

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Dimensionamento de embalagens
para comercialização de hortaliças e frutas no Brasil

Rita de Fátima Alves Luengo

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

2005

**Rita de Fátima Alves Luengo
Engenheiro Agrônomo**

**Dimensionamento de embalagens
para comercialização de hortaliças e frutas no Brasil**

**Orientador:
Prof. Dr. ANGELO PEDRO JACOMINO**

**Tese apresentada para obtenção do título de Doutor
em Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia**

**Piracicaba
2005**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Luengo, Rita de Fátima Alves

Dimensionamento de embalagens para comercialização de hortaliças e frutas no Brasil / Rita de Fátima Alves Luengo. - - Piracicaba, 2005.
75 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2005.
Bibliografia.

1. Comércio agrícola 2. Embalagem de alimento 3. Frutas 4. Hortaliças
5. Logística (administração) 6. Perdas agrícola 7. Pós-colheita I. Título

CDD 338.175

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

Dedicatória

Para minha família: Ramón, Augusto e Carolina. Meus pais Albino (*in memoriam*) e Leide, meus irmãos, cunhados, sobrinhos e sobrinhos-netos.

Para você, leitor, que buscou este documento.

Com carinho, dedico.

Rita de Fátima Alves Luengo

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas que me estimularam a fazer o curso de Doutorado e àquelas que trabalharam comigo para concretizá-lo, de forma especial à minha família: Ramón, Augusto, Carolina; meu orientador: Dr. Angelo Pedro Jacomino; meu Conselheiro Acadêmico da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa, Dr. Adonai Gimenez Calbo.

Agradeço a oportunidade de treinamento concedida pela Embrapa Hortaliças, empresa para a qual trabalho e, mais que isso, acredito.

Agradeço à Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” por ter me aceito como estudante.

Agradeço finalmente a você, leitor(a), que por algum motivo interessou-se por este trabalho e consulta-o neste momento.

A todos, muito obrigado!

“Os que madrugam no ler convém madrugarem também no pensar. Vulgar é ler, raro o refletir. O saber não está na ciência alheia, que se absorve, mas principalmente, nas idéias próprias, que se geram dos conhecimentos absorvidos, mediante a transmutação por que passam no espírito que os assimila. Um sabedor não é um armário de sabedoria armazenada, mas transformador reflexivo de aquisições digeridas.”

Rui Barbosa, *Jornal das Letras*, Rio de Janeiro

SUMÁRIO

RESUMO	8
ABSTRACT.....	9
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABELAS	12
1 INTRODUÇÃO.....	13
Referências.....	14
2 DETERMINAÇÃO DA ALTURA MÁXIMA DE EMBALAGENS ATRAVÉS DA AVALIAÇÃO DA COMPRESSÃO EM PRODUTOS HORTÍCOLAS.....	16
Resumo.....	16
Abstract.....	16
2.1 Introdução	17
2.2 Desenvolvimento	20
2.3 Conclusão	27
Referências.....	27
3 ALTURA DE EMBALAGEM PARA COMERCIALIZAÇÃO E DEFORMAÇÕES PLÁSTICAS E ELÁSTICAS DE ALFACE, COUVE E PIMENTÃO.....	29
Resumo.....	29
Abstract.....	30
3.1 Introdução	30
3.2 Desenvolvimento	32
3.3 Conclusão	43
Referências.....	44
4 QUANTIFICAÇÃO DA COMPRESSÃO DE TOMATE EM FUNÇÃO DO FECHAMENTO DA CAIXA DE MADEIRA TIPO “K”	46
Resumo.....	46
Abstract.....	46
4.1 Introdução	47
4.2 Desenvolvimento	48

4.3 Conclusão	56
Referências.....	56
5 DENSIDADE APARENTE E DIMENSÕES DE EMBALAGENS PARA COMERCIALIZAÇÃO DE HORTALIÇAS E FRUTAS NO BRASIL.....	59
Resumo.....	59
Abstract.....	59
5.1 Introdução	60
5.2 Desenvolvimento	63
5.3 Conclusão	74
Referências.....	74

RESUMO

Dimensionamento de embalagens para comercialização de hortaliças e frutas no Brasil

O elevado índice de perdas pós-colheita que ocorre no Brasil impede que 20 a 30 % das hortaliças e frutas produzidas e que saem do campo cheguem ao consumidor final. Embalagens adequadas para a comercialização podem contribuir para reduzir essas perdas. Buscou-se neste trabalho dimensionar embalagens para comercialização das principais espécies de hortaliças e frutas comercializadas no Brasil, considerando-se a proteção da carga, quanto a danos mecânicos, o atendimento à legislação brasileira, a adequação de logística e o atendimento a critérios ergonômicos para proteger a saúde do operador. Calculou-se a altura potencial de embalagens para as principais hortaliças e frutas de formato arredondado, em sua maioria. A definição da altura baseou-se na compressão que cada produto pode suportar sem que ocorram danos mecânicos, altura esta estimada a partir de medidas efetuadas com a técnica de aplanção. Depois foi calculada a altura para embalagens de hortaliças folhosas com metodologia apropriada ao formato e comercialização em maços ou planta inteira. A mesma metodologia foi usada para pimentão, hortaliça igualmente deformável devido à proeminência do vazio de sua cavidade locular. O cálculo da altura máxima potencial foi a primeira dimensão das embalagens. Para a definição do comprimento e largura consideraram-se a legislação brasileira, com medidas externas paletizáveis e a otimização de frete e transporte, com conteúdos de produto preferencialmente entre 15 e 20 kg. A determinação da densidade aparente de cada uma das frutas ou hortaliças nas embalagens foi necessária para este dimensionamento. Houve desenvolvimento de metodologias específicas para alcançar o objetivo proposto, como os métodos para determinação das alturas potenciais de embalagens para frutas e hortaliças arredondadas e para hortaliças folhosas, e da balança hidrostática acoplada à embalagem, que permite medir a pressão a que os frutos ficam sujeitos com o fechamento da caixa. Além de métodos e conhecimentos biomecânicos, foram propostos novos modelos de embalagens para comercialização de hortaliças e frutas, gerando uma família de caixas constituída de tamanhos. Estes modelos possuem medidas externas de 50 cm de comprimento, 30 ou 60 cm de largura e 17,5; 23 ou 35 cm de altura. Este número reduzido de modelos é valioso para as necessidades logísticas de embalagens que se encaixem entre si, e para facilitar a composição de paletes mistos, muito freqüentes na comercialização de frutas e hortaliças no Brasil e em outros países.

Palavras-chave: perdas pós-colheita, logística, *Lycopersicum esculentum*, *Solanum tuberosum*, *Musa sp.*, *Citrus sinensis*, *Malus*.

ABSTRACT

Package dimensioning for fruits and vegetables commercialization in Brazil

Fruits and vegetables post-harvest losses levels of 20 to 30% occur in Brazil. Correct packages for fruits and vegetables commercialization can contribute to reduce these losses. The purpose of this work was to dimension packages for the main fruits and vegetables commercialized in Brazil, considering mechanical injuries protection, Brazilian package horticultural laws, logistic and worker health constraints. Initially, there were obtained the maximum allowable pile height for several horticultural products, using the flattening method and the firmometer to measure the organ turgor dependent firmness. After that, it was defined the commercialization leafy vegetables package height based on compression, with another methodology. Considering Brazilian laws, worker health constraints and transport optimization, packages have the length and width defined to accommodate 15 to 20 kg of product each ones. Apparent density determination for each fruit or vegetable was necessary for this dimensioning. Besides new methodology and biomechanical knowledge, it was proposed the dimensioning of new packages for the main fruits and vegetables commercialized in Brazil, a package family, with four different sizes. These models have external measures of 50 cm length, width 30 or 60 cm, and height 17.5, 23 or 35 cm. The reduced number of different packages is important for logistics purposes, in order the boxes can be used in homogeneous mixed pallets, which are common in fruits and vegetables commercialization retailers in Brazil and other countries.

Keywords: post-harvest losses, logistic, *Lycopersicum esculentum*, *Solanum tuberosum*, *Musa* sp., *Citrus sinensis*, *Malus*.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Medida de compressão realizada com o aparelho firmômetro em abobrinha.22
- Figura 2 - Medida de compressão realizada com a técnica de aplanção em maçã.....22
- Figura 3 - Placa de isopor para marcação do ponto de referência e registro da variação da altura da embalagem35
- Figura 4 - Aplicação de força correspondente ao dobro do peso da carga contida na embalagem35
- Figura 5 - Caixa de vidro com couve 'Manteiga'36
- Figura 6 - Medida da variação da altura da embalagem com couve 'Manteiga' com paquímetro digital36
- Figura 7 - Caixa de vidro com pimentão 'Magali' submetido à aplicação de força correspondente ao dobro do peso carga da embalagem.....38
- Figura 8 - Medida da variação da altura da embalagem de pimentão 'Magali' com paquímetro digital38
- Figura 9 - Redução percentual da altura da alface 'Verônica' contida no interior da embalagem em relação à altura total da embalagem devido à aplicação de força equivalente ao dobro do conteúdo interno da embalagem. Após 60 minutos a compressão foi removida. As barras representam o erro padrão da média de 4 repetições40
- Figura 10 - Redução percentual da altura de couve 'Manteiga' contida no interior da embalagem em relação à altura total da embalagem devido à aplicação de força equivalente ao dobro do peso contido na embalagem. Após 60 minutos a compressão foi removida. As barras representam o erro padrão da média de 4 repetições42
- Figura 11 - Redução percentual da altura de pimentão 'Magali' contido no interior da embalagem em relação à altura total da embalagem devido à aplicação de força equivalente ao dobro do peso contido na embalagem. Após 60 minutos a compressão foi removida. As barras representam o erro padrão da média de 4 repetições43

Figura 12 - Esquema da balança hidrostática operada a volume constante	51
Figura 13 - Equipamento construído para medir a pressão a que os frutos estão sujeitos em embalagem tipo “k”	52
Figura 14 - Compressão em tomates acondicionados em caixa k sem e com tampa....	55
Figura 15 - Compressão em tomates acondicionados em caixa k com tampa e tendência de distribuição dos dados.....	56
Figura 16 - Planta de embalagens com medidas externas sub-múltiplas do pálete padrão brasileiro (1,00 m X 1,20 m).....	67

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Firmeza (kgf.cm^{-2}) medida em hortaliças e frutas com a técnica de aplanção e firmômetro e seus respectivos erros padrões da média (%), densidades aparentes e alturas potenciais calculadas das embalagens de produtos. Brasília, Embrapa Hortaliças, 2003.....26
- Tabela 2 - Dimensões internas de embalagens usadas para hortaliças e frutas em 2004, massa, volume e densidade aparente da fruta ou hortaliça.....69
- Tabela 3 - Estimativa da quantidade (kg) das principais hortaliças e frutas acondicionadas nos modelos de caixa Embrapa, com base na densidade aparente de cada produto.....70
- Tabela 4 – Recomendação de uso dos modelos de embalagens dimensionados para comercialização de hortaliças e frutas.....73

1 INTRODUÇÃO

A preocupação humana com embalagens começou com a origem do homem, para guardar principalmente água e comida, utilizando-se de crânios e chifres, ossos de animais, conchas marinhas, frutos duros de plantas para tal (BANZATO; MOURA, 1997). Esse cuidado aumentou com o início da Agricultura, cerca de 10.000 anos atrás, depois na época da revolução industrial e tem evoluído com o progresso da humanidade.

Embalagens adequadas podem contribuir para diminuir o elevado índice de perdas pós-colheita que ocorrem no Brasil, que impede que 20 a 30 % das hortaliças e frutas produzidas e que saem do campo cheguem ao consumidor final.

Dentre as causas de perdas pós-colheita de hortaliças e frutas no país, as mais importantes são o manuseio e uso de embalagens inadequadas e os conseqüentes danos mecânicos infringidos ao produto. As embalagens mais usadas atualmente são de madeira áspera e reutilizadas sem higienização, com medidas externas não paletizáveis. As conseqüências para os produtos acondicionados são danos mecânicos, possibilidade de contaminação de doenças e inadequação para carga ou descarga mecanizada. Estes problemas podem ser diminuídos com o emprego de embalagens adequadas.

A quantidade de frutas produzidas no Brasil em 2000 foi de 39.428.000 toneladas (MENDES et al. 2002) e de hortaliças 14.944.175 toneladas (EMBRAPA HORTALIÇAS, 2002). Assumindo-se que uma embalagem acomode em média 15 Kg de produto, o mercado potencial de embalagens no Brasil, considerando mercado interno e exportação, é de aproximadamente 3,6 bilhões unidades de embalagens por ano. Sabendo-se que existem embalagens retornáveis e não retornáveis e assumindo-se que cada embalagem seja utilizada 100 vezes, o que é um número elevado na maioria das aplicações, então haveria necessidade de 36 milhões de embalagens por ano para atender a esta demanda.

A legislação brasileira sobre embalagens para produtos hortícolas encontra-se em fase de importantes mudanças, que envolvem novas embalagens com medidas

externas paletizáveis (BRASIL, 2002), razão pela qual os usuários demandarão embalagens que atendam às novas exigências legais. As embalagens desenvolvidas como produto deste projeto possuirão, entre outras vantagens técnicas, medidas externas paletizáveis.

Para dimensionar embalagens adequadas é necessário conhecer a altura de empilhamento que os produtos suportem sem que haja, principalmente, danos mecânicos. Existem diferentes tipos de danos mecânicos. Os amassamentos são muito comuns e podem levar à ocorrência de deformações elásticas, que se recuperam com o tempo, ou deformações plásticas, que não se recuperam com o tempo. Visando diminuir o custo de transporte, deve-se acomodar a maior quantidade possível de produto na mesma embalagem, preservando a carga. Para produtos hortícolas, cargas com 15 a 20 kg otimizam o custo de frete. Como as embalagens são usadas na colheita, transporte e comercialização do produto, normalmente existem pessoas movimentando as caixas, deve-se portanto, considerar a saúde do operador do ponto de vista ergonômico. De acordo com a legislação brasileira, este peso não deve ser superior a 20 kg (BRASIL, 1943).

O objetivo deste trabalho foi dimensionar embalagens para comercialização das principais espécies de hortaliças e frutas comercializadas no Brasil considerando-se a proteção da carga, quanto a danos mecânicos, o atendimento à legislação brasileira, a adequação de logística e o atendimento a critérios ergonômicos para proteger a saúde do operador.

Referências

BANZATO, J.M.; MOURA, R.A. **Embalagem, unitização e containerização**. 2.ed. São Paulo:IMAM, 1997. v.3. 354 p.

BRASIL. Instrução Normativa n. 009, de 12 de novembro de 2002. Embalagens de produtos hortícolas. **Diário Oficial**, Brasília, 12 nov. 2002.

BRASIL. **Consolidação das leis do trabalho**. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1943. 262 p.

EMBRAPA HORTALIÇAS. **Hortaliças em números**. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br>. Acesso em: 16 ago. 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA**: horticultura. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em 14 abr. 2003.

MENDES, M.; TIMOSSI, A. J.; HARADA, E. Frutas: rentabilidade e desempenho recente. In: FNP CONSULTORIA & AGROINFORMATIVO. **Agrianual 2002**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo, 2002. p. 22-26.

2 DETERMINAÇÃO DA ALTURA MÁXIMA DE EMBALAGENS ATRAVÉS DA AVALIAÇÃO DA COMPRESSÃO EM PRODUTOS HORTÍCOLAS

Resumo

Embalagens adequadas podem contribuir para reduzir perdas pós-colheita de produtos hortícolas. O objetivo deste trabalho foi determinar a altura máxima para embalagens de frutas e hortaliças, através da medição da compressão por dois métodos baseados na pressão de turgescência dos produtos hortícolas. As medidas de compressão foram realizadas na região equatorial dos produtos. Estabeleceu-se 5% de área do produto amassada em contato com o fundo da caixa como limite máximo de deformação do produto que não causa perda para a aceitabilidade comercial. Para o cálculo da altura da embalagem que causa esta deformação, considerou-se o peso do produto e as acelerações de impacto observadas durante o transporte. A altura da embalagem, associada a outras características será utilizada para o dimensionamento de uma família de tipos de caixas, para o transporte e armazenamento paletizado de frutas e hortaliças no Brasil. A técnica de aplanação e o firmômetro geraram resultados similares entre si para tomate, batata, cebola, cenoura, chuchu, pimentão, inhame, jiló, batata-baroa, laranja, maçã, limão, pêra, uva para mesa, mamão, goiaba, ameixa e nectarina. Para produtos com superfície pouco regular, como abobrinha, maxixe, kiwi, pepino, vagem e quiabo apenas o firmômetro foi capaz de avaliar a compressão, devido a seu princípio de funcionamento. A altura máxima potencial de embalagem das hortaliças e frutas estudadas pode ser calculada baseando-se na compressão dependente do turgor. As alturas máximas de embalagens baseadas na compressão de produtos hortícolas variaram de 21 cm, para banana 'Prata', até 546 cm, para cebola.

Palavras-chave: perdas pós-colheita, *Lycopersicum esculentum*, *Solanum tuberosum*, *Musa sp.*, *Citrus sinensis*, *Malus*.

Abstract

Compression in vegetables and fruits as the limit of the maximum allowable height in commercialization packages

Adequated package can contribute to reduce post-harvest losses in horticultural products. There were obtained the maximum allowable height for several horticultural products, using the flattening method and the firmometer to measure the organ turgor dependent compression. The flattening method and the firmometer generated similar results for tomato, potato, onion, carrot, chayote, bell pepper, yam, gilo, Peruvian carrot, radish, orange, apple, lemon, pear, grape, papaya, guava, plum and nectarine. Only the firmometer was able to measure the firmness of zucchini, kiwi, gherkin, cucumber, okra and green beans, because of their less regular surface. Compression was measured in the equatorial part of these organs. It was assumed that 5% of the studied organ in contact with box base was the highest tolerated compression allowable during commercial use. To estimate the height that causes this deformation the product weight and the usual impact acceleration, encountered during the transportation, were considered. These information along with specific product characteristics are being used to dimension a new box family, for palletized transport and commercialization of fruits and vegetables in Brazil. The conclusion of this work is that the maximum allowable pile height for vegetables and fruits studied can be estimated based on organ turgor dependent compression. Package maximum height based on horticultural products compression varied from 21 cm, for 'Prata' banana, until 546 cm, for onion.

Keywords: post-harvest losses, *Lycopersicum esculentum*, *Solanum tuberosum*, *Musa* sp., *Citrus sinensis*, *Malus*.

2.1 Introdução

Um dos desafios no segmento hortícola é melhorar a rentabilidade do produtor rural no processo de comercialização de sua produção (JUNQUEIRA; LUENGO, 2000; VILELA; MACEDO, 2000), momento em que ocorrem perdas pós-colheita elevadas. Parte importante no processo de comercialização são os canais de distribuição de frutas e hortaliças, onde ainda predominam as centrais de

abastecimento, ou Ceasas, mas com uma participação relativa crescente e forte dos supermercados como equipamentos de distribuição de frutas e hortaliças (ACCARINI et al., 2000a). Esta tendência de participação significativa do varejo na distribuição de frutas e hortaliças tem conseqüências diretas para os produtores, como a necessidade de embalar melhor sua produção e a preocupação não só com a quantidade, mas também com a qualidade do que é produzido (ACCARINI et al., 2000b). A maioria das embalagens utilizadas na comercialização de frutas e hortaliças foi adaptada de outros usos, principalmente do transporte de peças para automóveis e carne. Busca-se, atualmente, desenvolver embalagens para produtos perecíveis vivos, com necessidades próprias de proteção. É neste cenário que se insere o tema embalagens para hortaliças e frutas no Brasil.

Para a escolha de embalagens deve-se considerar a quantidade de produto, número de camadas e tipo de material, visando acomodar o vegetal sem danificá-lo (CHITARRA; CHITARRA, 1990). De maneira geral, as injúrias mecânicas que stressam o vegetal, causam aumento da produção de etileno e distúrbios relativos à compartimentação celular. Há ainda aumento na taxa respiratória e na velocidade de deterioração e redução da vida pós-colheita do vegetal que foi submetido à injúria mecânica. Os danos mecânicos, além de prejudicarem a aparência do produto, diretamente, diminuindo o seu valor comercial, constituem-se na principal via de penetração de agentes patogênicos, que causam a deterioração do produto.

A caixa "K", assim denominada devido ao transporte de querosene na segunda guerra mundial, é ainda hoje, 60 anos depois, a mais usada. Embalagens específicas e tecnicadas são necessárias (ARDITO; CASTRO, 1988). De acordo com o trabalho de Topel (1981) a caixa K resiste, em média, a 5 utilizações, dependendo dos cuidados no manuseio e do tipo de madeira. O tomate, por exemplo, é suscetível a danos mecânicos, necessitando da embalagem adequada para sua proteção. Os frutos são muito afetados pela compressão e impactos sofridos durante o transporte (WILLS et al., 1982). Durante o transporte do tomate existe o efeito da movimentação tangencial, isto é, contato direto entre frutos próximos na embalagem e entre estes e as paredes das embalagens, que podem resultar em injúrias de amassamento e/ou ferimentos nos frutos quando a superfície da caixa é áspera (BORDIN, 1998). Soares et al. (1994)

mediram injúrias mecânicas em tomates acondicionados em caixa K e relataram que houve aumento de 47% nas marcas de abrasões nos frutos que tiveram contato direto com a superfície áspera das ripas de madeira da caixa. Moura (1995) avaliou a percentagem de danos mecânicos causados a tomates embalados em caixa K e verificou que os danos mecânicos atingiram 11% dos frutos acondicionados nas caixas e ocorreram principalmente durante o fechamento das caixas, enquanto os frutos são comprimidos e feridos pelo contato com as frestas nas laterais da caixa. Moretti *et al.* (1998) estudaram o efeito de injúrias mecânicas sobre a qualidade de tomates, ao nível de tecidos internos separados do fruto injuriado. Os tecidos pericárpico, locular e placentário foram afetados distintamente pela injúria mecânica, havendo reduções significativas de carotenóides, vitamina C e ácidos orgânicos em relação aos tecidos não injuriados.

A força de compressão pode ser representada pela medida da firmeza dependente da turgescência celular do vegetal e é um critério útil para definir o componente altura da embalagem. Como se pode constatar em trabalhos de revisões como as de Nachtigal (1994) e Steudle (1994) a pressão de turgescência nunca foi utilizada para determinar a altura de embalagens. Esta informação de diferentes produtos, associada a outras características, deverá ser utilizada para o trabalho de dimensionamento uma família com poucos tipos de caixas para o transporte e o armazenamento paletizado de frutas e hortaliças no Brasil. A comercialização em número reduzido de modelos de embalagens tem grande valor logístico para facilitar as transações e diminuir os custos associados à produção e administração das próprias embalagens.

O objetivo deste trabalho foi determinar a altura máxima para embalagens de frutas e hortaliças, através de dois métodos que medem a compressão com base na pressão de turgescência celular.

2.2 Desenvolvimento

Material e métodos

As hortaliças e frutas consideradas para o desenvolvimento deste trabalho foram aquelas que apresentam o maior volume comercializado, segundo dados do IBGE (2003). Sendo assim, foram utilizados os seguintes produtos: abacate verde, abobrinha 'Italiana', ameixa verde, banana 'Prata' verde, batata, cebola, cenoura 'Brasília', chuchu, goiaba meio madura, jiló, inhame, kiwi verde, laranja 'Pêra', limão 'Tahiti', maçã 'Fuji', mamão Papaya verde, mandioquinha-salsa, manga 'Tommy Atkins' verde, maxixe, nectarina verde, pepino caipira, pêra 'Willians' verde, pêssego 'Doce Mel' verde, quiabo, tomate meio maduro, uva 'Itália', vagem.

Os produtos foram adquiridos em uma loja de varejo de produtos hortícolas de Brasília-DF no dia de compra das mercadorias do atacado, para que os produtos fossem o mais fresco possível, uma vez que o frescor está relacionado diretamente à turgescência celular. A seleção do material experimental ocorreu com base em produtos sadios, sem defeitos, como sintomas de doenças ou pragas ou danos mecânicos. O tamanho e o estágio de maturação foram os mais representativos das espécies e variedades utilizadas.

Diante da diversidade varietal de cada uma das espécies estudadas, foram utilizadas amostras das variedades mais consumidas, tais como laranja 'Pêra', maçã 'Fuji', cenoura 'Brasília', e assim por diante. Para produtos adquiridos no varejo sem indicação da variedade foi registrada somente a espécie. Apesar de ser grande a probabilidade de haver diferenças entre cultivares da mesma espécie, neste trabalho o objetivo foi medir compressão em diferentes espécies, sem preocupação de detectar diferenças varietais que são muito menores e podem ser incluídas nas margens de segurança a serem consideradas.

A compressão dependente da turgescência celular foi medida com a técnica de aplanção (CALBO; NERY, 1995) e com o aparelho denominado firmômetro, desenvolvido por José Dalton Cruz Pessoa, pesquisador Embrapa Instrumentação

Agropecuária, e ainda não publicado. Estes métodos geram medidas de compressão dependentes da pressão de turgescência.

Na técnica de aplanação a compressão é obtida dividindo-se o peso da ponta de prova (P) pela área amassada. Na técnica do firmômetro divide-se a força medida no equipamento pela área da ponta de prova. No caso do firmômetro a área amassada é fixa e depende da fabricação do aparelho.

As equações utilizadas no cálculo da compressão, para os dois métodos, são demonstradas a seguir.

$$C=P/A \quad (1)$$

C = compressão (kgf.cm⁻²)

P = peso da ponta de prova (kg)

Técnica de aplanação: $C=P/A \rightarrow C=1,094 \text{ kgf}/(p(d_1 \cdot d_2)/4)$, onde:

d_1 = diâmetro maior da área aplanada

d_2 = diâmetro menor da área aplanada

Técnica firmômetro: $C=P/A \rightarrow C = ((x - b) \cdot c)/(p \cdot (d)^2/4)$, sendo:

x = leitura da compressão da hortaliça ou fruta (kgf.cm⁻²)

b = branco, ou seja, a leitura com força zero (valor registrado no multímetro antes da aplicação da força para comprimir a hortaliça ou fruta)

c = fator de calibração. Trata-se da inclinação na curva entre força aplicada e leitura x

d = diâmetro da ponta de prova circular = 0,472 cm

$$C = ((x - b) \cdot 1,037051) / 0,1711997$$

A compressão foi medida na região de maior diâmetro, normalmente na região equatorial dos produtos. Para a cebola, especificamente, as medidas foram feitas retirando-se os catáfilos externos secos e usando-se placa com peso maior para a medida de aplanação, porque as nervuras são rígidas. Para abobrinha, kiwi, pepino, vagem, quiabo e maxixe houve dificuldade na formação da elipse medida na técnica de



Figura 1 – Medida de compressão realizada com o aparelho firmômetro em abobrinha

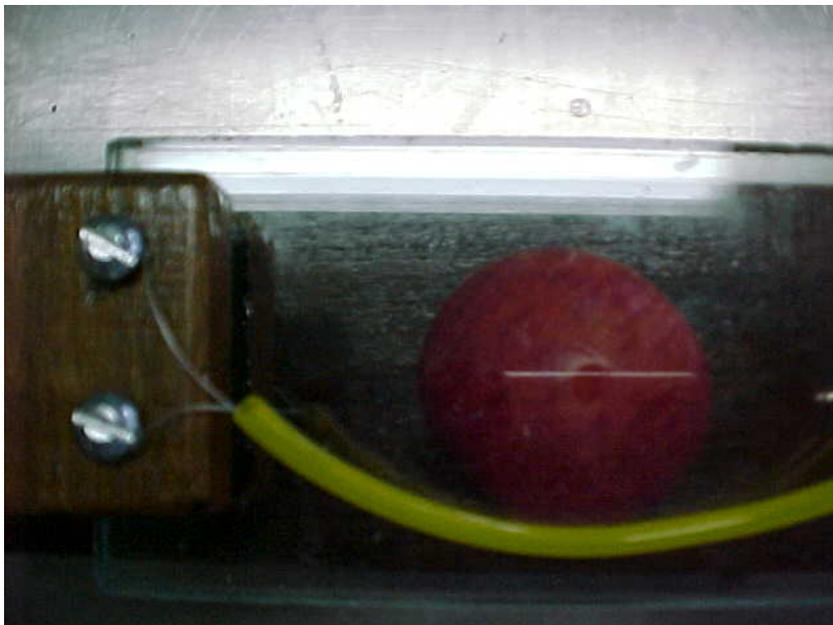


Figura 2 – Medida de compressão realizada com a técnica de aplanção em maçã

aplanação, por isso os dados não foram considerados. Para a uva 'Itália' foram medidas cinco bagas de cada cacho, escolhidas ao acaso, devido à dificuldade de usar a técnica no cacho inteiro. A análise estatística dos dados foi realizada através do erro padrão da média (5%), calculado para cada uma das espécies estudadas. Cada hortaliça ou fruta foi considerada uma unidade experimental ou parcela dentre 10 repetições utilizadas para cada espécie.

Com base nestas medidas de compressão e considerando-se que o limite tolerável da superfície dos órgãos amassados contra a base da caixa seja 5%, a altura máxima potencial foi dada por:

$$H = 0,05 \times C \times 1000 / (2 \times d) \quad (2)$$

Onde:

H = altura da embalagem (cm);

C = compressão medida (kgf.cm^{-2});

d = densidade aparente do produto na embalagem.

A densidade aparente foi calculada dividindo-se a massa do produto por seu volume na embalagem. O número 0,05 corresponde a 5% da área amassada. A opção de usar o valor 5% foi derivada da Lei de Weber & Flechner, citada em Amorim (1998), na qual a partir de 5% da área do produto com sintoma de doença a visibilidade do dano começa a ser usada para preterir produtos no momento da compra. Embora seja usada para estudos fitopatológicos em produtos hortícolas, esse valor foi usado como referência para área amassada. O número 1000 é para converter pressão (kgf.cm^{-2}) em altura de coluna de água e o número 2 refere-se a duas vezes a aceleração da gravidade. A razão deste cuidado é que no manuseio e no transporte as embalagens são freqüentemente submetidas à aceleração de 2 a 3 vezes o valor da aceleração da gravidade (LUENGO et. al., 1997, MORETTI et. al., 2002). Para maior confiabilidade, o valor de C considerado foi o menor medido dentre os dois métodos. Simplificando, então, a altura da embalagem fica:

$$H = C \times 25 / d \quad (3)$$

Resultados e discussão

Para alguns produtos com a superfície mais irregular não foi possível estimar a área amassada com a fórmula da área da elipse e por isto, para estes produtos só foi possível determinar a compressão com o firmômetro. A similaridade dos resultados obtidos com a técnica de aplanção e com o firmômetro refletem que estes dois aparelhos, com modo de operação diferente, estão medindo a mesma propriedade, a pressão de turgescência celular (Tabela 1). O tratamento físico mais detalhado do significado destas medições encontra-se em Calbo; Calbo (1989) e Calbo; Nery (2001).

Os produtos avaliados foram adquiridos no ponto final de venda, menos hidratados em relação à condição de hidratação logo após a colheita. Por este motivo, os valores medidos são menores em relação ao produto recém-colhido. Produtos mais hidratados possuem firmeza maior e suportam altura de embalagem maior, portanto sob o ponto de vista de proteção de produto este é mais um fator de segurança incluído nos cálculos realizados.

A altura potencial calculada significa a capacidade da hortaliça ou fruta protegida de contatar no máximo 5% da superfície do produto com o fundo da caixa durante o transporte. Para isso além do peso do produto considerou-se a aceleração de impacto, típica durante o transporte (2g), como fator de segurança ao dimensionamento.

Na Tabela 1 estão os dados de densidade aparente e altura da embalagem. A densidade aparente da embalagem foi calculada para a embalagem mais usada atualmente. No caso da maçã a altura estimada é grande, porém os amassamentos são irreversíveis e a região amassada escurece, por isso é prudente usar altura menor. Pereira (1996) trabalhou com tomate e provou que existem deformações reversíveis e irreversíveis, mas esta informação não está ainda levantada para outros produtos. Observa-se que para alguns produtos, como cebola, cenoura, inhame, maxixe e vagem, a altura não é o fator limitante na definição da embalagem. Já para produtos mais delicados, como tomate e uva, a altura é o fator limitante. Alguns produtos, como

mamão e goiaba, foram avaliados quando já estavam meio maduros, porém no transporte normalmente estão mais verdes e com resistência mecânica maior do que as medidas registradas na Tabela 1.

As alturas máximas de pilha para exposição comercial e outros usos é igual ao dobro destas alturas máximas potenciais para as embalagens de cada uma das frutas e hortaliças especificadas, pois em condições estáticas desconsidera-se a vibração de transporte. Por exemplo, a altura da embalagem para banana 'Prata' é 21 cm e a altura máxima de pilha para comercialização de banana 'Prata' em uma loja é 42 cm.

Produtos muito sensíveis, como é o caso do morango, ervilha verde, figo, acerola, caju, caqui, mostarda, pimenta e ervilha vagem não tiveram suas alturas calculadas, porque serão acomodados em embalagens secundárias pequenas e estas embalagens secundárias, por sua vez, serão acomodadas nas caixas padrão da família de embalagens a ser desenvolvida.

O conhecimento da altura potencial calculada foi a primeira variável a ser utilizada para estabelecer quais produtos deverão ser acondicionados em cada uma das caixas da família de embalagens com poucos modelos. O propósito é desenvolver a embalagem para acondicionar o produto, atendendo suas necessidades intrínsecas de proteção, principalmente contra danos mecânicos. As dimensões de comprimento e largura serão definidas em outro trabalho, levando-se em consideração a legislação brasileira, otimização de carga e ergonomia para o trabalho e a saúde do trabalhador.

Tabela 1 - Compressão (kgf.cm^{-2}) medida em hortaliças e frutas com a técnica de aplanção e firmômetro e seus respectivos erros padrões da média (%), densidades aparentes e alturas potenciais das embalagens de produtos. Brasília, Embrapa Hortaliças, 2003

Hortaliça ou fruta	Firmômetro (kgf.cm^{-2})	Erro padrão da média	Aplanção (kgf.cm^{-2})	Erro padrão da média	Densidade aparente	Altura potencial embala gem (cm)
Abacate verde	1,333	0,093	1,875	0,182	0,62	53
Abobrinha 'Italiana'	1,087	0,162	...	...	0,47	58
Ameixa verde	1,087	0,085	0,722	0,039	0,36	50
Banana 'Prata' verde	0,516	0,113	0,410	0,189	0,48	21
Batata	1,887	0,165	1,541	0,092	0,50	77
Cebola	3,307	0,107	3,844	0,289	0,15	546
Cenoura 'Brasília'	3,919	0,123	3,529	0,285	0,55	161
Chuchu	2,034	0,160	1,941	0,185	0,52	93
Goiaba (meio madura)	2,165	0,198	1,852	0,182	0,69	67
Jiló	0,818	0,126	0,965	0,067	0,42	48
Inhame	4,239	0,028	4,850	0,164	0,57	185
Kiwi verde	3,007	0,033	...	...	0,54	139
Laranja 'Pêra'	0,829	0,060	0,7189	0,078	0,50	36
Limão 'Tahiti'	1,489	0,079	1,362	0,091	0,50	68
Maçã 'Fuji'	3,280	0,136	3,822	0,301	0,45	183
Mamão Papaya (verde)	0,844	0,053	0,651	0,138	0,14	112
Mandioquinha-salsa	3,170	0,129	3,571	0,344	0,55	145
Manga 'Tommy Atkins' verde	1,930	0,983	1,684	0,958	0,57	73
Maxixe	3,498	0,121	...	...	0,40	224
Nectarina verde	1,338	0,053	1,121	0,473	0,36	77
Pepino caipira	1,760	0,012	...	...	0,52	84
Pêra 'Willians' verde	2,014	0,026	2,344	0,119	0,52	98
Pêssego 'Doce Mel' verde	0,744	0,097	0,607	0,286	0,59	26
Quiabo	0,761	0,096	...	...	0,35	55
Tomate (meio maduro)	0,644	0,057	0,630	0,026	0,55	29
Uva Itália	0,359	0,022	0,489	0,018	0,36	25
Vagem	2,631	0,019	...	...	0,42	156

2.3 Conclusão

A altura máxima potencial das embalagens para hortaliças e frutas estudadas pode ser calculada baseando-se na compressão, medida através da técnica de aplanção ou com o firmômetro. As alturas máximas de embalagens baseadas na compressão de produtos hortícolas variaram de 21 cm, para banana 'Prata', até 546 cm, para cebola.

Referências

ACCARINI, J.H.; MAZOCATO, M.A.; COSTA, O.G.P.; LUENGO, R.F.A. Hortícolas: modernização necessária. **Agroanalysis**, São Paulo, v.20, n.1, p.41-46, jan. 2000a.

ACCARINI, J.H.; MAZOCATO, M.A.; COSTA, O.G.P.; LUENGO, R.F.A. Hortícolas: ponto de estrangulamento. **Agroanalysis**, São Paulo, v.20, n.2, p.32-36, fev. 2000b.

AMORIM, L. Avaliação de doenças. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.). **Manual de Fitopatologia**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1995. p.647-671.

ARDITO, E.F.G.; CASTRO, J.V. de. Embalagens para frutas tropicais para mercado interno e externo, In: BLEINROTH, EW. **Tecnologia de pós colheita de frutas tropicais**. Campinas: ITAL, 1988. p.85-98. (Manual Técnico, 9).

BORDIN, M.R. Embalagem para frutas e hortaliças, In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM TECNOLOGIA DE RESFRIAMENTO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2.,1998,Campinas. Campinas: UNICAMP, 1998. p. 19-27.

CALBO, A.G.; NERY, A.A. Compression induced intercellular shaping for some geometric cellular lattices. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.44, n.1, p.41-48, 2001.

CALBO, A.G.; NERY, A.A. Medida de firmeza em hortaliças pela técnica de aplanção. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.12, n.1, p.14-18, 1995.

CHAIM, N.A. **Mudanças no abastecimento de frutas, legumes e verduras e o papel dos supermercados**. 1999.110p. Tese (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 1999.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL; FAEPE, 1990. 320 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA:** horticultura. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 14 abr. 2003.

JUNQUEIRA, A.H.; LUENGO, R.F.A. Mercados diferenciados de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, n.2, p.95-99, 2000.

LUENGO, R.F.A.; FURUYA, T.; SILVA, J.L.O. Embalagem ideal para o transporte do tomate 'Santa Clara'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.5, p.517-520, 1997.

MORETTI, C.L.; ARAUJO, A.L.; TEIXEIRA, J.M.; MARQUELLI, W.; SILVA, W.L.C. Monitoramento em tempo real das condições de transporte de melões (*Cucumis melo* L.) 'Golden Pride' (compact disc). **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.2, supl. 2, jul. 2002. Apresentado no CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 42., 2002, Uberlândia. 1 CD-ROM.

MORETTI, C.L.; SARGENT, S.; HUBER, D.J.; CALBO, G.; PUSCHMAN, 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**, Geneva, v.123, n.4, p.656-660, 1998.

MOURA, R. Danos mecânicos no tomate, pelo uso da caixa K. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 35., 1995, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Foz do Iguaçu: SOB, 1995. p.110.

NACHTIGAL, W. On the research history of plant biomechanics. **Biometrics**, Washington, v.2, n.2, p.87-107, 1994

PEREIRA, A.V. **Deformações em frutos de tomateiro sob compressão**. 1996. 37 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Universidade de Brasília, Brasília, 1996.

SOARES, G.; COREIA, T.B.S.; SARGENT, S.; ROBBS, C.F. **Perdas na qualidade do tomate na cadeia produtiva**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, CTAA, 1994. 7 p. (Relatório técnico).

STEUDLE, E. The regulation of plant water at the cell, tissue, and organ level: role of active processes and compartmentation. In: SCHULZE, E.D. (Ed.) **Flux control in biological systems**. San Diego: Academic Press, 1994. p. 237-299.

TOPEL, R.M.M. **Estudos de embalagens para produtos hortícolas: o caso da caixa K**. São Paulo: IEA, 1981. 29p. (IEA. Relatório de Pesquisa, 17/81).

VILELA, N.J.; MACEDO, M.M.C. Fluxo de poder no agronegócio: o caso das hortaliças. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, n.2, p. 88-94, 2000.

WILLS, R.B.H.; IEE, T.H.; GRAHAM, D.; McGLASSON, W.B.; HALL, E.G. **Postharvest**: an introduction to the physiology and handling of fruits and vegetables. 2nd ed. Westport: AVI; New South Wales University, 1982. 161p.

3 ALTURA DE EMBALAGEM PARA COMERCIALIZAÇÃO E DEFORMAÇÕES PLÁSTICAS E ELÁSTICAS DE ALFACE, COUVE E PIMENTÃO

Resumo

Existe uma máxima deformação que o produto túrgido pode sofrer sem que ocorram rachaduras e outros danos irreversíveis. Com esta hipótese, buscou-se neste trabalho determinar a altura da embalagem para comercialização, bem como as deformações plásticas e elásticas de alface, couve e pimentão. Para isto, primeiro se encontrou a menor altura que não causa rachaduras no pecíolo ou limbo das folhas recém-colhidas, para os casos de alface e couve, ou rachaduras no fruto, no caso do pimentão. Os tratamentos consistiram na aplicação de compressões equivalentes às alturas de 40, 80, 120 e 160 cm de produto. Para obter tais compressões foram usados sobrepesos equivalentes a múltiplos do peso da altura base da caixa de teste. Depois, para aferição, estudou-se a indução de deformação causada pela compressão no tempo, inclusive com a separação dos efeitos elástico e plástico. A embalagem recomendada teve a medida da altura máxima obtida nos ensaios de rachadura dividida por dois, para acomodar a ocorrência de acelerações de impacto no transporte e variações nos lotes de hortaliças folhosas para que não sofram relevante deformação plástica. A altura da embalagem para comercialização de hortaliças folhosas e pimentão pode ser de até 40 cm. A deformação plástica, que não se recupera, foi menor em pimentão, com 3,80%, e maior em couve, com 10,16%. A deformação elástica variou de 4,14% em pimentão até 8,17% em couve.

Palavras-chave: perdas pós-colheita, desenvolvimento de embalagem, *Lactuca saliva*, *Brassica oleraceae acephala*, *Capsicum annuum*

Abstract

Package height definition, plastic and elastic deformation for lettuce, cabbage and pepper commercial package

The purpose of this paper was to define the commercialization leafy vegetables package height based on compression. The hypothesis was that there is a maximum deformation that freshly harvested product can support without being subjected to cracking. After encountering the smallest height that does not cause cracking to freshly harvested green vegetables, the effect of equivalent loads on the leaf head plastic deformation and elastic recovery was followed. The recommended package height was half the minimum height obtained in the initial compression/cracking assay. This factor (0.5) accommodates transport induced accelerations and sample green vegetables firmness variability to assure small product deformation during transport and commercialization. The conclusion of this work is that a leaf vegetable package can be up to 40 cm high for commercial trade use. Plastic deformation was 3.80% in pepper and 10.16% in cabbage. Elastic deformation was 4.14% in pepper and 8.17% in cabbage.

Keywords: post-harvest losses, package development, *Lactuca saliva*, *Brassica oleraceae acephala*, *Capsicum annum*.

3.1 Introdução

As injúrias mecânicas podem ser definidas como deformações plásticas, rupturas superficiais e, em casos mais extremos, destruição de tecidos vegetais. São provocadas por forças externas, causando modificações físicas (danos físicos) ou alterações fisiológicas, químicas, e bioquímicas de cor, aroma, sabor e textura (MOHSENIN, 1970; HOLT & SCHOORL, 1982; CALBO et al., 1995; CASTRO, 2001).

As causas de injúrias mecânicas são consequência do manuseio físico inadequado dos produtos vegetais. Podem ser do tipo impacto, compressão, vibração, cortes, esfoladuras. A definição de cada um destes tipos encontra-se a seguir. Injúrias de impacto são deformações plásticas causadas por forças compressivas que atuam durante um curto período de tempo, enquanto a energia cinética é dissipada, podendo

causar rompimento celular, amassamento, encharcamento e aquecimento localizado. Compressão refere-se a deformações plásticas causadas por forças compressivas maiores que as toleradas pelo órgão vegetal, causando amassamento e, às vezes, aparência translúcida ao órgão. Vibração diz respeito a impactos infringidos repetidamente ao órgão vegetal, podendo causar esfoladuras e amassamentos. Cortes são cisalhamentos do órgão vegetal por ação de um objeto cortante. Esfoladuras são ferimentos superficiais do órgão vegetal, decorrentes do atrito contra uma base áspera (KAYS, 1991; PELEG, 1985; CALBO et al., 1995; WILLS et al., 1998).

Segundo dados estatísticos do IBGE (2004), as hortaliças folhosas incluem as seguintes espécies: agrião, alface, acelga, almeirão, brócolis, cebolinha, cheiro-verde, chicória, coentro, couve, couve-flor, espinafre, salsa, repolho, açafraão, aipo ou salsão, alcachofra, alho porró, aspargo, azedinha, bertalha, caruru, cogumelos comestíveis, hortelã, manjerona, mostarda e rúcula. De acordo com Filgueira (2000), hortaliças folhosas classificadas como herbáceas são aquelas cujas partes comerciáveis e utilizáveis na alimentação humana localizam-se acima do solo, sendo tenras e suculentas. Além das folhas (alface, repolho, taioba), hortaliças herbáceas contêm talos e hastes (aspargo, aipo, funcho) e flores ou inflorescências (couve-flor, brócolos, alcachofra). As espécies mais comercializadas no Brasil, acima de 9 mil toneladas anuais (IBGE, 2004), são agrião, alface, acelga, almeirão, brócolis, cebolinha, cheiro-verde, chicória, coentro, couve, couve-flor, espinafre, salsa e repolho.

A alface é classificada em cinco grupos: crespa, lisa, americana, romana e mimosa e dois sub-grupos: verde e roxa (CEAGESP 1998a). Segundo o Agrianual (2004), o volume de alface comercializado na Ceagesp, o principal entreposto do país, em 2003, foi de 13166 toneladas, sendo 6409 toneladas de alface crespa.

A firmeza de órgãos vegetais, como um fruto ou uma folha, é afetada por muitos fatores. O volume e o número de células, os tipos de tecidos (parênquima, colênquima e esclerênquima) e a relação entre volume intercelular e celular afetam a estrutura da planta (MOHSENIN, 1986). A elasticidade e rigidez do tecido da planta deve-se à parede celular, cujas propriedades derivam de microfibrilas de celulose e matriz amorfa de hemicelulose, pectinas e lignina. O conteúdo de água e turgidez das células também são importantes na rigidez dos tecidos (FALK et. al., 1958).

O método padrão para avaliação de firmeza de alface é o teste de compressão manual, em uma escala crescente de notas de zero a cinco (KADER et. al., 1973). Embora de simples aplicação, é subjetivo e requer treinamento. Schofield et. al. (2000) desenvolveram um método objetivo para medir firmeza em alfaces “de cabeça”, tipo “repolhudas”, que, entretanto, mostra-se ineficiente para espécies de alfaces “não repolhudas”, e que é bastante útil para associar firmeza da alface com ponto e decisão de colheita. Neste trabalho buscou-se medir a compressão de alface dentro da embalagem de comercialização, com foco na proteção do produto e não como subsídio de decisão de colheita.

Luengo et. al. (2003) utilizaram as metodologias de aplanação, aplanador e firmômetro, para determinar a altura da embalagem para comercialização de hortaliças e frutas, sendo que os produtos estudados eram órgãos vegetais com formato arredondado (frutos, raízes tuberosas, tubérculos, rizomas). Para hortaliças folhosas as metodologias de aplanação não são adequadas, devido à estrutura laminar e à disposição espacial das folhas, que as torna passíveis de rachadura principalmente nas nervuras. Por isso, para hortaliças folhosas utilizou-se da máxima altura que não causa rachadura no pecíolo e a seguir aplicou-se um método de estudo mais sensível com o qual se observaram as deformações elásticas e plásticas com auxílio de uma embalagem de prova, com o qual se observou a deformação da alface sob a placa de aplicação de força de acordo com os pesos de prova adicionados.

O objetivo deste trabalho foi determinar a altura máxima da embalagem para comercialização e transporte de alface, couve e pimentão com base na compressão, bem como as deformações plásticas e elásticas.

3.2 Desenvolvimento

Material e métodos

Utilizaram-se dos conceitos de deformação elástica e plástica (Levitt, 1980), nos quais deformação elástica é aquela reversível e que é praticamente independente do tempo, como em uma mola. A deformação plástica, por outro lado, é aquela que aumenta com a força aplicada e com a duração do ensaio. A deformação elástica foi

estimada através da recuperação da altura das hortaliças folhosas na embalagem e a deformação plástica permanente foi uma estimativa como resíduo permanente da perda de altura do produto na embalagem após a recuperação elástica de seu volume. Neste trabalho foram realizados experimentos com alface, couve e pimentão.

Experimentos com alface

Para este trabalho foi escolhida a cultivar de alface Verônica, do grupo crespa, por ser representativa na produção do Brasil. A colheita foi feita no Núcleo Rural Vargem Bonita, próximo a Brasília-DF, no final da tarde. Foram selecionados aproximadamente 150 pés de alface sem defeitos. Foram considerados defeitos os pés de alface com folhas amarelas ou com sintomas de doenças e com danos mecânicos. Todos os pés de alface a serem utilizados foram armazenados em galpão coberto, à temperatura ambiente, até a manhã do dia seguinte, quando foram transportados até o Laboratório de Pós-Colheita da Embrapa Hortaliças, onde foram realizados os ensaios. Estes procedimentos tiveram por objetivo simular aqueles adotados comercialmente, onde a colheita se dá no final da tarde e a comercialização na manhã do dia seguinte.

Os estudos para a determinação da altura máxima da embalagem envolveram a aplicação de diferentes estresses que foram aplicados em uma caixa de prova feita em vidro transparente de 10 mm de espessura com as seguintes dimensões: 60 cm de comprimento, 50 cm de largura e 40 cm de altura (Figura 3). Os tratamentos consistiram na aplicação de compressões equivalentes às alturas de 40, 80, 120 e 160 cm de coluna de alface. Para obter tais compressões foram colocados pesos adicionais sobre uma placa de vidro de 39,5 cm por 59,5 cm ou sobre uma placa de isopor (Figura 3) de mesmas dimensões e de massa desprezível, no caso da simulação da altura de 40 cm.

Num primeiro ensaio estudou-se o efeito das alturas de embalagem sobre a ocorrência de rachadura nas nervuras e no limbo das folhas de alface e de couve, e rachadura no fruto, no caso do pimentão. Num segundo ensaio, estudou-se o efeito das alturas de embalagem sobre as deformações plásticas e elásticas.

Para determinar as deformações plásticas e elásticas as alfaces foram submetidas ao estresse equivalente ao de uma embalagem com 80 cm de altura. Após uma hora de ensaio, o peso correspondente a uma altura de embalagem de 40 cm foi removido para se observar a recuperação elástica das dimensões das cabeças da alface. Estas determinações foram anotadas a intervalos de cinco minutos. A medida da mudança na altura da embalagem foi realizada com um paquímetro digital, e os resultados das deformações expressos em porcentagem da altura inicial.

Foram realizados quatro ensaios para cada situação, constituindo as quatro repetições. A análise estatística usada foi descritiva, com registro dos erros padrões da média nos gráficos.

Experimentos com couve

A cultivar de couve utilizada foi Manteiga, por ser aquela produzida e comercializada em maior quantidade no país. A metodologia usada foi a mesma descrita para a alface. A colheita ocorreu no Núcleo Rural Vargem Bonita, próximo a Brasília-DF, após as 16 horas. Foram selecionados aproximadamente 300 maços comerciais de couve, com sete a dez folhas de couve cada um. Os maços utilizados foram colocados em caixas de plástico e armazenados em galpão coberto, à temperatura ambiente, até a manhã do dia seguinte, quando foram transportados até o Laboratório de Pós-Colheita da Embrapa Hortaliças, onde foram feitos os ensaios. Estes procedimentos adotados tiveram por objetivo simular aqueles adotados comercialmente, onde a colheita se dá no final da tarde e a comercialização na manhã do dia seguinte.



Figura 3 - Placa de isopor para marcação do ponto de referência e registro da variação da altura da embalagem



Figura 4 - Aplicação de força correspondente ao dobro do peso da carga contida na embalagem

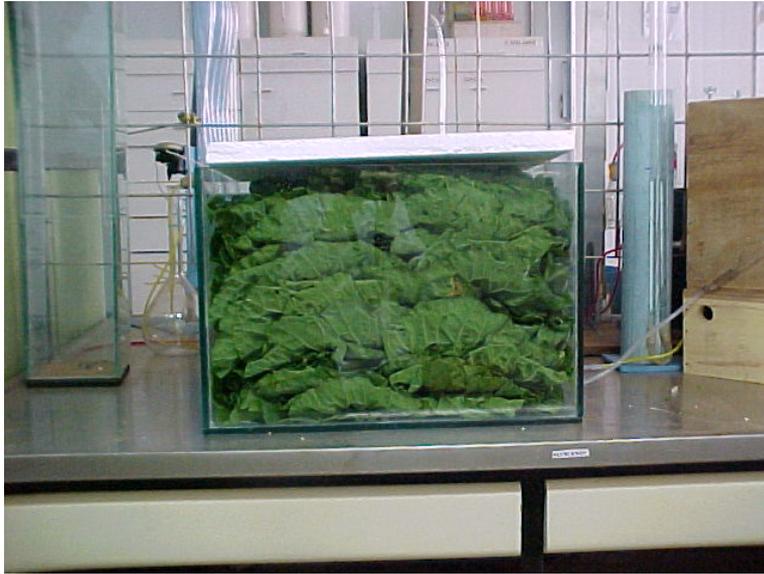


Figura 5 - Caixa de vidro com couve 'Manteiga'



Figura 6 - Medida da variação da altura da embalagem com couve 'Manteiga' com paquímetro digital

Experimentos com pimentão

De acordo com CEAGESP (1998b) o pimentão pode ser classificado em três grupos: retangular, quadrado e cônico, e seis sub-grupos: vermelho, amarelo, laranja, verde, creme e roxo. A cultivar de pimentão utilizada nestes ensaios foi Magali, do tipo retangular, por ser a mais cultivada atualmente no país. Utilizaram-se pimentões no estádio verde (Figura 7), colhidos no início da manhã no Núcleo Rural Vargem Bonita, no Distrito Federal, e transportados para o Laboratório de Pós-Colheita da Embrapa Hortaliças, onde foram realizados os experimentos. Das oito caixas colhidas foram selecionados frutos de tamanho médio, sem defeitos, como sintoma de doença ou praga, ou danos mecânicos. Os frutos selecionados foram usados para encher as quatro repetições da caixa de prova feita em vidro transparente especialmente para este ensaio. A metodologia usada foi a mesma descrita para a alface (Figura 8).

Resultados e discussão

Alface

No ensaio realizado para observar a ocorrência de rachadura nas nervuras das folhas de alface, verificou-se que as compressões correspondentes às alturas de 120 e 160 cm provocam rachaduras nas folhas de alface, e, portanto, não são adequadas para proteger o produto. Quando a altura da embalagem foi de 80 cm não houve rachadura nas folhas de alface e, portanto, esta é uma altura de embalagem que protege a carga, de acordo com a hipótese desta pesquisa..

Do ponto de vista operacional, 80 cm é uma altura muito grande para uma embalagem, mas, como neste trabalho a altura aceitável na embalagem seria no máximo metade da carga estática suportada pelo órgão, porque no manuseio e no transporte as embalagens são freqüentemente submetidas à aceleração de 2 vezes o valor da aceleração da gravidade, então, os 80 cm passam a 40 cm de altura de embalagem. Nestes ensaios com duração de 4 horas observou-se que as maiores variações da altura da alface na embalagem ocorreram na primeira hora, por isso considerou-se 60 minutos para a apresentação dos dados.



Figura 7 - Caixa de vidro com pimentão 'Magali' submetido à aplicação de força correspondente ao dobro do peso da carga da embalagem



Figura 8 - Medida da variação da altura da embalagem de pimentão 'Magali' com paquímetro digital

Na apresentação da deformação da alface como percentual de variação da altura em relação à altura total da embalagem, observa-se que a máxima estimativa de deformação total (plástica + elástica) registrada após o período de 60 minutos foi de 11,64%. A maior variação na altura após a aplicação da força foi registrada nos primeiros cinco minutos, e depois diminuiu proporcionalmente em relação ao tempo até uma hora (Figura 9). A recuperação elástica que ocorreu após a remoção do peso de prova aos 60 minutos de ensaio foi de 4,23%, do que se infere que durante uma hora de estresse houve uma deformação plástica das cabeças de alface de 7,41%. Da mesma forma, a recuperação da compressão das folhas de alface foi maior nos primeiros cinco minutos após a retirada do sobrepeso.

Embora não haja outros ensaios com alface usando esta metodologia para fazer a comparação dos valores encontrados, pode-se analisar que a deformação plástica de 7,41% é pequena, não interferindo na aparência da embalagem a ponto de considerá-la pouco cheia, ou sub-utilizada, porque é comum que a altura da carga contida na embalagem diminua após o transporte da lavoura até o local de comercialização, devido à acomodação da carga. Esta acomodação ocorre em função da vibração a qual a carga está sujeita. E este espaço vazio que fica na parte superior da caixa é útil para facilitar o arejamento da carga após o empilhamento com outra embalagem, durante o transporte e armazenamento.

Couve

No experimento feito com o objetivo de testar as alturas de embalagem 40, 80, 120 e 160 cm em relação à rachadura de folhas de couve, observou-se que as alturas de 120 e 160 cm provocam rachaduras nas folhas de couve e, portanto, são inadequadas para a proteção da carga, de acordo com a hipótese da pesquisa.

Na altura de 80 cm não foram observadas rachaduras nas folhas de couve, e, portanto, esta é uma altura adequada para proteção do vegetal. Cabe lembrar que está sendo considerado o uso da embalagem não só em condições estáticas, como realizado experimentalmente, mas também durante o transporte, em movimento, e, por isso, a altura aceitável na embalagem seria no máximo metade da carga estática

suportada pelo órgão. Isto porque no manuseio e no transporte as embalagens são freqüentemente submetidas à aceleração de 2 vezes o valor da aceleração da gravidade, então, os 80 cm passam a 40 cm de altura de embalagem. Nestes ensaios com duração de 4 horas observou-se que as maiores variações da altura da alface na embalagem ocorreram na primeira hora, por isso a apresentação dos dados considerou 60 minutos.

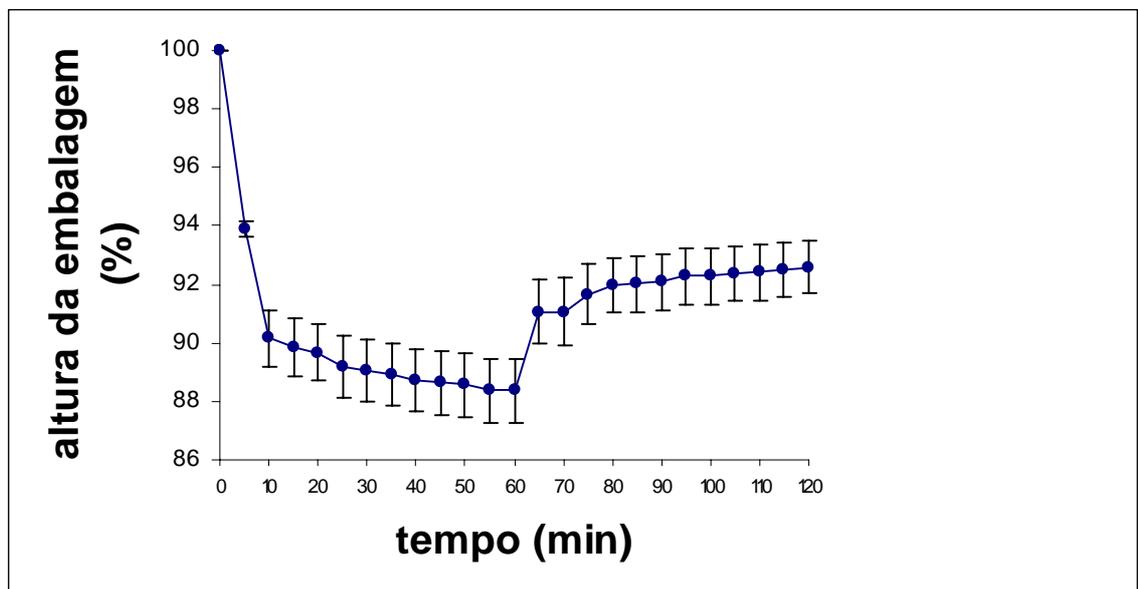


Figura 9 - Redução percentual da altura da alface 'Verônica' contida no interior da embalagem em relação à altura total da embalagem devido à aplicação de força equivalente ao dobro da carga da embalagem. Após 60 minutos a compressão foi removida. As barras representam o erro padrão da média de 4 repetições

Com a transformação dos dados coletados em percentuais de variação da altura da pilha de couve em relação à altura total da embalagem, observa-se que a máxima estimativa de deformação plástica registrada após o período de 60 minutos foi de 10,16%. A maior variação na altura da embalagem após a aplicação da força foi registrada nos primeiros cinco minutos, diminuindo proporcionalmente em relação ao final do período medido. Da mesma forma, a recuperação da compressão das folhas de couve foi maior nos primeiros cinco minutos após a retirada do sobrepeso. A deformação total, isto é, plástica mais elástica, foi de 19,33% após uma hora de

compressão com o dobro do peso da carga, e a deformação elástica foi de 8,17% (Figura 10).

Em relação à alface, estudada com a mesma metodologia, observa-se que a deformação da couve foi maior. A explicação para este fato pode ser por causa da comercialização da couve em maços, que, embora dispostos na caixa em sentidos opostos alternados, deixa espaços livres entre as camadas do produto, que se reduzem com a colocação do peso extra durante uma hora.

Embora não haja outros ensaios com couve usando esta metodologia para fazer a comparação dos valores encontrados, pode-se verificar que a deformação plástica de 10,16% da couve já deve estar bem próxima do limite de interferência na aparência da embalagem. Mas, este espaço vazio que fica na parte superior da caixa é útil para facilitar o arejamento da carga após o empilhamento com outra embalagem, durante o transporte e armazenamento.

Espécies como a couve, terão suas alturas de embalagens limitadas pelo peso da embalagem quando cheia, que não deverá ser superior a 20 Kg por razões ergonômicas (BRASIL, 1943), de acordo com as condições de contorno do projeto de pesquisa a que este trabalho está vinculado. Então, neste caso, a altura não será o fator decisivo ou limitante no dimensionamento da embalagem de couve, mas sim seu peso final.

Pimentão

A razão de incluir pimentão juntamente com hortaliças folhosas foi o fato de possuir um grande espaço interno oco, o que o torna passível de rachadura, à semelhança das folhas túrgidas.

No experimento considerando a altura da embalagem e rachadura dos pimentões, observou-se que alturas de 120 e 160 cm causam rachaduras nos frutos e foram, portanto, inadequadas, pois não protegem a carga. A altura de 80 cm não causou rachadura de pimentões e foi considerada adequada. Embora operacionalmente exagerada, a altura de 80 cm se reduz a 40 cm considerando-se a aceleração da gravidade de 2 g durante o transporte. Como as embalagens dimensionadas neste

trabalho também serão usadas durante o transporte da carga, conclui-se que a altura da embalagem pode ser de até 40 cm. Nestes ensaios com duração de 4 horas observou-se que as maiores variações da altura da couve na embalagem ocorreram na primeira hora, por isso a apresentação dos dados considerou 60 minutos.

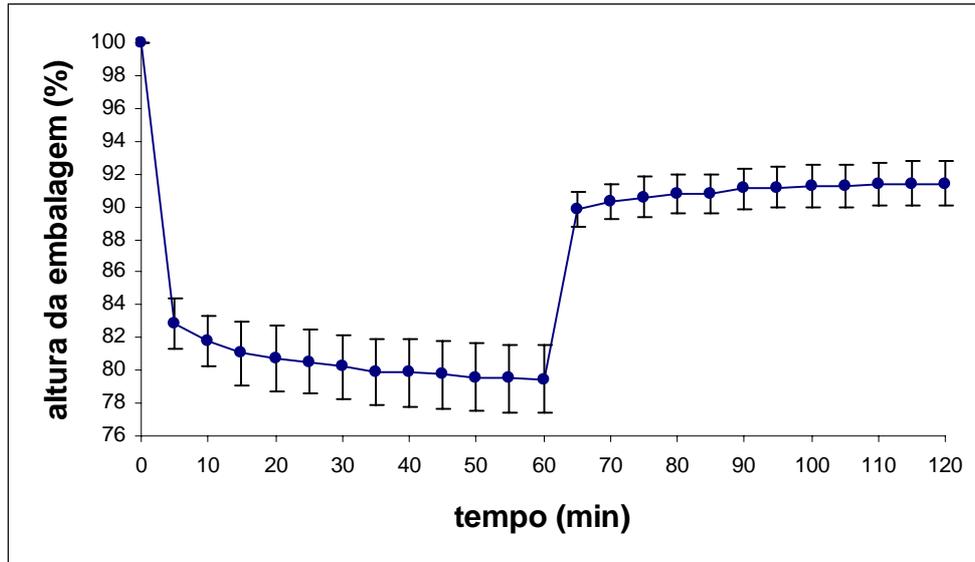


Figura 10 - Redução percentual da altura da carga de couve 'Manteiga' contida no interior da embalagem, em relação à altura total da embalagem em função da aplicação de força equivalente ao dobro do peso da carga. Após 60 minutos a compressão foi removida. As barras representam o erro padrão da média de 4 repetições

Com a transformação dos dados coletados em percentuais de variação da altura de coluna de pimentão em relação à altura total da embalagem, observa-se que a máxima estimativa de deformação plástica registrada após o período de 60 minutos foi de 3,86% e que, portanto, a embalagem é adequada para proteger a integridade física da hortaliça nela acondicionada. A maior variação na altura da embalagem após a aplicação da força foi registrada nos primeiros cinco minutos, diminuindo em relação ao final do período medido. Da mesma forma, a recuperação da compressão do pimentão foi maior nos primeiros cinco minutos após a retirada do sobrepeso. A deformação total foi de 8,00%, após 60 minutos de observação com o sobrepeso, e a deformação elástica foi de 4,14% (Figura 11).

Comparando com a alface, estudada com a mesma metodologia, observa-se que a deformação plástica, irreversível, do pimentão foi menor que a da alface. Já a deformação elástica foi similar à da alface e a deformação total do pimentão foi menor que a da alface. A explicação para este fato pode ser por causa do tamanho unitário menor do pimentão em relação à alface, que permite melhor acomodação das unidades após a colocação do peso correspondente ao dobro do peso da carga durante uma hora e resulta em menor deformação plástica.

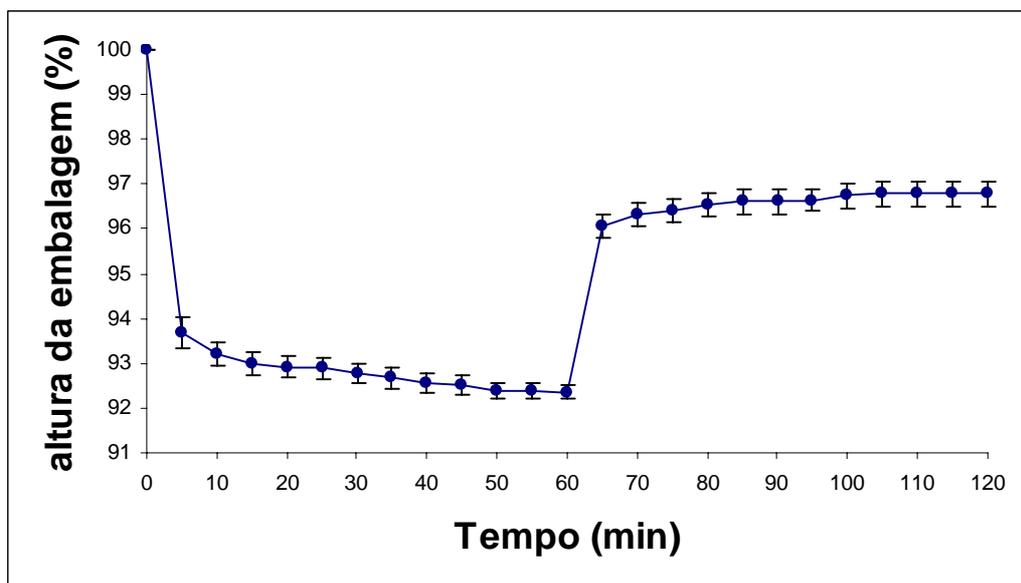


Figura 11 - Redução percentual da altura de pimentão 'Magali' contido no interior da embalagem em relação à altura total da embalagem devido à aplicação de força equivalente ao dobro do peso contido na embalagem. Após 60 minutos a compressão foi removida. As barras representam o erro padrão da média de 4 repetições

3.3 Conclusão

A altura máxima da embalagem para comercialização e transporte de alface, couve e pimentão, com base na compressão, pode ser de até 40 cm, podendo esta informação ser útil para o desenvolvimento de embalagens adequadas para hortaliças folhosas. A deformação plástica, que não se recupera, foi menor em pimentão, com 3,80%, e maior em couve, com 10,16%. A deformação elástica variou de 4,14% em pimentão até 8,17% em couve.

Referências

BRASIL. **Consolidação das leis do trabalho**. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1943. 262 p.

CALBO, A.G.; NERY, A.A.; HERMANN, P.S.P. Intercellular deformation in compressed organs. **Annals of Botany**, Oxford, v.76, p. 365-370, 1995.

CASTRO, L.R.; CORTEZ, L.A.B.; ORGE, .T. Influência da embalagem no desenvolvimento de injúrias mecânicas em tomates. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.21, n.1, p.26-33, 2001.

COMPANHIA DE ENTREPOSTOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO. **Classificação de alface**. São Paulo, 1998a. 1 Folder.

COMPANHIA DE ENTREPOSTOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO. **Classificação de pimentão**. São Paulo, 1998b. 1 Folder.

FALK, S.; HERTZ, C. K.; VIRGIN, H.I. On the relation between turgor pressures and tissue rigidity. I. Experiments on resonance frequency and tissue rigidity. **Physiologia Plantarum**, Kobenhavn, v.11, p.802-817, 1958.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2000. 402 p.

FNP CONSULTORIA & AGROINFORMATIVOS. Alface: volume comercializado. In: _____ **AGRIANUAL 2004**: anuário da agricultura brasileira, São Paulo, 2004. p. 128-130.

HOLT, J.E.; SCHOORL, D. Mechanics of failure in fruits and vegetables. **Texture Studies**, v.13, p. 83-97, 1982.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA**: horticultura. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em 14 abr. 2003.

KADER, A.A.; LIPTON, W.J.; MORRIS, L.L. Systems for scoring quality of harvested lettuce. **HortScience**, St. Joseph, v.8, p. 408-409, 1973.

KAYS, S.J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 532 p.

LEVITT, J. **Responses of plants to environmental stresses**. chilling, freezing and high temperature stress. 2nd ed. New York: Academic Press, 1980. v.1, 497 p.

LUENGO, R.F.A.; CALBO, A.G.; JACOMINO, A. P.; PESSOA, J.D.C. Avaliação da compressão em hortaliças e frutas e seu emprego na determinação do limite físico da altura da embalagem de comercialização. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n.4, p.704-707, dez. 2003.

MOHSENIN, N.N. **Physical properties of plant and animal materials**. New York: Gordon and Breach, Science Publishers, 1970. v.1, 530 p.

MOHSENIN, N.N. **Physical properties of plant and animal materials**. 2nd ed. New York: Gordon and Breach, Science Publishers, 1986. 891 p.

PELEG, K. **Produce handling, packing and distribution**. Westport: AVI Publishing, 1985. 625 p.

SCHOFIELD, R.A.; DEELL, J.R.; MURR, D.P. Objective method for measuring firmness of iceberg lettuce. **HortScience**, St. Joseph, v.35, n.5, p.894-897, 2000.

WILLS, R.B.H; McGLASSON, W.B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. **Postharvest**: an introduction to the physiology and handling of fruits, vegetables and ornamentals. Sidney: CAB International, 1998. 262 p.

4 QUANTIFICAÇÃO DA COMPRESSÃO DE TOMATE EM FUNÇÃO DO FECHAMENTO DA CAIXA DE MADEIRA TIPO “K”

Resumo

Caixas de madeira do tipo “K” são as mais utilizadas na comercialização de tomate de mesa no Brasil. O objetivo deste trabalho foi quantificar a cinética de compressão de tomates em consequência do sistema de enchimento e fechamento da caixa de madeira tipo “k”. Para este estudo construiu-se uma embalagem cujo fundo é uma balança. Deste modo a pressão que os frutos sofrem no interior da caixa com e sem o fechamento da tampa foi registrada ao longo do tempo, com auxílio de um tubo manométrico. O fechamento da caixa aumentou, inicialmente, em 3,5 vezes a compressão e depois, com a deformação plástica dos frutos a compressão diminuiu para cerca de duas vezes em relação à compressão observada na caixa aberta. Portanto, as compressões observadas no fechamento da caixa comprimem os frutos de tomate, causando amassamento e até mesmo rachaduras. Estas têm sido observadas freqüentemente na pós-colheita deste e outros produtos e são causas primárias de enormes perdas.

Palavras-chave: firmeza, turgor, perdas pós-colheita, *Lycopersicum esculentum*.

Abstract

Tomato fruit compression induced by the package closure system

Wood box kind “K” are the most used in table tomato commercialization in Brazil. The purpose of this paper was to quantify the compression tomato fruits are exposed in consequence of the “k” package fill / closing system. For this study a special instrumented package with a balance plate its bottom was constructed. This instrument was then used to study the compression fruits as the package is filled and the compression increase caused by the addition of its closing wooden lid. The “k” package closing system caused an initial compression increase of 3,5 times the open package tomato fruit compression and during time as the fruits are substantially deformed this compression was reduced two about two times de initial reference value. The

consequence of this observed fruit compression is compatible with the fruit deformations and even cracks observed in the market, which are known to be relevant post harvest loss cause in the Brazilian tomato handling industry.

Keywords: firmness, post harvest losses, *Lycopersicum esculentum*.

4.1 Introdução

Caixas de madeira do tipo “K” são as mais utilizadas na comercialização de tomate de mesa no Brasil. Devido ao processo de acomodação dos frutos que ocorre durante o transporte desde o local de produção até o local de comercialização, os produtores enchem a caixa de tomate um pouco acima de sua capacidade física, e a fecham com ripas de madeira e pregos. Para evitar que as ripas rachem é comum mantê-las imersas em água antes do fechamento, para que fiquem mais flexíveis. Quando as embalagens são abertas, muitos frutos estão rachados ou amassados em parte significativa de sua área, e normalmente são descartados.

Trabalho da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo em 1995 encontrou perda pós-colheita de 34,04% em tomates da Ceagesp acondicionados em caixas ‘k’ tampadas. Deste total 14,92% eram decorrentes da embalagem inadequada. A embalagem adequada pode evitar perdas pós-colheita (Banzato, 2005).

De acordo com o Agriannual (2004), no ano de 2003 a produção brasileira de tomate foi de 3.443.767 toneladas, considerando-se tomate para indústria e para consumo *in natura*. Em 2003 foram comercializadas 116.675 toneladas de tomate na CEAGESP-SP, sendo 88.488 toneladas de tomate para mesa. A embalagem mais usada para tomate de mesa é a caixa ‘k’ tampada.

Ueno (1976) aferiu perdas em três mercados diferentes, feiras livres, supermercados e quitandas e justifica as diferenças encontradas em função principalmente do manuseio a que são submetidas as hortaliças. Assim, é fundamental propor mudanças na fase de manuseio pós-colheita para reduzir perdas. O manuseio adequado das hortaliças é a maneira mais efetiva e barata de preservar a qualidade e reduzir perdas pós-colheita (FAO/UNEP, 1978).

Há uma importante relação entre danos mecânicos e doenças que causam o apodrecimento de frutos na fase pós-colheita. Kelman (1984) argumenta que as injúrias funcionam como porta de entrada para fungos e bactérias e que este problema pode ser resolvido com o uso de embalagens adequadas. Sommer *et al.* (1992) afirmam que a contaminação de tomates durante o manuseio e transporte diminui a vida útil do produto, causando destruição de suas defesas naturais, como a cera natural. Ardito (1986) trabalhou com tomates ‘Santa Cruz’ em caixas de papelão e de madeira transportados por 100 Km e 500 Km de distância, em condições reais e de simulação de vibração em laboratório. As conclusões foram que não houve diferença significativa entre transporte em condição real e simulada para coloração, firmeza, teor de sólidos solúveis totais e injúrias mecânicas. Mas houve diferença significativa entre caixas de madeira e de papelão para injúrias mecânicas, sendo que caixas de madeira provocaram 50% e 100% mais injúrias mecânicas que papelão, para 100 e 500 Km, respectivamente. Segundo o autor, os danos maiores na caixa de madeira provavelmente foram devido ao atrito entre os frutos e destes com as superfícies das caixas.

O objetivo deste trabalho foi quantificar a compressão sofrida por tomates ‘Carmem’ embalados em caixa de madeira tipo “k”, com e sem tampa.

4.2 Desenvolvimento

Material e métodos

Na realização dos ensaios foram utilizados tomates ‘Carmem’ tipo salada, com base na classificação da CEAGESP (1998). Este estágio de maturação representa a maioria dos tomates comercializados no país. Utilizaram-se frutos de tamanho médio, sem defeitos, colhidos no Núcleo Rural Taquara, próximo a Brasília-DF, no dia anterior à realização dos ensaios. Considerou-se defeito sintoma de doença ou praga, dano mecânico, dano fisiológico. O excesso de produto colocado nas caixas, para que estas fiquem bem cheias após o fechamento, foi calculado com base no peso de produto nas repetições deste ensaio. Usou-se porcentagem em relação ao conteúdo da embalagem,

para conhecer a quantidade de tomates além da capacidade física da embalagem que são embalados.

Neste trabalho foram realizadas medidas de pressão em balança hidrostática operada a volume constante, com as quais se mediu a pressão a que os frutos ficam sujeitos dentro da caixa, de maneira análoga às aquelas usadas para medidas de pressão em células e raízes, descritas em trabalhos de revisões de Nachtigal (1994) e Steudle (1994).

Para estimar-se a compressão a que os frutos são sujeitos durante e após o fechamento da caixa K construiu-se uma caixa com as dimensões internas da caixa K e que continha na base uma balança para medir a força de compressão a que os frutos são sujeitos. Por uma questão de facilidade de construção optou-se por utilizar uma balança hidrostática, que é de baixo custo, fácil de dimensionar, fácil de construir, possui boa sensibilidade e é compatível com a necessidade de colocação no fundo da caixa.

A balança hidrostática contém um reservatório de água fechado por uma lâmina de alumínio plana de 0,2 mm de espessura. Sobre a lâmina de alumínio repousa o prato de vidro da balança. A leitura da balança é feita em um manômetro, constituído de uma pipeta graduada com água, cujo nível varia de acordo com a pressão exercida pela carga da embalagem sobre a balança. Esta balança apresenta curva de calibração linear para a relação peso e leitura no manômetro. A inclinação desta curva foi dada pela relação entre a área da base da caixa K e a área da placa de vidro em contato com a lâmina de alumínio da balança hidrostática.

Para fins de maximizar a sensibilidade da balança foi utilizado um manômetro de coluna de água em U (Figura 12). Para manter o volume de água no interior do reservatório constante foi aplicado ar com auxílio de seringas e a constância do volume de água foi verificado de acordo com o nível da água aferido na pipeta inclinada, ilustrada na Figura 12.

O fechamento da caixa foi feito com auxílio de parafuso e porca tipo borboleta, visto que não é possível pregar a caixa mais do que uma ou duas vezes. Para fins experimentais, o fechamento com o parafuso é mais fácil de controlar e não causa rachadura das ripas.

A pressão a que os frutos ficaram submetidos no interior da caixa, com e sem tampa, foi registrada no tempo através de colunas de água. O fator de correção obtido na calibração do equipamento foi utilizado para calcular as colunas corrigidas e a pressão a que os frutos foram submetidos. A altura equivalente de produto foi então calculada dividindo-se a coluna de água pela densidade aparente dos frutos do interior da caixa.

As curvas referentes à compressão dos frutos são resultados típicos e representativos de pelo menos três replicas com resultados muito parecidos. A análise estatística empregada foi descritiva, com registro dos dados em gráficos, e a comparação entre frutos com tampa e sem tampa foi feita com o teste *t* de Student.

A Figura 12 representa esquematicamente o sistema e a Figura 13 mostra o equipamento construído. O equipamento foi calibrado, testado e considerado adequado para aferição das medidas.

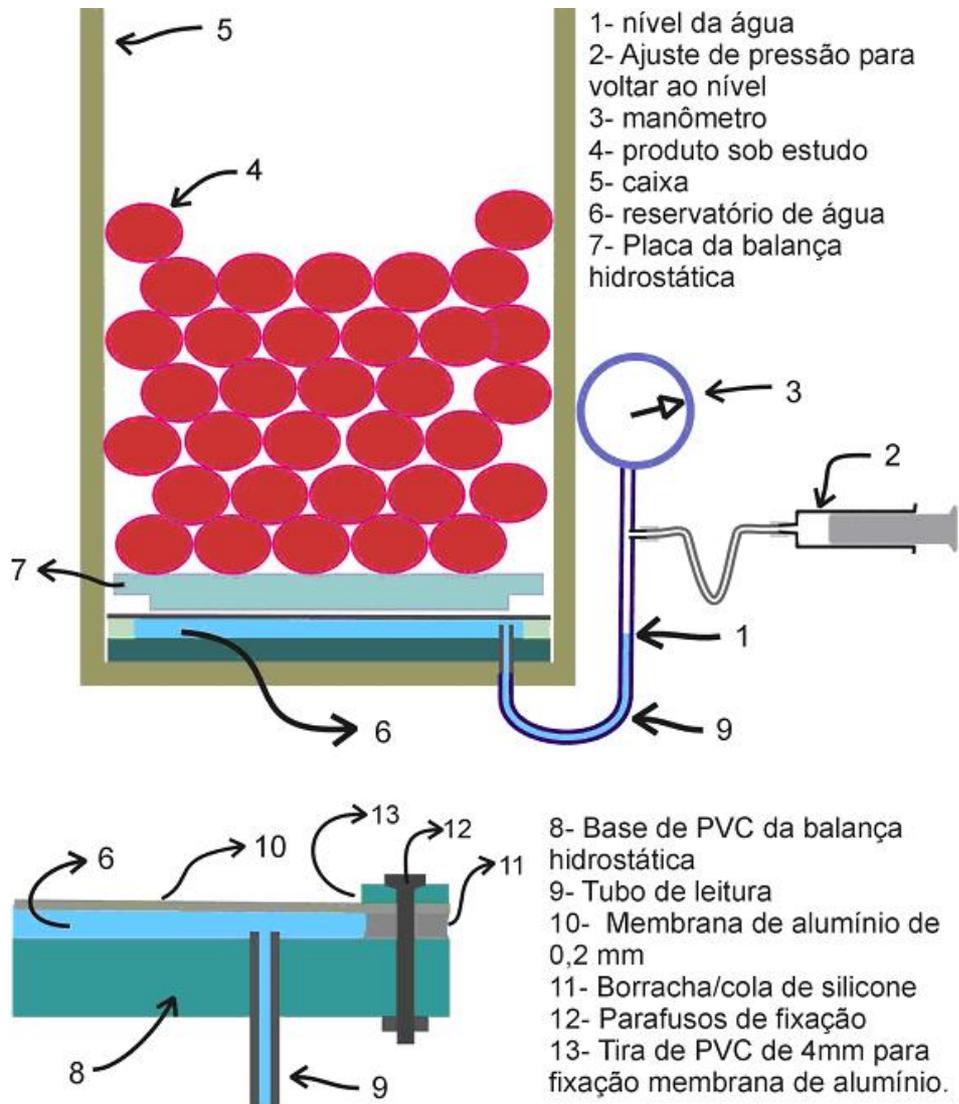


Figura 12 - Esquema da balança hidrostática operada a volume constante

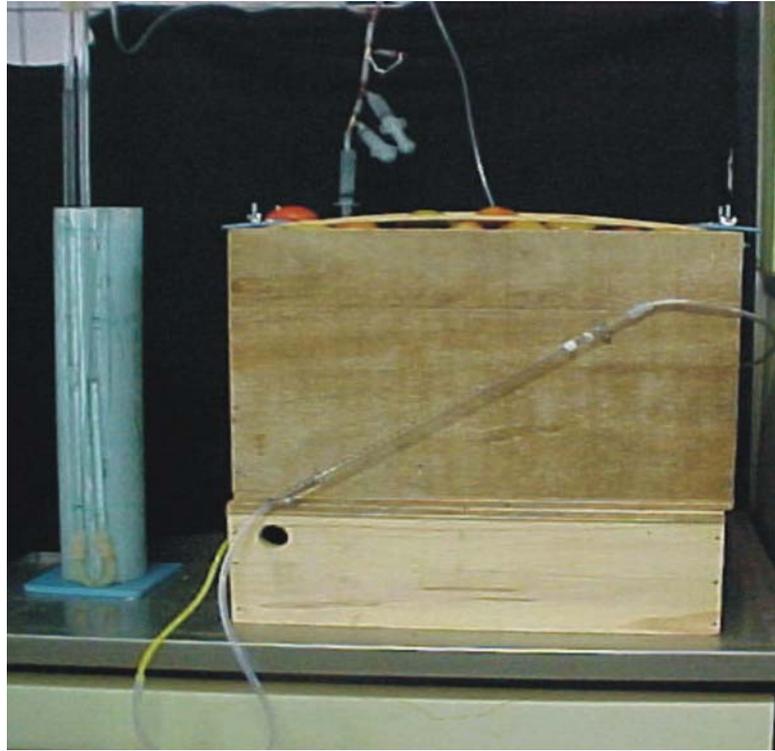


Figura 13 - Equipamento construído para medir a pressão a que os frutos estão sujeitos em embalagem tipo "k"

Resultados e discussão

A comparação da compressão a que os frutos de tomate estão sujeitos no interior da caixa sem tampa e logo após tampados foi significativa a menos de 1% (teste *t* de Student). O fechamento da caixa *k* submete os tomates a uma compressão três vezes e meia maior em relação aos tomates na mesma caixa sem tampa. Portanto, o fechamento da caixa comprime os frutos. Através da análise dos dados coletados, verifica-se que após 4 horas do fechamento da caixa, a compressão em tomates acondicionados em caixas tampadas é o dobro em relação a frutos embalados em caixas sem tampa (Figura 14). Isto deve ser causado pela própria deformação plástica dos frutos. O fechamento da caixa comprime os tomates e aumenta a probabilidade de rachamento e amassamento de frutos, causas de perdas pós-colheita. Quando a

embalagem é adequada à proteção do produto perdas pós-colheita podem ser evitadas (BENZIL, 1998).

Dentre os fatores que influenciam na compressão dos frutos de tomate estão o estágio de amadurecimento e o tamanho. Quanto maior o tamanho e quanto mais maduros os frutos, maior a compressão, porque frutos mais maduros têm elasticidade maior, e frutos maiores têm maior área que pode ser comprimida em relação aos tomates de tamanho menor.

O resultado desse procedimento é que o produtor vende maior quantidade de produto do que pelo qual recebe, e o comprador transporta produto que será “perdido”. A solução é respeitar a capacidade física da embalagem e basear a remuneração do produto em seu peso, não mais em seu volume. O excesso de produto que foi calculado nas repetições deste ensaio totalizou 6,59% do conteúdo da embalagem. Este valor é muito alto, e somado a outras perdas que ocorrem ao longo da cadeia de produção, contribui para diminuir a eficácia de retorno de capital para o produtor (ACCARINI, 2000). É necessário gerenciar todos os elos da cadeia de suprimentos, que têm relação direta entre si, para tornar o processo mais ágil e eficiente, evitando desperdício de tempo, produto e dinheiro (BALLOU, 2001).

A compressão a que são submetidos os frutos fica ainda mais grave porque a superfície da embalagem é áspera e durante o transporte do tomate existe o efeito da movimentação tangencial, isto é, contato direto entre frutos próximos na embalagem e entre estes e as paredes das caixas, que podem resultar em injúrias de amassamento e/ou ferimentos nos frutos quando a superfície é áspera (BORDIN, 1998). Os frutos são muito afetados pela compressão e impactos sofridos durante o transporte (WILLS et al., 1982). Soares et al. (1994) mediram injúrias mecânicas em tomates acondicionados em caixa K e relataram que houve aumento de 47% nas marcas de abrasões nos frutos que tiveram contato direto com a superfície áspera das ripas de madeira da caixa. Moura (1995) avaliou a percentagem de danos mecânicos causados a tomates embalados em caixa K e verificou que os danos mecânicos atingiram 11% dos frutos acondicionados nas caixas e ocorreram principalmente durante o fechamento das caixas, enquanto os frutos são comprimidos e feridos pelo contato com as frestas nas laterais da caixa. E como as caixas são reutilizadas, em média, 5 vezes, dependendo

dos cuidados no manuseio e do tipo de madeira (TOPEL,1981), a probabilidade de existência de fitopatógenos em contato com a madeira aumenta. Moretti et al. (1998) estudaram o efeito de injúrias mecânicas sobre a qualidade de tomates, ao nível de tecidos internos separados do fruto injuriado. Os tecidos pericárpico, locular e placentário foram afetados distintamente pela injúria mecânica, havendo reduções significativas de carotenóides, vitamina C e ácidos orgânicos em relação aos tecidos não injuriados.

Assim, embalagens específicas e tecnificadas são necessárias (ARDITO; CASTRO, 1988). Se for necessário fechar a embalagem de comercialização de tomate, por exemplo, por motivo de venda por atacado ou evitar abrasão entre os frutos, deve-se respeitar a capacidade física da embalagem, para evitar compressão dos frutos.

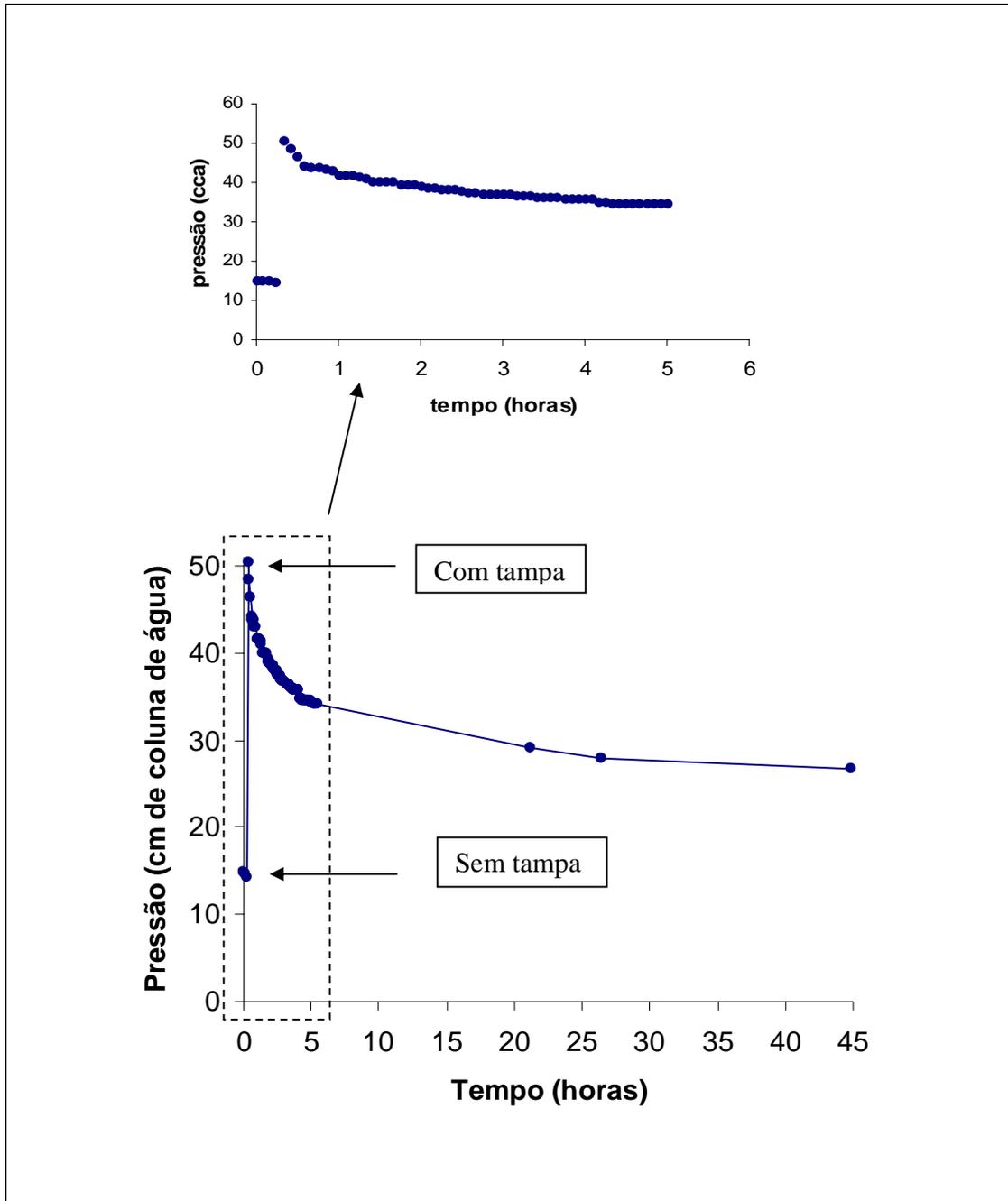


Figura 14 - Compressão em tomates acondicionados em caixa k sem e com tampa

A equação que representa a distribuição dos dados após o fechamento da caixa é: $y = 71,412x^{-0,1278}$, uma regressão do tipo potência, com coeficiente de correlação de 99,23%, demonstrando que há queda acentuada da pressão logo após o fechamento da caixa, com tendência à estabilização após cinco horas do fechamento.

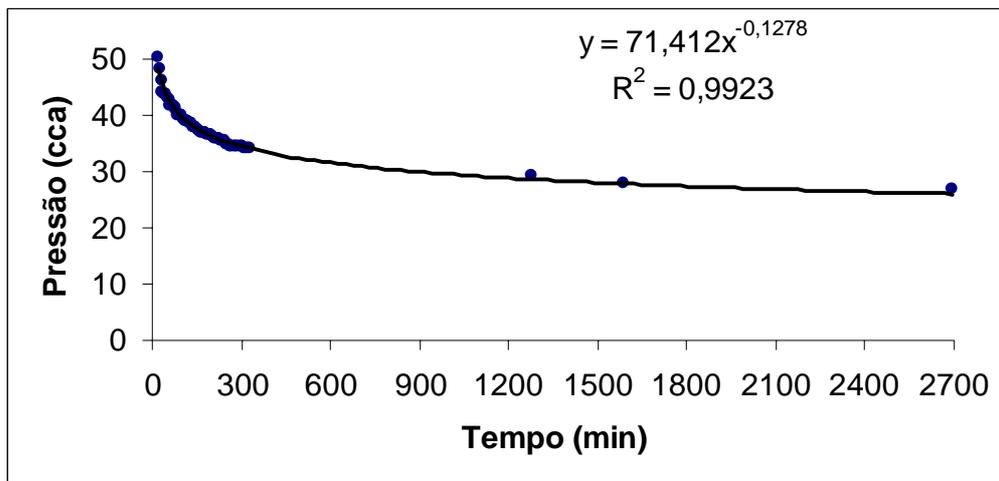


Figura 15 - Compressão em tomates acondicionados em caixa k com tampa e tendência de distribuição dos dados

4.3 Conclusão

A compressão a que estão submetidos tomates embalados em caixas de madeira tipo “k” e tampadas é de três vezes e meia maior em relação aos frutos embalados na mesma embalagem sem tampa, logo após o fechamento.

Referências

ACCARINI, J.H.; MAZOCATO, M.A; COSTA, O.G.P.; LUENGO, R.F.A. Hortícolas: modernização necessária. **Agroanalysis**, São Paulo, v.20, n.1, p.41-46, jan. 2000.

ARDITO, E.F.G. **Comparison of field testing and laboratory testing for tomatoes in distribution packages in Brazil**.1986. 62p. Thesis (Ms.C) - Michigan State University, East Lansing, 1986

ARDITO, E.F.G.; CASTRO, J.V. de. Embalagens para frutas tropicais para mercado interno e externo, In: BLEINROTH, EW. **Tecnologia de pós colheita de frutas tropicais**. Campinas: ITAL, 1988. p.85-98. (Manual Técnico, 9).

BALLOU, R.H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos**: planejamento, organização e logística empresarial. Porto Alegre: Bookman, 2001. 532 p.

BANZATO, J.M. **A integração das embalagens dentro do sistema logístico**. Disponível em: <http://www.guiadelogistica.com.br>. Acesso em 12 set 2005.

BENZIL, L.D. Embalagens adequadas evitam perdas no setor agrícola. **Revista Tecnológica**, São Paulo, v.3, n.26, p.22-26, jan. 1998.

BORDIN, M.R. Embalagem para frutas e hortaliças, In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM TECNOLOGIA DE RESFRIAMENTO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 1998, Campinas. Campinas: UNICAMP, 1998. p. 19-27.

COMPANHIA DE ENTREPOSTOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO. **Classificação de tomate**, São Paulo, 1998. 1 Folder.

FAO. **Food loss prevention in perishable crops**. Rome, 1978. 72 p.

FNP CONSULTORIA & AGROINFORMATIVOS. Tomate. In: _____ **AGRIANUAL 2004**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo, 2004, p. 470-478.

KELMAN, A. Opportunities for future research in postharvest pathology. In: MOLINE, H.E. **Postharvest pathology of fruits and vegetables**: postharvest losses in perishable crops. Berkeley: Agricultural Experiment Station, 1984. p.76-80.

MORETTI, C.L.; SARGENT, S.; HUBER, D.J.; CALBO, G.; PUSCHMAN, 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**, Geneva, v.123, n.4, p.656-660, 1998.

MOURA, R. Danos mecânicos no tomate, pelo uso da caixa K. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 35., 1995, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Foz do Iguaçu: SOB, 1995. p.110.

NACHTIGAL, W. On the research history of plant biomechanics. **Biometrics**, Washington, v.2, n.2, p.87-107, 1994

SOARES, G.; COREEA, T.B.S.; SARGENT, S.; ROBBS, C.F. **Perdas na qualidade do tomate na cadeia produtiva**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, CTAA, 1994. 7 p. (Relatório técnico).

SOMMER, N.F.; FORTLAGE, R.J.; EDWARDS, D.C. Postharvest diseases of selected commodities. In: KADER, A.A. **Postharvest technology of horticultural crops**. OaKland: University of California, 1992. p.117-160.

STEUDLE, E. The regulation of plant water at the cell, tissue, and organ level: role of active processes and compartmentation. In: SCHULZE, E.D. (Ed.). **Flux control in biological systems**. San Diego: Academic Press, 1994. p. 237-299.

TOPEL, R.M.M. **Estudos de embalagens para produtos hortícolas**: o caso da caixa K. São Paulo: IEA, 1981. 29p. (IEA. Relatório de Pesquisa, 17/81).

UENO, L.H. Perdas na comercialização de produtos hortifrutícolas na cidade de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.6, p.6-7, 1976.

WILLS, R.B.H.; IEE, T.H.; GRAHAM, D.; McGLASSON, W.B.; HALL, E.G. **Postharvest**: an introduction to the physiology and handling of fruits and vegetables. 2nd ed. Westport: AVI; New South Wales University, 1982. 161p.

5 DENSIDADE APARENTE E DIMENSÕES DE EMBALAGENS PARA COMERCIALIZAÇÃO DE HORTALIÇAS E FRUTAS NO BRASIL

Resumo

Dentre as causas de perdas pós-colheita de hortaliças e frutas no país, as mais importantes são o manuseio inadequado e os conseqüentes danos mecânicos infringidos ao produto. Estes problemas podem ser solucionados ou diminuídos com o emprego de embalagens adequadas. O objetivo deste trabalho foi dimensionar embalagens para comercialização de hortaliças e frutas no Brasil. Calculou-se a densidade aparente dos produtos para conhecer a quantidade de produto a ser acomodada nas novas embalagens, as quais foram dimensionadas com base em dados experimentais de altura baseada na compressão de produtos hortícolas, legislação brasileira, saúde do operador do ponto de vista ergonômico e otimização de frete e transporte, com conteúdos de produto preferencialmente entre 15 e 20 kg. As embalagens propostas neste trabalho são quatro modelos, com medidas externas de 50 cm de comprimento, 30 ou 60 cm de largura e 17,5, 23 ou 35 cm de altura. A densidade aparente de hortaliças e frutas nas atuais embalagens de comercialização variou de 0,14 a 0,69.

Palavras-chave: perdas pós-colheita, *Lycopersicum esculentum*, *Solanum tuberosum*, *Musa sp.*, *Citrus sinensis*, *Malus*.

Abstract

Package dimensioning for fruits and vegetables in Brazil

Improper handling and mechanical injuries are the most important post-harvest losses causes in Brazil. These problems can be solved or minimized with correct package use. Package functions are avoiding mechanical damages and preparing products for market and handling. The purpose of this paper was to dimension packages for fruits and vegetables commercialization in Brazil. The apparent density of fruits and vegetables specific in current commercialization packages was calculated to estimate each product quantity in other types of packages dimensioned in this paper. This

dimensioning was made based on commercialization package height based on compression, Brazilian laws, worker health constraints and transport optimization, with package weight between 15 and 20 kg. The packages proposed are four models, with external measures length of 50 cm, width 30 or 60 cm, and height 17.5, 23 or 35 cm. Apparent density in fruits and vegetables ranged from 0.14 to 0.69.

Keywords: post-harvest losses, *Lycopersicum esculentum*, *Solanum tuberosum*, *Musa* sp., *Citrus sinensis*, *Malus*.

5.1 Introdução

As duas principais funções da embalagem são evitar danos mecânicos e agrupar produtos em unidades adequadas para o mercado e o manuseio (SHEPHERD,1993). São usadas na colheita, transporte e varejo de produtos hortícolas. As embalagens devem desempenhar também outras funções importantes, tais como transportar; vender, que envolve os aspectos de boa aparência, identificação e visibilidade econômica (KOTLER, 1998; OLIVEIRA, 2003); informar: natureza, qualidade, origem, uso, composição e preparo do produto; devem suprir unidades suficientes para distribuição e comercialização (ROSENBLOOM, 2002); facilitar o resfriamento rápido do seu conteúdo, permitindo a remoção do calor de campo e metabólico.

As injúrias mecânicas são a causa primária de perdas pós-colheita para produtos hortícolas e podem ocorrer em qualquer ponto da cadeia de produção, após a colheita e na comercialização (PELEG, 1985; KAYS, 1991). As principais causas de injúrias mecânicas em produtos hortícolas são vibração, compressão e impacto (KAYS, 1991; WILLS et al., 1998), que podem depreciar o valor alimentar e comercial do produto na forma de lesões, cortes, amassamentos e injúrias internas (CHITARRA; CHITARRA, 1990).

A embalagem adequada é um dos principais fatores para evitar perdas pós-colheita (BALLOU, 2001; BANZATO, 2005). Dados do Instituto de Economia Agrícola, segundo Ivancko (2002), registram perdas de produtos hortícolas estimadas em 30%, o que equivale a prejuízo da ordem de US\$ 5.1 bilhões anuais.

A legislação brasileira sobre embalagens para produtos hortícolas foi estabelecida pela portaria 127, de 1991 (BRASIL, 1991) e, atualmente, deve atender a instrução normativa conjunta Sarc / Anvisa / Inmetro nº 009, de 12 de novembro de 2002 (BRASIL, 2002) que implementou importantes mudanças, destacando-se quatro delas. A primeira é a necessidade das embalagens terem suas medidas externas paletizáveis, o que facilita a movimentação mecânica de cargas. A segunda é referente à rotulagem dos produtos, visando seu rastreamento até a região produtora. A terceira é a necessidade da indicação quantitativa do conteúdo da embalagem e a quarta refere-se à necessidade da higienização das embalagens quando retornáveis.

Embalagens de diferentes tipos para o acondicionamento de frutas e hortaliças têm sido fabricadas de madeira, papelão, plástico, juta e nylon.

A embalagem de madeira é tradicionalmente utilizada para acondicionamento e transporte dos produtos ao mercado intermediário - atacadistas e varejistas. Os principais tipos de caixas de madeira que têm sido utilizadas para o acondicionamento e o transporte de frutas e hortaliças são caixa K, caixa M, torito e engradado. Além destas são também bastante comuns caixas para alho, uva e mamão.

As caixas de madeira apresentam superfície áspera (madeira não trabalhada) e são reutilizáveis, desta forma provocam abrasão nos produtos e são transmissoras de bactérias e fungos, que causam doenças e perdas pós-colheita. São difíceis de serem higienizadas.

A caixa K é regulamentada para abobrinha, alcachofra, batata-doce, berinjela, beterraba, cará, cenoura, chuchu, ervilha, gengibre, inhame, jiló, mandioquinha, maxixe, pepino, pimentão, pimenta, quiabo, tomate e vagem (BRASIL, 1991). É reutilizada em média durante cinco vezes (VADA, 1999). Entretanto, é a embalagem mais comum de encontrar no mercado e é usada também para outros produtos, como mandioca. Em um trabalho realizado pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento de São Paulo (1995) concluiu-se que dos 14,92% de perdas pós-colheita por injúria mecânica em tomate (frutos amassados, rachados e com corte) 60% foi devido ao acondicionamento e embalagens inadequadas.

A caixa M é robusta, é utilizada por aproximadamente um ano e necessita de reparos constantes. Esta embalagem causa os mesmos problemas fitossanitários que a

anterior, transmite doenças pela impossibilidade de higienização e é usada para muitos produtos.

O engradado, também reutilizável, é usado para hortaliças folhosas, como o alface, chicória, cebolinha, coentro; hortaliças flores, como brócolis e couve-flor; e hortaliças raiz com folhas, como o nabo. O engradado apresenta frestas largas e causa muitos ferimentos ao produto. Muitas vezes para proteção do produto coloca-se capim no fundo da mesma. As frestas também não protegem o produto da incidência de vento e insolação (VADA, 1999), facilitando a desidratação da carga.

As atuais caixas de madeira não apresentam as medidas externas paletizáveis, o que onera o custo na carga e descarga. O tempo de carga ou descarga manual de um caminhão é de duas horas e meia, enquanto que com o uso de embalagem paletizável e empilhadeira o tempo é de 20 minutos. Caixas de madeira poderiam e deveriam ser lisas e paletizáveis, pois são resistentes e muito comuns no mercado.

As caixas de papelão também são utilizadas atualmente, embora em menor escala. Elas possibilitam a estampa de marcas próprias e coloridas, melhorando a aparência e identificando o fornecedor do produto embalado. Têm recomendação de uso único, o que pode onerar seu uso dependendo do valor da carga, e apresentam baixa resistência à umidade, porém apresenta a vantagem de não transmitir doenças. As caixas de papelão são mais utilizadas para embarques de longa distância, como as exportações. No Brasil, dada a baixa oferta de hortaliças e frutas ao mercado internacional, a utilização de caixas de papelão ainda não é significativa. Entretanto, quando a distância do local de produção ao local de consumo é grande, e o custo do frete da embalagem retornável vazia é muito elevado, então, nestes casos, as caixas de papelão podem se tornar viáveis economicamente.

As embalagens plásticas para frutas e hortaliças vêm gradual e lentamente substituindo as de madeira. Têm como características serem reutilizáveis, permitirem lavagem e higienização, o que permite eliminar a contaminação e a propagação de problemas fitossanitários nos produtos agrícolas.

Essas embalagens são de fácil transporte e resistentes, proporcionam ótima utilização de espaços para armazenagem e preservam os produtos de danos físicos

como os causados pelas caixas de madeira áspera. Possibilitam a ventilação dos produtos, mesmo em ambientes climatizados, reduzem o custo operacional devido à sua vida útil, aumentam a segurança da carga pelos atributos do *design* (modular, sem cantos vivos e auto-ajustáveis), diminuem assim os impactos que danificam os produtos no transporte.

Os sacos de nylon e juta são utilizados para batata e cebola, em capacidades de 50 kg e 20 kg. Em função dos grandes volumes produzidos, principalmente de batata, sua participação no mercado é expressiva. Trata-se de uma embalagem de baixo custo e muito usadas, mas que não protegem o produto e em muitos casos provocam muitos ferimentos no vegetal, como batata e cebola, por exemplo.

No desenvolvimento de embalagens, na maioria das vezes, as embalagens em estudo só existem conceitualmente, ou seja, elas não existem fisicamente. Porém é indispensável se estimar a massa de produto que nelas se pode acomodar. A forma mais adequada de fazer isto é determinar a densidade aparente dos produtos a serem acondicionados nestas embalagens.

Assim, o objetivo deste trabalho foi dimensionar embalagens para comercialização de hortaliças e frutas no Brasil. A densidade aparente de hortaliças e frutas nas embalagens de comercialização correntemente utilizadas para hortícolas foi calculada para estimar a quantidade de produto acomodada em embalagens dimensionadas a partir de dados pesquisados nos capítulos anteriores, legislação brasileira de embalagens, logística e saúde do trabalhador.

5.2 Desenvolvimento

Material e métodos

Para dimensionar as embalagens para produtos hortícolas foi determinada a densidade aparente de hortaliças e frutas. A metodologia para cálculo da densidade aparente dos produtos hortícolas nas embalagens mais usadas atualmente no mercado brasileiro constou, inicialmente, da pesagem do conteúdo líquido de produto. Foram utilizadas cinco repetições para cada produto, sendo cada repetição constituída de uma

embalagem. Foram escolhidas embalagens representativas de cada produto, isto é, aquelas mais utilizadas em sua comercialização. A seguir, esta massa foi dividida pelo volume interno da embalagem, com base em suas medidas internas, comprimento, largura e altura. A pesagem do conteúdo líquido da embalagem mais usada e o registro de suas medidas internas foram realizados na Ceasa-DF, porque é um local de distribuição de produtos hortícolas onde se encontra grande variedade de espécies. Essas pesagens foram feitas sempre às quintas-feiras, que é o dia de maior movimento na comercialização da Ceasa-DF, para aumentar a probabilidade de encontrar os produtos.

O cálculo da densidade aparente para cada produto hortícola foi feito com as fórmulas:

$$D = M/V$$

Onde:

D = densidade aparente do produto hortícola acondicionado na embalagem

M = massa do produto hortícola acondicionado na embalagem

V = volume interno da embalagem do produto hortícola

$$V = CLH$$

Onde:

V = volume interno da embalagem do produto hortícola

C = comprimento interno da embalagem

L = largura interna da embalagem

H = altura interna da embalagem

Usando-se os valores de densidade aparente foram determinadas quais caixas da família de embalagens especialmente dimensionadas para hortaliças e frutas podem ser usadas para comercializar as diferentes espécies de vegetais que compõem este grupo de alimentos. O critério adotado foi que a quantidade de produto contido em cada embalagem fosse, preferencialmente, entre 15 e 20 Kg, para respeitar a saúde do

operador e viabilizar a utilização econômica da embalagem, segundo a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) do Brasil, que estabelece:

Artigo 198 CLT: É de 60 kg (sessenta quilogramas) o peso máximo que um empregado pode remover individualmente, ressaltadas as disposições especiais relativas ao trabalho do menor e da mulher”.

Artigo 390 CLT: “Ao empregador é vedado empregar a mulher em serviço que demande o emprego de força muscular superior a 20 kg (vinte quilogramas), para o trabalho contínuo, ou 25 kg (vinte e cinco quilogramas), para o trabalho ocasional”.

Artigo 410 CLT: Parágrafo cinco: “Aplica-se ao menor o disposto no artigo 390 e seu parágrafo único”.

Para dimensionar as embalagens para produtos hortícolas foram assumidos os seguintes pressupostos:

1. Na família de caixas aquela de maior altura terá profundidade inferior ao comprimento do braço de uma pessoa adulta de pequena estatura. Na prática a profundidade será de 45 cm.
2. A altura aceitável na embalagem será no máximo metade da carga estática suportada pelo órgão. A razão deste cuidado é que no manuseio e no transporte as embalagens são freqüentemente submetidas à aceleração de 2 a 3 vezes o valor da aceleração da gravidade (LUENGO et. al., 1997, MORETTI et. al., 2002).
3. Qualquer hortaliça ou fruta que suporte uma altura de empilhamento superior a 0,9 m não será objeto de determinações neste projeto, visto que elas poderiam ser acomodadas na caixa mais profunda (45 cm) sem sofrer dano de compressão.
4. Qualquer hortaliça ou fruta que suporte uma altura de empilhamento inferior a 20 cm precisará ser acomodada em uma embalagem secundária, como por exemplo, morango, caju, acerola, caqui maduro.
5. A massa total de uma hortaliça ou fruta acomodada na caixa mais adequada deverá ser inferior a 20 kg, incluindo o peso da caixa, para proteção do trabalhador, e preferivelmente superior a 15 kg, para otimização de frete e transporte.
6. Hortaliças ou frutas muito volumosas, com diâmetro médio superior a 25 cm, não serão consideradas para acondicionamento nesta família de caixas.
7. Os dez por cento superiores da embalagem ficarão vazios para evitar cortes de produtos, facilitar o manuseio e evitar amassamentos.

8. As caixas da família deverão ser inter-encaixáveis e em número reduzido, para que embalagem se encaixe em embalagem e para facilitar a composição de páletes mistos, muito freqüentes na comercialização de frutas e hortaliças.

Com a realização de ensaios experimentais dos capítulos 2 e 3 foi possível conhecer a altura máxima suportada pelas hortaliças e frutas de interesse, visando principalmente proteção contra injúrias mecânicas. Neste trabalho, depois de definido o componente altura das embalagens (capítulos 2 e 3), foi desenvolvido o componente comprimento e o componente largura, de modo a atender à legislação brasileira de embalagens para hortícolas, com medidas externas sub-múltiplas do pálete padrão brasileiro, que mede 1,00 m por 1,20 m (Figura 16). Muitas espécies de hortaliças e frutas são comercializadas juntas no mesmo ponto final de venda ao consumidor, mas do ponto de vista logístico e de administração é interessante ter poucos modelos de caixas, para maior praticidade e agilidade das operações. Por este motivo as embalagens têm suas dimensões externas com medidas que são sub-múltiplos de 1,00 m ou 1,20 m, de modo a otimizar a ocupação do pálete e dar segurança no transporte da carga.

No capítulo 4 foi demonstrado como o fechamento das embalagens pode comprimir a carga. Por isso, na família de caixas Embrapa, as embalagens são abertas.

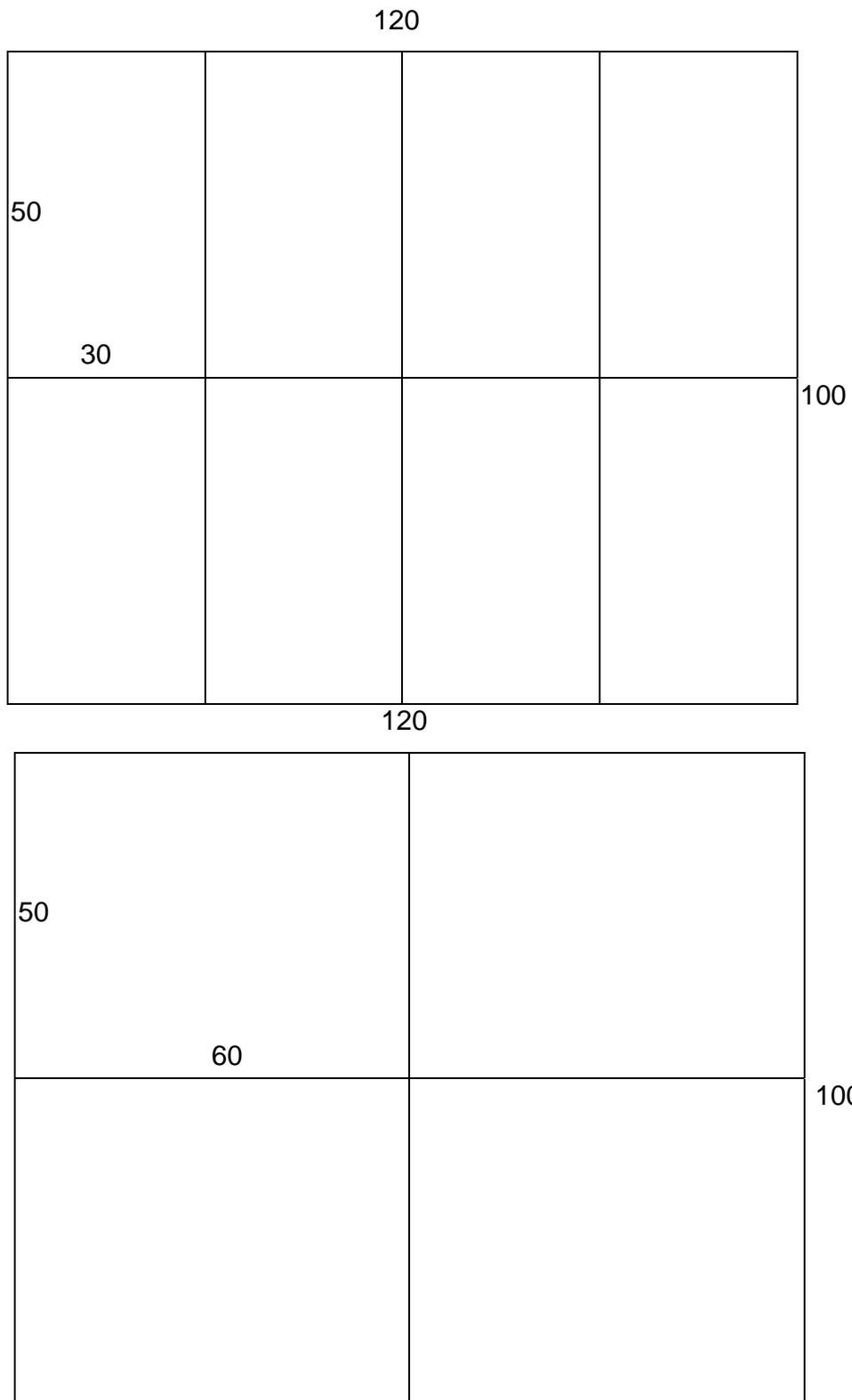


Figura 16 - Planta de embalagens com medidas externas sub-múltiplas do p lete padrão brasileiro
(1,00 m X 1,20 m)

Resultados e discussão

A tabela 2 disponibiliza as informações de densidade aparente das principais hortaliças e frutas comercializadas no Brasil. Com base nesta informação foram definidos os modelos de embalagens dimensionados nesta tese, para atender ao critério de otimização de frete e transporte, com conteúdos de produto preferencialmente entre 15 e 20 kg, e proteger a saúde do operador (BRASIL, 1943). Na tabela 3 encontra-se a quantidade das principais hortaliças e frutas comercializadas no Brasil acomodadas nos modelos de caixa Embrapa. O conhecimento da densidade aparente foi eficaz para conhecer a quantidade de produto acomodada em embalagens com volumes conhecidos, útil para pesquisa e sem a necessidade de realizar o trabalho físico desta tarefa.

Para a definição das dimensões comprimento e largura levaram-se em consideração dois fatos. O primeiro foi a praticidade de medidas externas paletizáveis, para atender a legislação brasileira (BRASIL, 2002) e otimizar a área do pátete. O segundo fato foi a condição assumida inicialmente que as caixas da família deveriam ser inter-encaixáveis e em número reduzido, para que embalagem se encaixasse em embalagem, e para facilitar a composição de páletes mistos, muito freqüentes na comercialização de frutas e hortaliças.

Tabela 2 - Dimensões internas de embalagens usadas para hortaliças e frutas em 2004, massa, volume e densidade aparente da fruta ou hortaliça

Produto	Comprimento(cm)	largura (cm)	altura(cm)	volume(cm ³)	Massa líquida (g)	Densidade aparente
abobrinha	53,0	23,0	33,0	40227	19000	0,47
alface	53,0	23,0	33,0	40227	8260	0,21
batata	80,0	50,0	25,0	100000	50000	0,50
cebola	46,0	27,5	16,0	20240	12320	0,61
cenoura	53,0	23,0	33,0	40227	22000	0,55
chuchu	53,0	23,0	33,0	40227	21000	0,52
couve	56,5	36,5	22,5	46400	8000	0,17
inhame	53,0	23,0	33,0	40227	23000	0,57
jiló	53,0	23,0	33,0	40227	17000	0,42
mandioquinha-salsa	53,0	23,0	33,0	40227	22000	0,55
maxixe	53,0	23,0	33,0	40227	16000	0,40
pepino	53,0	23,0	33,0	40227	21000	0,52
pimentão	53,0	23,0	33,0	40227	11000	0,27
quiabo	53,0	23,0	33,0	40227	14000	0,35
tomate	53,0	23,0	33,0	40227	22000	0,55
abacate	48,0	35,0	19,0	31920	20000	0,63
ameixa	50,0	30,0	15,0	22500	8200	0,36
banana	49,0	34,0	26,0	43316	21000	0,48
goiaba	48,0	35,0	19,0	31920	22000	0,69
kiwi	48,0	27,0	10,0	12960	7000	0,54
laranja	51,0	28,0	28,0	39984	20000	0,50
limão	51,0	28,0	28,0	39984	20000	0,50
maçã	50,0	30,0	17,0	25500	11440	0,45
mamão	60,0	40,0	23,0	55200	8000	0,14
manga	53,0	23,0	33,0	40227	23000	0,57
nêspera	50,0	30,0	15,0	22500	8200	0,36
pera	50,0	33,0	24,0	39600	20400	0,52
pêssego	22,0	19,0	6,0	2508	1480	0,59
Uva	49,0	29,5	11,0	15900	5720	0,36

Tabela 3 - Estimativa da quantidade (kg) das principais hortaliças e frutas acondicionadas nos modelos de caixa Embrapa ⁽¹⁾, com base na densidade aparente de cada produto

Produto	Densidade aparente	caixa Um	caixa Dois	caixa Três	caixa Quatro
abobrinha	0,47	6,89	10,79	37,96	14,55
alface	0,21	3,00	4,69	16,50	6,33
batata	0,50	7,30	11,42	40,18	15,40
cebola	0,61	8,88	13,90	48,92	18,75
cenoura	0,55	7,98	12,49	43,95	16,85
chuchu	0,52	7,62	11,92	41,96	16,08
couve	0,17	2,52	3,94	13,88	5,31
inhame	0,57	8,34	13,06	45,95	17,62
jiló	0,42	6,17	9,65	33,96	13,020
mandioquinha-salsa	0,55	7,98	12,49	43,95	16,85
maxixe	0,40	5,80	9,08	31,97	12,25
pepino	0,52	7,62	11,92	41,96	16,08
pimentão	0,27	3,99	6,25	21,98	8,42
quiabo	0,35	5,08	7,95	27,97	10,72
tomate	0,55	7,98	12,49	43,95	16,85
abacate	0,63	9,14	14,31	50,36	19,30
ameixa	0,36	5,32	8,32	29,29	11,23
banana	0,48	7,08	11,07	38,96	14,94
goiaba	0,69	10,06	15,74	55,39	21,23
kiwi	0,54	7,88	12,34	43,41	16,64
laranja	0,50	7,30	11,43	40,20	15,41
limão	0,50	7,30	11,43	40,20	15,41
maçã	0,45	6,55	10,25	36,06	13,82
mamão havaiano	0,14	4,38	6,85	24,11	9,24
manga	0,57	8,34	13,06	45,95	17,62
nectarina	0,36	5,32	8,32	29,29	11,23
pêra	0,52	7,52	11,77	41,40	15,87
pêssego	0,59	8,61	13,48	47,43	18,18
uva	0,36	5,25	8,22	28,91	11,08

(1) Dimensões das caixas:

Caixa Um - comprimento: 50 cm, largura: 30 cm, altura: 17,5 cm

Caixa Dois - comprimento: 50 cm, largura: 30 cm, altura: 23 cm

Caixa Três - comprimento: 60 cm, largura: 50 cm, altura: 35 cm

Caixa Quatro - comprimento: 60 cm, largura: 50 cm, altura: 17,5 cm

As dimensões das embalagens resultantes da consideração de todos estes aspectos são quatro modelos, denominados caixa um, caixa dois, caixa três e caixa quatro. Caixa um: 30 cm de largura externa, 50 cm de comprimento externo, 17,5 cm de altura externa. Caixa dois: 30 cm de largura externa, 50 cm de comprimento externo, 23 cm de altura externa. Caixa três: 60 cm de largura externa, 50 cm de comprimento externo, 17,5 cm de altura externa. Caixa quatro: 60 cm de largura externa, 50 cm de comprimento externo, 35 cm de altura externa.

Com base nos pressupostos considerados para dimensionar as embalagens para comercialização de hortaliças e frutas, foram indicados quais modelos de embalagens são os mais recomendados para cada produto (Tabela 4). Quando há possibilidade de uso de mais de um tipo de caixa para o mesmo produto, foi indicada a ordem de opção, segundo o critério de acomodação da maior quantidade possível de produto, até 20 kg. As frutas e hortaliças que podem ser acomodados em mais de um tipo de embalagem flexibilizam a decisão de qual embalagem usar, de acordo com a quantidade do produto que melhor atende ao cliente, disponibilidade de caixa, otimização de frete. Então, esta ordem de opção pode variar de acordo com a necessidade do cliente.

Produtos muito sensíveis, que suportem uma altura de empilhamento inferior a 20 cm, precisarão ser acomodados em uma embalagem secundária, isto é, menor que os modelos definidos acima e cujas medidas externas sejam sub-múltiplos das medidas internas do modelo principal. É o caso do morango, ervilha grão, ervilha vagem, feijão vagem, pimenta, acerola, açaí, ameixa, amora, caju, caqui maduro, carambola, figo, jabuticaba, jambo, jamelão, marmelo, serigüela. As embalagens secundárias são unidades de varejo que podem ser usadas para entrega ao consumidor final.

Os supermercados são clientes importantes de embalagens para hortaliças e frutas, porque têm aumentado bastante sua participação enquanto equipamentos de distribuição de hortícolas, com tendência de participação ainda maior devido ao crescimento do varejo (CHAIM, 1999). Em um supermercado grande, com mais de 100 caixas registradoras, em geral há cerca de 70.000 itens de produtos. Um xampu marca A é considerado um item e um xampu marca B é considerado outro item, por exemplo.

Para o supermercado o setor de perecíveis inclui padaria, açougue, frutas, hortaliças e recentemente flores e totaliza cerca de 300 itens. A participação percentual do setor de perecíveis no faturamento da loja mudou nos últimos dez anos de 4% para algo em torno de 17%. Se 0,43% dos produtos (300/70000) respondem pelo faturamento de 17% de uma loja, estes 300 itens merecem ser tratados de uma forma muito especial! Então, por isso, os supermercados começam a se interessar pela área e têm considerado que para as frutas e as hortaliças, as embalagens são importantes para reduzir perdas e para aumentar os lucros.

A padronização de produtos e de embalagens passa a ser cada vez mais importante para a comercialização, que incorpora, dia a dia, novos recursos da informatização e busca racionalizar e reduzir o custo de processamento em face da alta competitividade no último segmento do setor - o varejo. Garcia (2001) afirma que a organização do setor frutícola nacional com qualificação da mão-de-obra e sistema de padronização o tornam mais competitivo tanto no mercado interno como no mercado externo.

Assim, este trabalho pode ser útil no desenvolvimento de embalagens mais adequadas e contribuir para redução de perdas pós-colheita. A não utilização de embalagens apropriadas também está ligada a fatores culturais, falta de orientação técnica, ausência de regulamentação e à natural resistência à mudança dos comerciantes. A família de caixas dimensionadas neste trabalho protege a carga contra danos mecânicos, atende a legislação brasileira, agiliza operações logísticas e considera a saúde do operador do ponto de vista ergonômico.

Tabela 4 - Recomendações de uso dos modelos de embalagens ⁽¹⁾ dimensionados para comercialização de hortaliças e frutas

Produto	caixa Um	caixa Dois	caixa Três	caixa Quatro
Abobrinha	opção 3	opção 2	-	opção 1
Alface	opção 4	opção 3	opção 1	opção 2
Batata	opção 3	opção 2	-	opção 1
Cebola	opção 3	opção 2	-	opção 1
Cenoura	opção 3	opção 2	-	opção 1
Chuchu	opção 3	opção 2	-	opção 1
Couve	opção 4	opção 3	opção 1	opção 2
Inhame	opção 3	opção 2	-	opção 1
Jiló	opção 3	opção 2	-	opção 1
mandioquinha-salsa	opção 3	opção 2	-	opção 1
Maxixe	opção 3	opção 2	-	opção 1
Pepino	opção 3	opção 2	-	opção 1
Pimentão	opção 3	opção 2	-	opção 1
Quiabo	opção 3	opção 2	-	opção 1
Tomate	opção 3	opção 2	-	opção 1
Abacate	opção 3	opção 2	-	opção 1
Ameixa	opção 3	opção 2	-	opção 1
Banana	opção 3	opção 2	-	opção 1
Goiaba	opção 3	opção 2	-	opção 1
Kiwi	opção 3	opção 2	-	opção 1
Laranja	opção 3	opção 2	-	opção 1
Limão	opção 3	opção 2	-	opção 1
Maçã	opção 3	opção 2	-	opção 1
mamão havaiano	opção 3	opção 2	-	opção 1
Manga	opção 3	opção 2	-	opção 1
Nectarina	opção 3	opção 2	-	opção 1
Pêra	opção 3	opção 2	-	opção 1
Pêssego	Opção 3	opção 2	-	opção 1
Uva	Opção 3	opção 2	-	opção 1

(1) Dimensões das caixas:

Caixa Um - comprimento: 50 cm, largura: 30 cm, altura: 17,5 cm

Caixa Dois - comprimento: 50 cm, largura: 30 cm, altura: 23 cm

Caixa Três - comprimento: 60 cm, largura: 50 cm, altura: 35 cm

Caixa Quatro - comprimento: 60 cm, largura: 50 cm, altura: 17,5 cm

5.3 Conclusão

As embalagens dimensionadas para comercialização de hortaliças e frutas no Brasil são quatro modelos, com medidas externas de 50 cm de comprimento, 30 ou 60 cm de largura e 17,5, 23 ou 35 cm de altura. Com estas dimensões as caixas atendem a critérios de altura baseada na compressão de produtos hortícolas, legislação brasileira, otimização de frete e transporte, com conteúdos de produto preferencialmente entre 15 e 20 kg, e proteção da saúde do operador. A densidade aparente de hortaliças e frutas nas atuais embalagens de comercialização variou de 0,14 a 0,69.

Referências

BALLOU, R.H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos**: planejamento, organização e logística empresarial. Porto Alegre: Bookman, 2001. 532 p.

BANZATO, J.M. **A integração das embalagens dentro do sistema logístico**. Disponível: <http://www.guiadelogistica.com.br>. Acesso em: 12 set 2005.

BRASIL. **Consolidação das leis do trabalho**. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1943. 262 p.

BRASIL. Instrução Normativa n. 009, de 12 de novembro de 2002. Embalagens de produtos hortícolas. **Diário Oficial**, Brasília, 12 nov. 2002.

BRASIL. Portaria n. 127, de 04 de outubro de 1991. Embalagens de produtos hortícolas. **Diário Oficial**, Brasília, 04 out. 1991.

CHAIM, N.A. **Mudanças no abastecimento de frutas, legumes e verduras e o papel dos supermercados**. 1999. 110p. Tese (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 1999.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças**: fisiologia e manuseio. Lavras: ESAL; FAEPE, 1990. 320 p.

GARCIA, J.L. **Comércio de frutas na Europa**. Disponível: <http://www.embrapa.br>. Acesso em: 12 set 2005.

IVANCKO, S.B. Escolha de embalagens para frutas e verduras. In: FNP CONSULTORIA & AGROINFORMATIVO. **Agriannual 2002**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo, 2002, p.40.

KAYS, S.J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 532 p.

KOTLER, P. Administração de linhas de produtos, marcas e embalagens. In: KOTLER, P. **Administração de marketing**: análise, planejamento, implementação e controle. São Paulo: Atlas, 1998. cap.15, p.382-411.

LUENGO, R.F.A.; FURUYA, T.; SILVA, J.L.O. Embalagem ideal para o transporte do tomate 'Santa Clara'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.5, p.517-520, 1997.

MENDES, M.; TIMOSSI, A. J.; HARADA, E. Frutas: rentabilidade e desempenho recente. In: FNP CONSULTORIA & AGROINFORMATIVO. **Agriannual 2002**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo, 2002, p.22-26.

MORETTI, C.L.; ARAUJO, A.L.; TEIXEIRA, J.M.; MAROUELLI, W.; SILVA, W.L.C. Monitoramento em tempo real das condições de transporte de melões (*Cucumis melo* L.) 'Golden Pride' (compact disc). **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.2, supl. 2, jul. 2002. Apresentado no CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 42., 2002, Uberlândia. 1 CD-ROM.

OLIVEIRA, C.L.; NEVES, M.F.; SCARE, R.F. Embalagens para alimentos com enfoque em marketing: projetos e tendências. In: NEVES, M.F.; CASTRO, L.T. **Marketing e estratégia em agronegócio e alimentos**. São Paulo: Atlas, 2003. cap.7, p.147-161.

PELEG, K. **Produce handling, packing and distribution**. Westport: AVI Publishing, 1985. 625 p.

ROSENBLOOM, B. **Canais de marketing**: uma visão gerencial. São Paulo: Atlas, 2002. 557 p.

SÃO PAULO. Secretaria da Agricultura e Abastecimento. **Projeto de avaliação de perdas pós colheita de produtos hortigranjeiros no Estado de São Paulo**. São Paulo, 1995. 74p. (Pesquisa de campo).

SHEPHERD, A.W. **A guide marketing costs and how to calculate them**. Rome: FAO, Agricultural Support System Division, Marketing and Rural Finance Service, 1993. 23 p.

VADA, G. **Principais tipos de embalagens utilizados no mercado atacadista de São Paulo**. São Paulo: CEAGESP, 1999. 16 p.

WILLS, R.B.H; McGLASSON, W.B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. **Postharvest**: an introduction to the physiology and handling of fruits, vegetables and ornamentals. Sidney: CAB International, 1998. 262 p.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)