

COMPORTAMENTO MECÂNICO DA ABÓBORA UTILIZANDO ENSAIOS DE COMPRESSÃO

DANTAS, Alan Christie da Silva¹

OLIVIER, Nelson Cardenas²

FIGUEIREDO NETO, Acácio³

MACHADO, Heric Cesar Martins²

Recebido em: 2013.08.30

Aprovado em: 2014.07.02

ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278.971

RESUMO: Os materiais biológicos possuem propriedades elásticas e viscoelásticas, cujo conhecimento torna-se importante para o desenvolvimento de equipamentos e técnicas adequadas de colheita, transporte e processamento de produtos hortícolas. O presente trabalho apresenta os resultados das tensões transversais máximas que causam a ruptura de abóbora (*Cucurbita moschata*) das variedades leite e jacarezinho, através de ensaios mecânicos de compressão axial, evidenciando, dessa forma, quais as cargas máximas que são capazes de provocar o rompimento das estruturas destes frutos. Foram analisadas as particularidades referentes à geometria das duas variedades de abóboras, realizando-se cortes em suas seções transversais, para que fossem determinadas as tensões de flexão e de compressão atuantes nas estruturas rígidas das hortaliças estudadas. Corpos de prova cilíndricos, extraídos das polpas das abóboras, foram submetidos a ensaios de compressão axial, com o objetivo de se determinarem os coeficientes de Poisson distintos para ambas as variedades, cujos valores medidos são 0,50 e 0,46, para as variedades leite e jacarezinho, respectivamente. O Modelo proposto para a análise da fratura nos frutos de abóbora mostrou-se compatível com os dados experimentais resultando em um modo de falha por fratura longitudinal ao eixo de aplicação das cargas. A carga transversal resultante é no mínimo quatro vezes maior que a carga máxima de compressão aplicada para ambas as variedades.

Palavras-chave: Abóbora. Propriedades mecânicas. Qualidade

SUMMARY: Biological materials have elastic and viscoelastic properties, whose knowledge becomes important for the development of equipment and technical measures for harvest, transportation and processing of vegetables. This work presents the results of the stresses that cause the maximum transverse rupture of pumpkins (*Cucurbita moschata*) varieties of leite and jacarezinho, by mechanical axial compression. Were analyzed the particular features concerning the geometry of the specimens of pumpkins, performing cuts in their cross sections, so there would be algebraic necessary condition in order that would be determined the bending stress and compression acting on the rigid structures of the studied vegetables. Cylindrical samples, extracted from the pulp of pumpkins, were subjected to axial compression tests, in order to determine the coefficients of Poisson different for both cultivars, the values dimensionless, are 0.50 and 0.46, varieties for leite and jacarezinho, respectively. The proposed model to analyze the fracture mechanism of the pumpkin fruits is compatible with the experimental data. It shows which the failure of the fruits tends to occur in a direction longitudinal to the load application axis. The resulting transversal loads are a minimum of four times the maximum applied compressive load, for both pumpkin varieties.

Keywords: Pumpkin. Mechanical properties. Quality

INTRODUÇÃO

As cucurbitáceas compõem a segunda família de maior importância econômica e inserida nela, incluem-se as abóboras cujo volume comercializado na Central de Abastecimento do Estado de São Paulo (CEAGESP-SP), no ano de 2010 foi de 102.205 toneladas (HORTIFRUTICOLAS, 2013).

¹ Universidade Federal do Vale do São Francisco - Programa de Mestrado em Engenharia Agrícola - Mecanização e pós colheita

² Universidade Federal do Vale do São Francisco - Departamento de Engenharia Mecânica - Ensaios Mecânicos

³ Universidade Federal do Vale do São Francisco - Departamento de Engenharia Agrícola - Pós Colheita

Conforme Vigneault et al. (2002) do instante em que são colhidos até serem consumidos, os produtos hortícolas sofrem uma série de injúrias mecânicas que, dependendo da sensibilidade do produto, poderão causar danos que comprometerão a sua qualidade final, provocando perdas da ordem de 25% do total colhido, valor que justifica maiores investimentos em tecnologia e equipamentos, em vez de maior expansão da produção. Essa situação é consequência de uma série de fatores conjugados, como a ausência de uma política específica no setor, a falta de conhecimento dos manipuladores e a aplicação de tecnologias inadequadas para o transporte e conservação da qualidade do alimento (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

As injúrias mecânicas são as principais fontes de perdas pós-colheita e podem ser definidas como deformações plásticas, rupturas superficiais provocadas por forças externas, causando modificações físicas ou alterações fisiológicas, químicas, e bioquímicas de cor, aroma, sabor e textura (MOHSENIN, 1986; VILAS BOAS, 2000). Estas são consequências do manuseio físico inadequado dos produtos vegetais.

As injúrias podem ser do tipo impacto, compressão, vibração, cortes e esfoladuras. As injúrias de impacto são deformações plásticas causadas por forças compressivas que atuam durante um período de tempo, enquanto a energia cinética é dissipada, podendo causar rompimento celular, amassamento, encharcamento e aquecimento localizado. (LOPEZ et al 2011)

De um modo geral, os danos mecânicos em frutos podem promover a formação de lesões aquosas translúcidas, amolecimento precoce do fruto, ruptura da epiderme (HONÓRIO e MORETTI, 2002) ou alterações fisiológicas, químicas e bioquímicas de cor, aroma, sabor e textura, e consequentemente, acelerar os processos de deterioração (LEE et al., 2005).

A partir de um modelo reológico podem-se obter parâmetros que forneçam não somente índices práticos de textura, mas também características subjacentes aos processos de amadurecimento. Na literatura, pesquisadores vêm estudando e propondo alguns modelos reológicos que se ajustem aos dados experimentais para vários produtos agrícolas (KROKIDA et al., 2001; WU e ABBOTT, 2002).

Se, em tese, as razões físicas dos danos mecânicos sofridos pelas frutas e hortaliças são de simples entendimento, na prática, os valores desses parâmetros do interior dos órgãos vegetais são quase totalmente desconhecidos pelos pesquisadores em nossos dias. Assim, existe certa dificuldade em avaliar os parâmetros físicos mencionados durante um choque, ou mesmo numa situação em que um fruto é mantido estático no interior de uma pilha ou caixa.

O presente trabalho objetivou a determinação das tensões transversais máximas capazes de romper as estruturas de abóboras, em suas variedades leite e jacarezinho, por meio de ensaios de compressão axial, com o intuito de ampliar a quantidade de dados sobre a resistência deste tipo de fruto de modo a auxiliar no desenvolvimento de técnicas necessárias que devam minimizar as perdas na cadeia produtiva destas hortaliças, estando sujeitas a esforços mecânicos, especificamente de compressão.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Ensaios Mecânicos no campus das Engenharias em Juazeiro – BA, pertencente à Universidade Federal do Vale do São Francisco. Os frutos de abóbora foram colhidos com 40 dias após a antese no final do mês de março de 2012 em uma fazenda localizada no perímetro irrigado ‘Nilo Coelho’ no município de Juazeiro, na região semiárida do nordeste brasileiro. O município de Juazeiro está situado aos 09° 24’ de latitude e 40° 30’ de longitude WGr, e uma altitude de 368 m. O clima da região é semi árido segundo a classificação de Koppen.

Para a realização dos ensaios de compressão das amostras de abóboras foi utilizada a Máquina Universal de Ensaios EMIC DL 10000, da linha Digital Line (DL), do tipo bifuso de bancada, com capacidade de carga máxima de 10000 kgf equipada com célula de carga de 100 kN, utilizando uma velocidade de avanço de 5 mm/min. As variedades de abóbora submetidos aos ensaios de compressão foram dispostos à máquina entre duas placas circulares, planas, lisas e paralelas.

Primeiramente foram ensaiadas 10 amostras da variedade ‘jacarezinho’ e, em seguida, foram ensaiadas 10 amostras da variedade ‘leite’. Os frutos permaneceram armazenados por um período de 15 dias consecutivos, até o momento da realização de todos os ensaios mecânicos, em condições climáticas internas favoráveis, ou seja, à temperatura ambiente e com presença de baixa umidade e luminosidade, variando de 28 a 30 °C e com 46% de umidade relativa do ambiente.

As dimensões das amostras foi medida utilizando um paquímetro digital, com o qual foram medidos os diâmetros da abóbora com relação aos eixos cartesianos x, y e z, além da espessura da polpa e a altura dos frutos. O peso das amostras foi medido utilizando-se uma balança de precisão.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores médios finais das dimensões, assim como da carga máxima suportada durante o ensaio, estão apresentados na Tabela 1, onde pode ser observado que as amostras do tipo leite suportaram níveis de carga superiores aos das amostras do tipo jacarezinho. Pode ser visto também que as amostras do tipo leite apresentam dimensões e peso maiores.

Tabela 1 – Valores médios e desvio padrão das características medidas para todos os frutos das variedades jacarezinho e leite.

Amostra	Carga de compressão até ruptura (kN)	Diâmetro médio do fruto (mm)	Espessura média da polpa (mm)	Peso (kg)	Altura (mm)
Jacarezinho	2,08 ± 0,52	189,4 ± 6,4	34,1 ± 3,6	2,2 ± 0,3	133,3 ± 15,5
Leite	4,12 ± 1,34	274,2 ± 33,2	44,5 ± 9,1	5,1 ± 1,3	185,5 ± 17,6

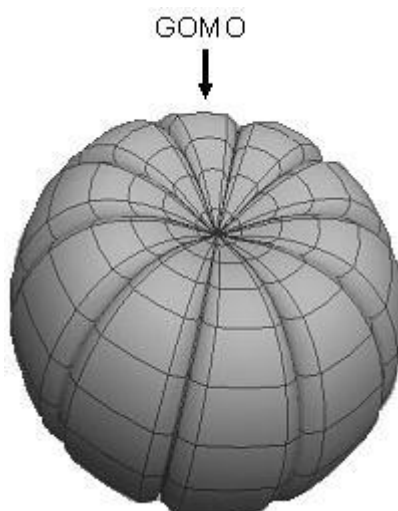
A Figura 1 apresenta o comportamento de uma das amostras durante o ensaio de compressão. Pode ser observado que a ruptura dos frutos ocorre em um eixo paralelo ao eixo de aplicação da carga, mostrando um comportamento similar para as duas variedades de abóbora. Este comportamento mostra que os frutos não rompem diretamente pela aplicação da carga de compressão, sendo a causa da ruptura de natureza mais complexa. As fraturas sempre ocorrem na região compreendida entre os gomos, evidenciando que a forma característica das abóboras, com sua subdivisão em gomos, pode ser utilizada na avaliação das cargas reais de ruptura.

Figura 1 – Instante em que uma amostra de abóbora da variedade jacarezinho atinge o ponto de ruptura máximo.



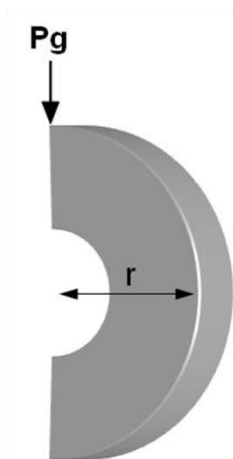
Para analisar a distribuição de carga nos corpos, assim como o modo de falha dos frutos, foi necessária uma avaliação do efeito da geometria particular da abóbora para determinação das cargas máximas resultantes de ruptura. As abóboras estudadas neste trabalho não constituem um material homogêneo. Elas são formadas por uma casca mais rígida, por uma polpa resistente que apresenta em sua parte interna um material de baixa consistência, onde estão situadas as sementes. As abóboras possuem estruturas físicas compostas por gomos, como pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 – Representação de uma abóbora formada pela união dos gomos que fazem parte da sua estrutura física. (MACHADO, 2011)



Considerando as diferenças intrínsecas relativas à geometria das cultivares estudadas, verificou-se que o fruto da variedade jacarezinho possuía um total de 10 gomos, enquanto que os espécimes da variedade leite possuíam exatamente 8 gomos. Estes gomos apresentam um formato de “C”, de acordo com o que mostra a Figura 3, onde se pode ver o efeito da carga aplicada a um dos gomos da abóbora.

Figura 3– Representação esquemática do gomo de uma abóbora de raio r , submetido a uma carga de compressão P_g .



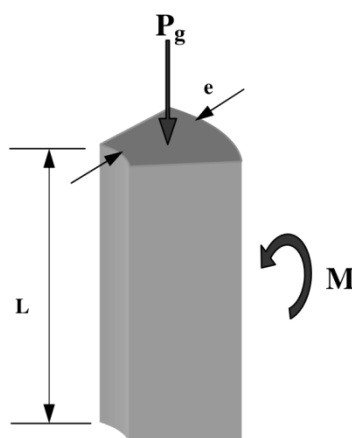
Esta carga é igualmente dividida pelos gomos, de modo que se considerou que cada gomo está submetido a uma parcela carga P_g , que pode ser determinada pela equação 1:

$$P_g = \frac{P}{N_g} \quad (1)$$

Onde N_g é o número de gomos da abóbora e P é a carga máxima de ruptura em Newtons aplicada durante o ensaio de compressão.

Devido à complexidade da geometria, foi proposto um modelo simplificado para avaliar a intensidade das tensões envolvidas no processo de ruptura dos frutos. Deste modo, o gomo mostrado na Figura 3 teve a sua geometria aproximada a uma viga reta com seção transversal idêntica à seção do gomo em sua espessura máxima e , sendo a altura da viga representada por L . A carga P_g aplicada em cada gomo foi substituída por um sistema equivalente composto de carga e momento, conforme mostra a Figura 4.

Figura 4 – Simplificação do gomo da abóbora, utilizando uma viga reta de comprimento L e espessura e , submetida a uma carga de compressão P_g combinada a um momento fletor M .

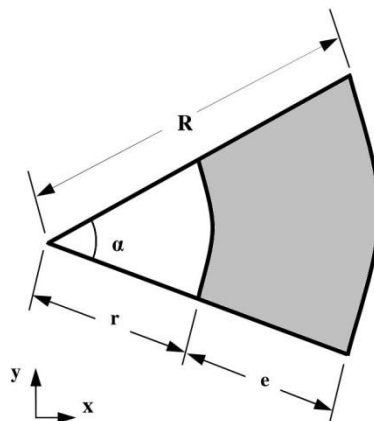


Neste caso, o momento fletor M aplicado no gomo pode ser dado pela equação 2, sendo r a distância do centro da abóbora à linha neutra de flexão.

$$M = P_g \cdot r \quad (2)$$

Para que fosse encontrado o valor mais próximo ao real da área da seção transversal e a posição de seu centróide, considerou-se a área como sendo a seção de um setor circular, de acordo com a Figura 5.

Figura 5 – Representação esquemática da seção transversal do gomo de uma abóbora, onde r é a distância do centro da abóbora ao ponto inicial da polpa; R é a distância do centro da abóbora à casca e α é dado por 360° dividido pelo número de gomos N_g .



Para o modelo proposto, pode-se afirmar que existe uma situação de cargas combinadas de flexão e compressão de modo que ambas devem ser consideradas. Pode-se encontrar o valor da tensão normal ($\sigma_{flexão}$) provocada pelo momento de flexão a partir da equação 3:

$$\sigma_{flexão} = \frac{M_f \cdot c}{I} \quad (3)$$

Onde M_f é o momento fletor; c é a distância da linha neutra à superfície de aplicação da carga, dado pela coordenada do raio de giro e I é o momento de inércia da seção transversal. Sabendo que em uma seção transversal submetida à flexão são formadas duas regiões, uma submetida à tração e outra à compressão, onde o valor, em módulo, da tensão resultante é igual aos valores das tensões de tração e compressão, equação 4:

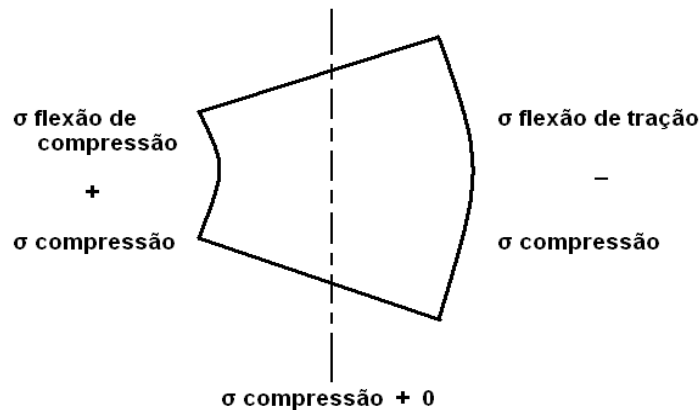
$$\sigma_{flexão} = \sigma_{flexão \text{ de tração}} = - \sigma_{flexão \text{ de compressão}} \quad (4)$$

A tensão de compressão gerada pelo efeito da carga P_g pode ser dada então pela equação 5:

$$\sigma_{compressão} = \frac{P_g}{A_{seção\text{ sólida}}} \quad (5)$$

Onde $\sigma_{compress\tilde{a}o}$ é a tensão de compressão e $A_{se\tilde{c}\tilde{a}o\ s\tilde{o}lida}$ é a área da seção sólida. Deste modo, a carga combinada final será máxima na seção transversal exatamente no ponto onde as tensões de compressão se somam, ou seja, na região interna do gomo, conforme mostra a Figura 6.

Figura 6 – Região do gomo da abobora onde atuam as tensões de compressão e tração



A partir desta observação, a tensão de compressão máxima aplicada no gomo, $\sigma_{compress\tilde{a}o\ m\acute{a}xima}$, pode ser dada pela equação 6:

$$\sigma_{compress\tilde{a}o\ m\acute{a}xima} = \sigma_{flex\tilde{a}o\ de\ compress\tilde{a}o} + \sigma_{compress\tilde{a}o} \quad (6)$$

Conseqüentemente, devido à ação das tensões de compressão, pode-se também observar a presença de tensões de tração geradas pela deformação transversal dos gomos. Esta tensão pode ser então obtida pelo coeficiente de Poisson da polpa a partir da equação 7:

$$\sigma_{transversal\ m\acute{a}xima} = \sigma_{compress\tilde{a}o\ m\acute{a}xima} \cdot \nu \quad (7)$$

Onde $\sigma_{transversal\ m\acute{a}xima}$ é a tensão máxima responsável pelas rupturas ocorridas nas amostras; $\sigma_{compress\tilde{a}o\ m\acute{a}xima}$ é a tensão de compressão máxima sofrida pelas amostras, cujo valor advém da adição entre a tensão de flexão de compressão ($\sigma_{flex\tilde{a}o\ de\ compress\tilde{a}o}$) e a tensão de compressão ($\sigma_{compress\tilde{a}o}$), esta representação pode ser vista na seqüência abaixo; ν é o coeficiente de Poisson, valor adimensional que relaciona a deformação axial e a deformação transversal que foi medido para ambas as variedades de abóboras, possuindo os valores de 0,46 para a cultivar jacarezinho e de 0,50 para a variedade leite.

Observando a fratura das amostras, observada na Figura 1, pode-se concluir que a ruptura ocorre principalmente pelo efeito das tensões transversais. Observa-se também que o efeito da carga de compressão é distribuído entre os gomos. No entanto, as cargas transversais se somam provocando uma carga resultante conforme equação 8:

$$\sigma_{transversal\ resultante} = \sigma_{transversal\ m\acute{a}xima} \cdot N_g \quad (8)$$

Os valores para as tensões máximas de compressão e de tração transversal resultantes para as amostras das variedades jacarezinho e leite estão mostrados na Tabela 2, onde pode ser observado que a tensão transversal resultante é praticamente 4,5 vezes maior que a tensão de compressão máxima, o que explica o modo de ruptura das amostras que romperam transversalmente independente da variedade do fruto.

As cargas suportadas pelas amostras da variedade leite foram maiores que as da variedade jacarezinho. No entanto, após análise da resistência, pode ser observado que para um mesmo tempo de maturação, ambas as variedades apresentaram resultados similares, não podendo então afirmar-se que um espécime é mais resistente do que outro. Este resultado pode ser explicado pela grande diferença de dimensão entre as duas variedades, pois as aboboras do tipo leite apresentaram maiores peso, diâmetro e altura.

Tabela 2 – Valores das tensões transversais máximas das abóboras da variedade jacarezinho

Amostra	σ compressão máxima (MPa)	σ transversal máxima (MPa)
Jacarezinho	1,27 ± 0,29	5,85 ± 1,34
Leite	1,25 ± 0,52	5,00 ± 2,09

O rompimento transversal em frutos submetidos a carga axial, tem sido reportado na literatura para diferentes tipos de frutos. Henandes et al, (2013) apresenta em seus resultados que frutos de manga rompem com fratura transversal mesmo estando submetidos a carregamento axial. Figueiredo Neto et al (2013) realizaram ensaios mecânicos em frutos de abobora, que apresentaram fratura semelhante as deste trabalho, onde foi comprovado o aumento da resistência mecânica com respectivo aumento do estagio de maturação. As cargas de fratura reportadas no trabalho variaram entre 1000 N e 2000 N que se assemelham as encontradas neste trabalho para as cultivares Jacarezinho e Leite.

Segundo Emadi et. al. (2007) que realizaram ensaios de descascamento abrasivo em frutos de abobora, as tensões de cisalhamento máxima que os frutos suportam atingiram valores entre 153 e 102 MPa dependendo da variedade cultivada. Shirmohammadi e Yahlagadda (2012) avaliaram a resistência à compressão em frutos de abobora onde foram utilizadas amostras cilíndricas com espessura de 50mm com e sem casca. Eles reportaram valores de carga máxima de ruptura em torno de 300N para as amostras de polpa com casca, estes valores são aproximadamente 8 vezes menores que os encontrados no presente trabalho, no entanto, isto se deve provavelmente a diferença entre a forma das amostras utilizadas, uma vez que o presente trabalho analisou frutos inteiros.

CONCLUSÕES

O Modelo proposto para a análise da ruptura nos frutos de abóbora (*Cucurbita moschata*) mostrou-se compatível com os dados experimentais resultando em um modo de falha por fratura transversal ao eixo de aplicação das cargas.

Dados da literatura apresentam grande diversidade nos valores de resistência de frutos de abobora devido à utilização de diferentes metodologias para a caracterização desta propriedade.

Dados da literatura apresentam grande diversidade nos valores de resistência de frutos de abóbora devido à utilização de diferentes metodologias para a caracterização desta propriedade.

As cargas suportadas pelas amostras da variedade leite foram maiores que as da variedade jacarezinho, no entanto o valor resultante de resistência à compressão apresenta valores similares para as duas variedades entre 1,25 e 1,27 Mpa.

REFERÊNCIAS

- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2 edição. Revisada e ampliada. Lavras: UFLA. 2005, 785p.
- COUTO, S.A.et al. **Características de frutos de café sob compressão**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v. 6, n.1, p.117-122, 2002.
- EMADI, B. KOSSE, V. YARLAGADDA, P. **Abrasive peeling of pumpkin**, Journal of Food Engineering v. 79, p.647-656, 2007.
- FIGUEIREDO NETO, A.et al. Mechanical behaviour of pumpkin fruits subjected to compression during maturation, *Pesq. Agropec. Trop.* v. 43, n.3, p.1-9, 2013.
- HERNÁNDEZ, L.N.et al. **Comportamiento mecánico de dos variedades de mango (Mangifera Indica) bajo compresión axial**, Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, Vol. 22, n. 2, p.11-15, 2013.
- HONÓRIO, S.L.; MORETTI, C.L. Fisiologia pós-colheita de frutas e hortaliças. In: Cortez, L.A.B.; Honório, S. L.; Moretti, C.L. **Resfriamento de frutas e hortaliças**. Embrapa Hortaliças. Brasília, 2002, cap.4. 428p.
- HORTIFRUTICOLAS: **Olerícolas, preços**. In: AGRIANUAL 2013. São Paulo: AgraFNP, 2013. 353p.
- KROKIDA, M.K.et al. **Viscoelastic behaviour of potato strips during deep fat frying**. Journal of Food Engineering, v. 48, p. 213-218, 2001.
- LEE, H.J.; KIM, T-C; KIM, S.J.; PARK, S.J. **Bruising injury of persimmon (Diospyros kaki cv. Fuyu) fruits**. Scientia Horticulturae, v. 103, p. 179-185, 2005.
- LÓPEZ, B. V.; VILLASEÑOR, C.A. e PÉREZ, A. **Propiedades mecánicas y respuesta fisiológica de frutos de chichapote bajo compresión axial**. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, v. 20, n.3, p.73-80, 2011.
- LUENGO, R. F. A.et al. **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, 2003.
- LUENGO, R. de F. A. **Dimensionamento de embalagens para comercialização de hortaliças e frutas no Brasil**. 75p. 2005. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP.
- MACHADO, H. C. M. **Determinação do comportamento mecânico da abóbora utilizando ensaios de compressão**, 60p. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) – Univasf, Petrolina-PE.

MOHSENIN, N.N. **Physical properties of plant and animal materials**. New York: Gordon and Breach Publishers, 1986. 841p.

PEREIRA, A.V.; CALBO, A. G. **Elastic stresses and plastic deformations in ‘Santa Clara’ tomato fruits caused by package dependent compression**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 35, n. 12, p. 2429-2436, 2000.

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

SNPC – Serviço Nacional de Proteção de Cultivares. **Importações e exportações de sementes de hortaliças**, 2005. Disponível em <http://www.desenvolvimento.gov.br> acesso em 10 de maio de 2012.

SHIRMOHAMMADI, M.; YAHLGADDA, P. **Experimental study on mechanical properties of pumpkin tissue**, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, v. 54, p.16-24, 2012.

SIGRIST, J. M. M.; BLEINROTH, E. W.; MORETTI, C. L. Manuseio pós-colheita de frutas e hortaliças. In: CORTEZ, L. A. B.; HONÓRIO, S. L.; MORETTI, C. L. **Resfriamento de frutas e hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2002, 428 p.

VILAS BOAS, E.V.B. **Perdas na pós-colheita**, Lavras. UFLA. 2000, 64p.

VIGNEAULT, C.; BORDINT, M. R.; ABRAHÃO, R. F. **Embalagem para frutas e hortaliças**. In: CORTEZ, L. A. B.; HONÓRIO, S. L.; MORETTI, C. L. Resfriamento de frutas e hortaliças. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 95–121. 2002

WELBAUM, G.E. **Cucurbit seed development and production**. HorTechnology, v.9, p.341-348, 1999.

WU, T.; ABBOTT, J.A. **Firmness and force relaxation characteristics of tomatoes stored intact or as slices**. Postharvest Biology and Technology, v. 24, p. 59-68, 2002.