade do fruto ao manuseio. Um dos exemplos mais utilizados refere-se ao morango, Figura 10. Em geral a classificação é feita em campo, colocando-se o fruto diretamente em caixas a serem destinadas ao consumo. Esta classificação, apesar da diminuição na incidência no manuseio, pode não oferecer um processo de seleção e classificação eficiente. Desta forma, Ferreira et al. (2008) realizaram estudos em morangos indicando a sensibilidade dos frutos à força de compressão, realizada pela mão do colhedor (cultivar dependente), demonstrando maior incidência de injúria do que em frutos submetidos a impactos. Todavia, a ocorrência de danos físicos em frutos submetidos ao impacto em quedas pode aumentar em até 7 vezes o volume de injúria, quando se dobra a altura de queda.



Figura 10. Colheita manual, classificação e embalagem de morango em campo.
Foto: Steven A. Sargent.

As informações citadas auxiliam na tomada de decisões referente à escolha e determinação da forma mais adequada de beneficiamento e classificação. De forma geral, para a maioria das frutas e hortaliças, o beneficiamento e a classificação são realizados em unidades de beneficiamento. No projeto de uma planta beneficiadora, é fundamental que os aspectos higiênicos e de boas práticas sejam observados, Figura 11.



Figura 11. Local para limpeza e higienização das mãos em unidades de beneficiamento.
Foto: Steven A. Sargent.

Em geral, separam-se em área suja e limpa (FERREIRA, 2008), considerando-se área suja aquela onde o produto é recebido e inicialmente lavado ou escovado, e na sequência não ocorrerá mais sujidades externas, observando padrões de limpeza. Um fluxograma básico de beneficiamento de frutas e hortaliças, considerando as principais etapas, é mostrado na Figura 12: (1) recebimento; (2) seleção; (3) limpeza, incluindo lavagem e secagem; (4) aplicação de cera; (5) classificação; (6) embalagem; (7) resfriamento, que pode ocorrer antes e depois do resfriamento; (8) carregamento; (9) transporte; (10) consumidor. Todas essas etapas, descrição e principais aspectos estão descritos em Ferreira (2008, 2011), Ferreira e Ferrari (2008).



Figura 12. Fluxograma de funcionamento de uma unidade de beneficiamento de frutas e hortaliças. A etapa de resfriamento pode ocorrer antes ou depois da embalagem (FERREIRA, 2008).

Um grande desafio é como transferir o produto da caixa de campo para a linha de classificação. A descarga manual pode ser bem suave ou causar injúrias, de acordo com o funcionário, Figura 13.



Figura 13. Etapa de recebimento em linha de beneficiamento realizada manualmente.
Foto: Steven A. Sargent.

A introdução de uma esteira automática reduz a chance de causar danos, no mesmo tempo, reduzindo a mão de obra, Figura 14.



Figura 14. Etapa de recebimento realizada automaticamente em linhas de beneficiamento.
Foto: Steven A. Sargent.

O desenho da linha de classificação também é importante. Para minimizar a ocorrência de danos físicos, a linha deve ser em linha reta, com um mínimo de trocas de direção do produto. Os pontos de transferência entre componentes devem ser os mais planos possíveis para reduzir impactos. Na Figura 15 observa-se na linha de beneficiamento a etapa de lavagem.



Figura 15. Lavagem e enxágue de batatas na linha equipada com escovas giratórias em etapa anterior à secagem.
Foto: Steven A. Sargent.

3.1. Classificação

A classificação pode ser realizada de forma manual ou por meio de equipamentos. Estes podem ser definidos como sistema mecânico ou eletrônico (FERREIRA; FERRARI, 2008).

No sistema manual, trabalhadores são treinados de acordo com o padrão requerido para cada produto. O sistema manual é bastante eficiente, com refinamento na separação de cada classe. Contudo, o trabalho pode ser desgastante ao longo de sua jornada, uma vez que exige atenção contínua do classificador. O sistema mecânico caracteriza-se por princípios de separação por tamanho ou peso, os quais têm como princípio movimentos de fluxo com interação ao tamanho do fruto. Para tanto é comum a utilização de esteiras de lonas ou grades, roletes e taças (FERREIRA; FERRARI, 2008).

Por sua vez, o sistema eletrônico é baseado em câmeras e sensores que atuam em sistemas de visão computacional, principalmente para tamanho e cor (BROSNAN; SUN, 2002), que permitem a classificação com melhor eficiência (BLASCO; ALEIXOS; MOLTÓ, 2003). Segundo Brosnan e Sun (2002), a visão computacional refere-se à descrição de objetos por imagens adquiridas por um sensor e um computador com hardware e software dedicados, recebendo e interpretando imagens automaticamente. Um dos desafios é a detecção de defeitos externos. A utilização de câmeras multiespectrais, as quais adquirem imagens na faixa do visível e infravermelho, com específicos algoritmos, podem realizar esta tarefa de forma apropriada. A utilização de câmeras com outras faixas de leitura, do que RGB, podem incrementar a eficiência do sistema (ALEIXOS et al., 2002). Moreda et al. (2009) afirmam que, dependendo do sistema a ser utilizado, podem existir dúvidas em relação à eficiência de classificação realizada pelo eletrônico;

ou seja, dependendo da situação, o sistema mecânico pode realizar classificação tão ou com melhor eficiência que o eletrônico.

3.2. Classificação mecânica de frutos para pequenos produtores

Focados principalmente em servir grandes beneficiadoras, detecta-se no mercado nacional uma falta de equipamentos de classificação de frutas e hortaliças destinados a pequenos produtores. O classificador vertical compacto móvel de baixo custo a ser utilizado na classificação de frutas e hortaliças foi desenvolvido pela Embrapa Instrumentação, visando proporcionar melhor eficiência de classificação, com aumento da competitividade para pequenos produtores, Figura 16. O equipamento consiste de duas partes: Parte A, limpeza utilizando três grupos com três unidades cada de escovas de nylon, sendo duas escovas (1,00 m) em baixo e uma escova superior (0,82m), esta em helicóide; e parte B, classificação com um grupo de dois rolos de plástico (1,00m). A máquina possui 2.2 m altura e 1.6 m de comprimento. Ensaio comparando este sistema para incidência de impactos com o convencional indicaram que a classificação no equipamento compacto não afetou significativamente a qualidade. Este equipamento possui vantagens como a não utilização de água (CARMELO et al., 2015).



Figura 16. Classificador compacto vertical para frutas e hortaliças.
Foto: Luiza H. de M.Stalder.

4. Comentários e tendências

A colheita e o beneficiamento para frutas e hortaliças para mercado fresco ainda podem ser considerados um desafio, conforme apresentado neste capítulo, com vários avanços e modificações, com a melhoria da eficiência, em especial com a utilização de automação.

Uma tendência importante a ser ressaltada se refere ao desenvolvimento de novos sensores e biosensores, em especial para a colheita, mas também como beneficiamentos que podem contribuir para uma maior eficiência do sistema, como a identificação da firmeza de frutos, por meio de sensores embutidos

em luvas (AROCA et al., 2013); ou auxílio no reconhecimento de frutos por meio de câmeras em braços artificiais (FONT et al., 2014); e a detecção não destrutiva da qualidade do fruto. Trata-se de tecnologias promissoras, porém, ainda em fase inicial.

5. Conclusão

A colheita, beneficiamento e classificação de frutas e hortaliças, tanto para o mercado fresco, como para a indústria, necessitam de implementação de melhorias em todas as suas etapas.

Para a colheita, a tendência verificada é a substituição da mão de obra por sistemas automatizados, com a parcial ou total retirada da mão de obra da colheita. O beneficiamento e classificação contam com a aplicação de tecnologias e estão em fase mais avançada de automatização, contudo, direcionados principalmente para grandes produtores. Para o pequeno e médio produtor, ainda é identificado uma falta de equipamentos para atender este setor.

Referências

- AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. 21a ed. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2016. p 246-247.
- ALEIXOS, N.; BLASCO, J.; NAVARRÓN, F.; MOLTÓ, E. Multispectral inspection of citrus in real-time using machine vision and digital signal processors. **Computers and Electronics in Agriculture**. 2002. Disponível em: <[http://doi.org/10.1016/S0168-1699\(02\)00002-9](http://doi.org/10.1016/S0168-1699(02)00002-9)>. Acesso em: 15 maio 2017.
- AROCA, R. V.; GOMES, R. B.; DANTAS, R. R.; CALBO, A. G.; GONÇALVES, L. M. A wearable mobile sensor platform to assist fruit grading. **Sensors**. v.13, n. 5, p. 6109-6140, 2013. Doi:10.3390/s130506109.
- BAC, C. W.; VAN HENTEN, E. J.; HEMMING, J.; EDAN, Y. Harvesting Robots for High-value Crops: State-of-the-art Review and Challenges Ahead. **Journal of Field Robotics**. 2014. Disponível em: <<http://doi.org/10.1002/rob.21525>>. Acesso em: 18 jun. 2017.
- BLASCO, J.; ALEIXOS, N.; MOLTÓ, E. Machine vision system for automatic quality grading of fruit. **Biosystems Engineering**. 2003. Disponível em: <[http://doi.org/10.1016/S1537-5110\(03\)00088-6](http://doi.org/10.1016/S1537-5110(03)00088-6)>. Acesso em: 16 maio 2017.
- BRECHT, J. K; SARGENT, S. A.. Bell Pepper Bruising Increases with Lower Temperature and Higher Turgidity. **Florida State Hort. Soc.**, p. 256-259, 2011.
- BROSNAN, T.; SUN, D. W. Improving quality inspection of food products by computer vision - A review. **Journal of Food Engineering**. 2004. Disponível em: <[http://doi.org/10.1016/S0260-8774\(03\)00183-3](http://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00183-3)>. Acesso em: 26 jun. 2017.
- BROSNAN, T.; SUN, D. W. Inspection and grading of agricultural and food products by computer vision systems - A review. **Computers and Electronics in Agriculture**. 2002. Disponível em: <[http://doi.org/10.1016/S0168-1699\(02\)00101-1](http://doi.org/10.1016/S0168-1699(02)00101-1)>. Acesso em: 25 maio 2017.
- CALBO, A. G. Fisiologia dos danos mecânicos em frutas e hortaliças. In: FERREIRA, Marcos David. (Org.). **Colheita e beneficiamento de frutas e hortaliças**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2008. p.129-144.
- CARMELO, L. G. P.; BECARO, A. A.; FERREIRA, M. D. ; CALBO, A. G.. Portable flow board for storage of fruits and vegetables in mini-chambers with controlled atmosphere. **Engenharia Agrícola (Online)**, v. 35, p. 1105-1116, 2015.
- CASTRO-GARCIA, S.; CASTILLO-RUIZ, F. J.; JIMENEZ-JIMENEZ, F.; GIL-RIBES, J. A.; BLANCO-ROLDAN, G. L.. Suitability of spanish “manzanilla” table olive orchards for trunk shaker harvesting. **Biosystems Engineering**. 2015. Disponível em: <<http://doi.org/10.1016/j.biosystem-seng.2014.11.012>>. Acesso em: 18 jun. 2017.
- CHITARRA MIF; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2a ed. Lavras: UFLA. 2005. p. 785.
- CONNOR, D. J.; GOMEZ-DEL-CAMPO, M.; ROUSSEAU, M. C.; SEARLES, P. S.. Structure, management and productivity of hedgerow olive orchards: A review. **Scientia Horticulturae**. 2014. Disponível em: <<http://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.02.010>>. Acesso em: 14 maio 2017.

COSTA, S. E. A.; CAMAROTTO, J.A. An ergonomics approach to citrus harvest mechanization. **Work**, v. 41, p. 5027-5032, 2012.

DEBOLI, R.; CALVO, A.; PRETI, C.; INSERILLO, M. Design and test of a device for acceleration reproducibility of hand held olive harvesters. **International Journal of Industrial Ergonomics**. 2014. Disponível em: < <http://doi.org/10.1016/j.ergon.2014.05.007>>. Acesso em: 18 jun. 2017.

ERDOGAN, D.; GUNER, M.; DURSUN, E.; GEZER, I.. Mechanical Harvesting of Apricots. **Biosystems Engineering**, p. 19-28, 2003

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

_____. Colheita, beneficiamento e classificação em frutas e hortaliças. In: FERREIRA, Marcos David. (Org.). **Tecnologias pós-colheita em frutas e hortaliças**. 1a ed. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2011. p. 99-115. v. 1,

FERREIRA, M. D; FERRARI, P. R. Classificação de frutas e hortaliças. In: FERREIRA, Marcos David. (Org.). **Colheita e beneficiamento de frutas e hortaliças**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2008. p. 67-73.

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

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

FERREIRA, M. D; SARGENT, S. A.; BRECHT, J. K.; CHANDLER, C. K.. Strawberry fruit resistance to simulated handling. **Scientia Agricola**, v. 65, n.5, p. 490-495, 2008.

FONT, D.; PALLEJÀ, T.; TRESANCHEZ, M., RUNCAN, D.; MORENO, J.; MARTÍNEZ, D.; PALACÍN, J. A proposal for automatic fruit harvesting by combining a low cost stereovision camera and a robotic arm. **Sensors**, p. 11557-11579, 2014.

KADER, A. A.. **Fruit maturity, ripening, and quality relationships**. Leuven, Belgium: Acta Horticulturae. International Society for Horticultural Science (ISHS), 1999. p. 203–208.

MIRANDA, M. ; SPRICIGO, P. C. ; FERREIRA, M. D. . Mechanical damage during harvest and loading affect orange postharvest quality. **Engenharia Agrícola** (Online), v. 35, p. 154-162, 2015.

MITCHELL, F.; MAXIE, E.C.; GREATHE, A.S. **Handling strawberries for fresh market**. Davis: University of California, 1964. 16 p.

MORETTI, C. L.; MATTOS, M. L. Boas práticas agrícolas na pós-colheita de hortaliças. In: FERREIRA, Marcos David. (Org.). **Colheita e beneficiamento de frutas e hortaliças**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2008. p. 107-116.

MOREDA, G. P.; ORTIZ-CAÑAVATE, J.; GARCÍA-RAMOS, F. J.; RUIZ-ALTISENT, M. Non-destructive technologies for fruit and vegetable size determination - A review. **Journal of Food Engineering**. 2009. Disponível em: <<http://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.11.004>>. Acesso em: 10 maio 2017.

PEZZI, F., CAPRARA, C. Mechanical grape harvesting: Investigation of the transmission of vibrations. **Biosystems Engineering**. 2009. Disponível em: <<http://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2009.04.002>>. Acesso em: 23 jun. 2017.

POLAT, R.; GEZER, I.; GUNER, M.; DURSUN, E.; ERDOGAN, D.; BILIM, H. C. Mechanical harvesting of pistachio nuts. **Journal of Food Engineering**, v. 79, p. 1131-1135, 2007.

PRUSSIA, S. E. Ergonomics of manual harvesting. **Applied Ergonomics**, v.16, p. 209-215, 1985.

ROKA, F.M.; HYMAN, B. R. Mechanical Harvesting of Sweet Oranges for Juice Processing. **Acta Horticulturae**, v. 965, p. 241-244, 2012.

SANDERS, K. F. Orange Harvesting Systems: Review. **Biosystems Engineering**, v. 90, p. 115-125, 2005.

SARIG, Y. Mechanical Harvesting of Fruit – Past Achievements, Current Status and Future Prospects. **Acta Horticulturae**, v. 965, p. 163-170, 2012.