

PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DO SISTEMA FRUTO-PEDÚNCULO-RAMO DO TOMATEIRO

HÉLIO DE SOUZA QUEIROZ¹, TÚLIO DE ALMEIDA MACHADO², PABLO ANDERSON TAVARES³, ANDRÉA LÚCIO QUEIROZ⁴

¹Doutorando em Ciências Mecânicas, Professor, Depto Engenharia Agrícola, UnUCET, Universidade Estadual de Goiás (UEG), Anápolis GO, Fone: (0xx62) 8180-8486, helio.queiroz@ueg.br. ²Doutorando em Engenharia Agrícola, Professor, Instituto Federal Goiano (IFGoiano), Morrinhos GO. ³Graduando em Engenharia Mecânica, Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA), Anápolis GO. ⁴Especialista designer, Professora, Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA), Anápolis GO,

Apresentado no
XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015
13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro- SP, Brasil

RESUMO: Nos processos de mecanização agrícola ainda ocorrem perdas significativas, destacando a colheita mecanizada do tomate industrial. Objetivou-se neste trabalho determinar as propriedades físicas e mecânicas do sistema fruto-pedúnculo-ramo do tomateiro e quantificar as faixas de vibração utilizadas pela colhedora. As amostras foram colhidas considerando os estádios de maturação verde, de vez e maduro. Os valores da força axial de desprendimento do pedúnculo-fruto e tensão de ruptura do pedúnculo-ramo foram determinados em laboratório a partir de aplicação de carga até a ruptura e o módulo de rigidez do pedúnculo-fruto foi estimado através de deformações longitudinais aplicadas sem gerar o rompimento do pedúnculo. As dimensões, as massas e os volumes foram levantados em campo utilizando dinamômetro portátil, paquímetro, balança e proveta. As frequências de vibração utilizadas pela colhedora foram levantadas através de vídeoimagem no software Tracker. Os resultados indicam que a carga necessária para desprendimento do fruto-pedúnculo foi maior nos frutos em estágio de maturação verde, as massas volumétricas apresentaram aumento para os frutos e pedúnculos ao longo dos estádios naturais de maturação. Os valores estimados de vibração para o agitador rotativo estão entre os níveis de 0,87 e 6,1 Hz e a frequência natural teórica estimada para o conjunto pedúnculo-fruto no estágio maduro foi de 17,1 HZ.

PALAVRAS-CHAVE: colheita mecanizada, vibração mecânica, tomate industrial

PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF FRUIT-PEDUNCLE-BRANCH SYSTEM OF TOMATO PLANT

ABSTRACT: In the agricultural mechanization processes still occur significant losses, highlighting the mechanical harvesting of industrial tomato. The objective of this study was to determine the physical and mechanical properties of the fruit-peduncle-branch system of tomato and quantify vibration bands used by the harvester. Samples were taken considering the maturity stages: green, almost ripe and ripe. The axial force values of the fruit peduncle detachment and the peduncle-branch rupture tension were measured in the laboratory from application of load at break and modulus of rigidity of the peduncle-fruit was estimated by generating longitudinal deformations applied without peduncle disruption. Dimensions,

masses and volumes were collected in the field using portable dynamometer, caliper rule, scale and beaker. The vibration frequencies used by the harvester were raised through video image in the Tracker software. The results indicate that the load required to disrupt the fruit-peduncle was higher in green fruit ripening stage, the volumetric mass had increased to the fruits and peduncles during the natural maturation stages. The estimated values for the vibration rotary shaker levels are between 0.50 and 6.0 Hz and the natural theoretical frequency estimated for the ripe peduncle-fruit set at mature stage was 17.1 Hz.

KEYWORDS: mechanical harvesting, mechanical vibration, industrial tomato.

INTRODUÇÃO

A produção brasileira de tomate em 2013 e 2014 foi respectivamente de 4.187.646 e 4.291.160 toneladas (IBGE, 2015), estando o Brasil entre os dez maiores produtores mundiais. Sendo uma cultura visada por grandes produtores e pela comunidade mundial, é necessário o desenvolvimento de novas tecnologias permitindo com que a cultura avance para novas fronteiras agrícolas e ampliação do mercado consumidor.

O estado de Goiás é detentor da maior área plantada de tomate no país, com mais de 18 mil hectares ocupados com a cultura e obteve uma produção de 1.025.567 toneladas em 2014, colocando o estado como o maior produtor do fruto no Brasil (IBGE, 2015).

Um aumento constante das áreas de culturas de frutas e legumes reforça a colheita mecanizada, devido períodos curtos de colheita e escassez de mão de obra para este período. O processo de colheita mecanizada exercer carga e resistência à ruptura que causa danos nos produtos colhidos (KUNA-BRONIOWSKA et al., 2012).

Para introduzir o processo de colheita mecanizada em locais onde o tomate industrial é cultivado é fundamental realizar ajustes no manejo da cultura e escolher cultivares que melhor se adequam a mecanização. Dentre as diversas características, para a colheita mecanizada destacam-se a coloração do tomate, firmeza do fruto, retenção do pedúnculo, formato e tamanho do pedúnculo e fruto (GIORDANO & RIBEIRO, 2000). O tomate é um fruto altamente perecível e com película bastante fina, sendo bastante frágil para a colheita e movimentação logística. Isso se deve pelo fato do fruto ter de 93 a 95% de água em sua composição sendo suscetível a ação de diferentes fatores, ocasionando assim diversas perdas (GAMEIRO et al., 2007).

As vantagens da colheita mecanizada em relação à manual estão relacionadas com a redução de custo e aumento na praticidade e rendimento da colheita. Mas, ainda apresenta problemas de sistematização das áreas utilizadas para o cultivo da cultura, visto que as máquinas colhedoras não se adaptam bem a terrenos irregulares, ocasionando maior número de impurezas na carga (CORTEZ et al., 2002).

As colhedoras de tomate industrial encontradas no mercado atualmente se assemelham muito, principalmente no funcionamento, sendo diferenciadas basicamente por componentes estruturais (GAMEIRO et al., 2007).

A seleção dos frutos é realizada por fotossensores presentes na colhedora, permitindo assim a separação dos frutos verdes e de torrões de terra. A retirada desse material é feita por meio de dedos pneumáticos presentes na parte de baixo da esteira. Mesmo com a utilização desse sistema, na maioria das máquinas ainda é necessária a utilização de pessoas para a seleção de forma mais fina, evitando assim que frutos verdes e impurezas cheguem à indústria (KUNA-BRONIOWSKA et al., 2012).

Estudos realizados por ZHI-GUO, et al. (2009) utilizando mecanismos robotizados correlacionaram carga aplicada com parâmetros de velocidade e posições de impacto com as deformações máximas, fornecendo dados de propriedades de colisão mecânica em tomates.

As colhedoras autopropelidas utilizadas no Brasil são principalmente de origem Americana e Italiana com características singulares de destacamento dos frutos, diferenças entre esteiras de seleção e unidade de descarga do produto. O mecanismo de destacamento dos frutos normalmente é composto por um sistema de cintas ou conjunto rotativo, sendo mais utilizado o sistema rotativo, devido a maior facilidade de separação dos frutos, além de apresentar baixos níveis de ruído (CUNHA et al., 2014).

Os equipamentos de colheita do tomate cortam as plantas rente ao solo, sendo a parte aérea recolhida e os frutos destacados por meio de intensa vibração. Essas colhedoras têm, em média, capacidade para colher cerca 15 toneladas por hora, o que corresponde a aproximadamente 3,0 ha/dia (MELO & VILELA, 2005).

Estudando mecanismos de vibração HARRIS & PERSOL (2002) destacam que todos os corpos e sistemas, por mais complexos que sejam possuem frequência natural própria, que matematicamente é definida como sendo a relação entre sua rigidez e sua massa, como na equação 1.

$$F_n = \left(\frac{1}{2\pi}\right) \sqrt{\frac{K}{m}} \quad \text{Equação 1}$$

Onde K é a rigidez equivalente do sistema, [N m⁻¹], m a massa, [kg] e F_n a frequência natural não amortecida em [Hz].

Dentro deste contexto, este trabalho objetivou-se em estudar propriedades físicas e mecânicas do conjunto fruto-pedúnculo-ramo do tomateiro que conjuntamente com o mecanismo rotativo vibratório da colhedora podem influenciar em seu processo de colheita mecanizada.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras utilizadas neste trabalho foram coletas no município de Morrinhos (GO), referentes a cultivar de tomate *Lycopersicon esculentum* Mill. HEINZ 9553, em sistema de transplântio direto em Latossolo Vermelho distrófico.

O sistema de vibração analisado neste projeto se refere a um agitador rotativo de uma colhedora autopropelida de fabricação da GUARESI, modelo G-89/93 MS 40', apresentado na Figura 1.



Esquema de um sistema de trilha



Agitador rotativo

Figura 1. Imagens da colhedora GUARESI Modelo G 89/93 MS 40''

Fonte: GUARESI, (2015)

A Figura 2 ilustra a denominação dos termos ramo, pedúnculo e fruto utilizados em todo o projeto.

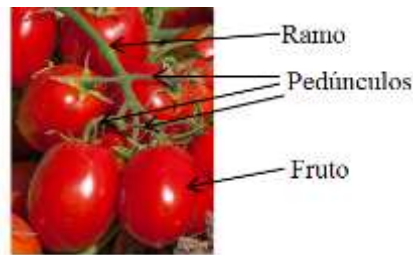


Figura 2. Ilustração do conjunto fruto-pedúnculo-ramo do tomateiro.

Para realização dos estudos foram coletadas 20 amostras de fruto, pedúnculo e fruto para cada um dos três estádios de maturação, verde, de vez e maduro, totalizando um conjunto de 60 unidades experimentais.

As grandezas mensuradas foram o diâmetro e o comprimento do pedúnculo, módulo de rigidez do pedúnculo-ramo, massa e volume do fruto e pedúnculo, força de desprendimento e a tensão de tração entre fruto e pedúnculo.

Para determinar a força axial de desprendimento do pedúnculo-fruto foi utilizado um dinamômetro digital portátil de 5Kgf de fabricação da INSTRUTEMP, modelo ITFG5005 com capacidade de 0 a 49N, com resolução de 0,01N e precisão de $\pm (0.5 \% + 2 \text{ dígitos})$, em $23 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$. O dinamômetro permite fazer o congelamento de pico (máx.) onde foi efetuada a leitura diretamente no display durante a medição da força de tração. As forças axiais máximas foram levantadas através da aplicação de carga constante até a ruptura do conjunto e o módulo de rigidez do pedúnculo foi estimado através de medições de deformações longitudinais aplicadas em amostras de pedúnculos, sem gerar seu rompimento, aplicando uma carga de 0,10N na extremidade do pedúnculo, ilustrado na Figura 3.

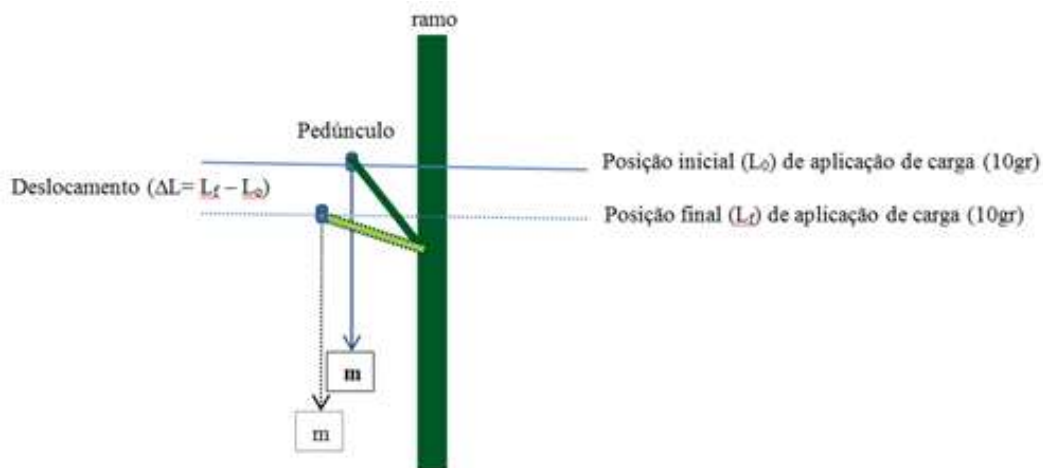


Figura 3. Esquema adotado para calcular o módulo de rigidez entre pedúnculo e ramo.

As dimensões de comprimento e diâmetro, as massas e os volumes foram levantados em campo utilizando paquímetro, balança e proveta. As frequências de vibração disponíveis no controlador da colhedora foram estimadas através de videoanálise de imagem do conjunto agitador rotativo utilizando o software livre Tracker 4.86. A máquina apresenta em seu painel de controle três faixas de vibração, sem estabelecer seus valores numéricos. O software Tracker realiza análise quadro a quadro de vídeos permitindo estudar vários tipos de movimento utilizando filmes feitos com câmeras digitais.



Figura 4. Ilustração de videoimagem no software Tracker para estimar os níveis de frequências do agitador rotativo da colhedora de tomates.

Fonte: TRACKER, (2014)

A colheita dos frutos de tomate, através de mecanismos de vibração mecânica, pode ser influenciada por fatores relativos ao equipamento e pela própria planta. A resposta do tomateiro submetido à vibração depende diretamente das propriedades mecânicas do sistema pedúnculo-fruto e pedúnculo-ramo.

Para que o fruto do tomateiro possa ser separado do pedúnculo é necessário que a vibração provoque este desprendimento do fruto e quanto mais próximo da frequência de ressonância do conjunto (que acontece quando a frequência de excitação se aproxima da frequência natural do corpo), maior será sua amplitude de vibração, levando ao rompimento ou separação entre fruto e pedúnculo HARRIS & PERSOL (2002).

Para várias culturas, como uva, cereja e café o estágio de maturação do fruto influencia na força necessária para realizar o seu desprendimento. Normalmente a força requerida para desprender os frutos diminui com o aumento do grau de maturação, podendo atingir diferenças de até 60% entre os estádios verdes e maduros (POLAT et al., 2011; GOMES & FERRAZ, 2011).

O cálculo teórico das frequências naturais é de difícil realização em plantas e frutos, devido às grandes variações dimensionais e complexidade estrutural. Neste trabalho considerou a análise matemática do conjunto fruto pedúnculo ilustrado na Figura 5, utilizando a Equação 1 para estimar a frequência natural do 1º modo de vibração.



Figura 5. Representação esquemática do sistema utilizado para estimar a frequência natural do 1º modo de vibração do conjunto fruto-pedúnculo.

O trabalho utilizou-se de uma coleta de dados com delineamento inteiramente casualizado e realizou análise de variância (anova) para comparação entre as médias, e utilizou o teste de Tukey a 5% de probabilidade para identificar quais médias apresentaram diferenças entre si. Para realizar os testes estatísticos foram utilizados os softwares Excel 2010 e Sisvar 5.3 (Build 77).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios e os respectivos desvios padrão das propriedades físicas avaliadas para o conjunto fruto-pedúnculo-ramo do tomateiro. Nas Tabelas 2, 3, 4, 5, 6 e 7 são apresentados a análise de variância e o teste de Tukey para comparação entre as médias das propriedades estudadas.

TABELA 1. Propriedades físicas determinadas para o sistema pedúnculo-fruto do tomateiro.

| Propriedade | Estádios de maturação | | | | | |
|---|-----------------------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|
| | Verde | | De vez | | Maduro | |
| | Média | Desvio Padrão | Média | Desvio Padrão | Média | Desvio Padrão |
| Comprimento do pedúnculo [mm] | 23,6 | 2,9 | 25,1 | 1,0 | 27,8 | 2,8 |
| Diâmetro do pedúnculo [mm] | 1,97 | 0,31 | 2,18 | 0,22 | 2,41 | 0,27 |
| Massa específica do pedúnculo [g cm ⁻³] | 1,218 | 0,386 | 1,273 | 0,187 | 1,352 | 0,216 |
| R = comprimento/diâmetro | 12,1 | 1,9 | 11,6 | 1,3 | 11,6 | 1,3 |
| Volume do fruto [cm ³] | 63,0 | 11 | 58,0 | 10 | 85,9 | 17,0 |
| Massa do fruto [g] | 51,1 | 7,3 | 51,4 | 9,8 | 82,2 | 15,5 |
| Massa específica do fruto [g cm ⁻³] | 0,811 | 0,156 | 0,886 | 0,077 | 0,958 | 0,022 |

A análise de variância (anova) mostrou que as médias para a massa específica do fruto entre os três estádios de maturação apresentaram diferença significativa. Para identificar quais dos estádios são diferentes foi realizado o teste de Tukey. Conforme mostra a Tabela 2 os estádios de maturação verde e de vez não apresentaram diferença significativa, porém entre os estádios verde e maduro e de vez e maduro houve diferença significativa.

TABELA 2. Análise de variância e Teste de Tukey para comparação dos valores médios das massas específicas do pedúnculo e do fruto do tomateiro nos estádios de maturação verde, de vez e maduro.

| Propriedade | Estádio de Maturação | | | | | | F _{calculado} | F _{crítico} |
|---|----------------------|---|--------|---|--------|---|------------------------|----------------------|
| | Verde | | De vez | | Maduro | | | |
| Massa específica do pedúnculo [g cm ⁻³] | 1,218 | A | 1,273 | A | 1,352 | A | 0,16 | 4,41 |
| Massa específica do fruto [g cm ⁻³] | 0,811 | A | 0,886 | A | 0,958 | B | 4,24 | 3,35 |

*As médias em linha seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a nível de 0,05 de probabilidade.

Resultados da anova e comparação entre médias para as grandezas geométricas comprimento e diâmetro do pedúnculo estão apresentados na Tabela 3. Os dados mostram que há diferença significativa entre os estádios verde e maduro da ordem de 15% e entre os demais estádios de maturação não houve diferença significativa. O diâmetro do pedúnculo apresentou um comportamento similar ao comprimento, apresentando uma diferença significativa da ordem de 22%.

TABELA 3. Análise de variância e Teste de Tukey para comparação dos valores médios das propriedades geométricas do pedúnculo do tomateiro nos estádios de maturação verde, de vez e maduro.

| Propriedade | Estádio de Maturação do fruto | | | | | | F _{calculado} | F _{crítico} |
|-------------------------------|-------------------------------|----|--------|----|--------|---|------------------------|----------------------|
| | Verde | | De vez | | Maduro | | | |
| Comprimento do pedúnculo [mm] | 23,6 | AB | 25,1 | BC | 27,8 | C | 8,02 | 3,35 |
| Diâmetro do pedúnculo [mm] | 1,87 | AB | 2,18 | BC | 2,41 | C | 6,63 | 3,35 |
| R=comprimento/diâmetro | 12,1 | A | 11,6 | A | 11,6 | A | 0,35 | 3,35 |

*As médias em linha seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a nível de 0,05 de probabilidade.

Os resultados encontrados para força de desprendimento do fruto corroboram com os resultados apresentados por HERNÁNDEZ et. al., (2002), que determinaram uma força de 30,5N para estádios maduros e 42,4N para verdes estudando a variedade de tomate industrial denominada Campbell-28, em nossos estudos encontrou-se uma forma de 34,0N para o estágio maduro e 46,1N para verde para a variedade denominada HEINZ 9553.

A estimativa para o 1º modo de vibração natural do pedúnculo-ramo foi estimado matematicamente através da equação 1, apresentando uma diferença significativa entre as médias de vibração para o estágio de maturação verde e maduro, estimadas em 20,7 e 17,1 Hz respectivamente, conforme resultados nas Tabelas 4 e 5. Na Tabela 6 encontram-se os valores simulados através do software Tracker para identificar os níveis de frequência disponibilizados operacionalmente pela agitador rotativo.

TABELA 4. Frequência natural de vibração definida matematicamente através da Equação 1 para o sistema pedúnculo-fruto do tomateiro, estádios de maturação verde, de vez e maduro.

| Parâmetros de Vibração | Estádio de Maturação do fruto | | |
|--|-------------------------------|---------------|--------|
| | Verde | Intermediário | Maduro |
| Força aplicada no pedúnculo [N] | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| Deslocamento [mm] | 11 | 14 | 16 |
| Módulo de Rigidez [N m ⁻¹] | 8,91 | 7,00 | 6,13 |
| Frequência Natural [Hz] | 20,7 | 18,3 | 17,1 |

Estudos realizados por FÁBIO, et. al., (2010) mostraram que a variação das frequências naturais e as amplitudes de vibração apresentaram influência significativa na colheita mecânica de café.

TABELA 5. Análise de variância e Teste de Tukey para comparação dos valores médios da frequência natural de vibração do pedúnculo-fruto do tomateiro nos estádios de maturação verde, intermediário e maduro.

| Propriedade | Estádio de Maturação do fruto | | | | | | | |
|-------------------------|-------------------------------|---|--------|----|--------|---|------|------|
| | Verde | | De vez | | Maduro | | | |
| Frequência Natural [Hz] | 20,7 | A | 18,3 | BC | 17,1 | C | 5,32 | 3,35 |

*As médias em linha seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a nível de 0,05 de probabilidade.

TABELA 6. Valores da frequência de vibração do agitador rotativo da colhedora estimados através software Tracker.

| Simulação | Hastes consideradas | | | Média |
|---|---------------------|------|------|-------|
| | I | II | III | |
| Frequência de vibração [Hz] (Baixa frequência) | 0,84 | 0,87 | 0,89 | 0,87 |
| Frequência de vibração [Hz] (Alta frequência) | 5,9 | 6,1 | 6,2 | 6,1 |

Estudos realizados por TORREGROSSA, et.al., (2014) utilizando diversas faixas de frequência mostraram que maiores níveis de vibração facilitaram o desprendimento de pedúnculos de citros.

Observa-se nas Tabelas 7 e 8 que tanto a força quanto a tensão axial necessária para desprendimento do fruto do tomateiro apresentaram diferença significativa, sendo necessário 34N de força e 7,8 MPa de tensão axial para desprendimento do fruto no estágio maduro e 46,1N e 15,6 MPa para o estágio verde.

TABELA 7. Força de desprendimento e tensão axial para separação do fruto do pedúnculo.

| Parâmetros de Vibração | Estágio de Maturação do fruto | | |
|--|-------------------------------|---------------|-----------|
| | Verde | Intermediário | Maduro |
| Força de desprendimento do fruto [N] | 46,1 | 37,3 | 34,0 |
| Área seção transversal do pedúnculo [m ²] | 3,1155e-6 | 3,7765e-6 | 4,5941e-6 |
| Tensão axial (força axial/área seção transversal do pedúnculo) [MPa] | 15,6 | 10,4 | 7,8 |

TABELA 8. Análise de variância e Teste de Tukey para comparação dos valores médios da tensão axial necessária para desprendimento do fruto nos estádios de maturação verde, intermediário e maduro.

| Propriedade | Estádio de Maturação do fruto | | | | | | | |
|---|-------------------------------|--------|--------|------------------------|----------------------|---|-------|------|
| | Verde | De vez | Maduro | F _{calculado} | F _{crítico} | | | |
| Tensão axial [MPa] (força axial/área seção transversal do pedúnculo) | 14,6 | A | 9,7 | BC | 7,3 | C | 15,00 | 3,35 |

*As médias em linha seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a nível de 0,05 de probabilidade.

CONCLUSÕES

De acordo com os métodos adotados no trabalho conclui-se que:

- As grandezas geométricas de comprimento e diâmetro do pedúnculo apresentaram variação significativa entre os estádios de maturação verde e maduro, respectivamente 15,1% e 22,4%, porém a relação comprimento/diâmetro permaneceu estatisticamente sem alteração.
- A massa específica do fruto apresentou diferença significativa aumentando de 15,3% do estágio de maturação verde para o maduro, e manteve igualdade de média entre os

- estádios verde e de vez. A massa específica do pedúnculo não apresentou diferença significativa entre os três estádios de maturação.
- A força de desprendimento do fruto apresentou diferença significativa entre os estágios de maturação, atingindo um valor de 34 N para frutos maduros. A tensão axial aplicada no pedúnculo variou entre 7,8 e 15,6 MPa. A força e a tensão axial de desprendimento do fruto decresceram com o avanço do estágio de maturação.
 - As frequências naturais teóricas estimadas para o 1º modo de vibração variou entre 17,1 e 20,7 Hz. Apesar de serem valores teóricos estimados, eles fornecem indícios da possibilidade de trabalhar com frequências maiores que as disponíveis na colhedora, novos estudos precisam ser realizados para validação destas frequências naturais.

REFERÊNCIAS

CORTEZ, L.A.B., BRAUNBECK, O.A., CASTRO, L.R., ABRAÃO, R.F., CARDOSO, J.L. Sistemas de colheita para frutas e hortaliças: oportunidades para sistemas semimecanizados. **Revista Frutas & Legumes**, v.2, n.12, p.26-29, 2002.

CUNHA, J.P.B.; MACHADO, T.A.; SANTOS, F.L.; COELHO, L. M. Perdas na Colheita de tomate industrial em função da regulagem da colhedora. **Pesquisa Agropec. Trop., Goiânia**, v.44, n.4, p.363-369, 2014.

FÁBIO L. S.; DANIEL M. Q.; FRANCISCO DE A. C. P.; RICARDO C. R. Efeito da frequência e amplitude de vibração sobre a derriça de frutos de café. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.14, n.4, p.425–431, 2010.

GAMEIRO, A.H., CAIXETA FILHO, J.V., ROCCO, C.D., RANGEL, R. Estimativa nas perdas no suprimento de tomates para processamento industrial no estado de Goiás. **Informações Econômicas**, v.37, n.7, p.7-16, 2007.

GIORDANO, L. B.; RIBEIRO, C. S. C. Origem, botânica e composição química do fruto. In: SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. (Eds.). Tomate para processamento industrial. Brasília: **Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia**, 2000.

GOMES, D.; FERRAZ, A. D. Mechanical behavior of “niagara rosada” grape berry detachment. **Engenharia Agrícola**, v.31. n.6, p.1115-1122, 2011.

GUARESI. TOMATO HARVESTERS. **Site**. <http://guaresi.com/raccoglitrici-di-pomodoro/g-8993-ms-40/>. Acessado em: 10/maio/2015.

HARRIS, C. M. ; PERSOL, A. G. Harris Shock and Vibration Handbook. Fifth edition, New York. MacGraw-Hill, 1168p. 2002.

HERNÁNDEZ. V.; CORONEL, C. I. Propiedades físico-mecánicas que caracterizan la resistencia mecánica del conjunto rama-pedúnculo-fruto del tomate variedad Campbell-28 como objeto de la mecanización de su cosecha. **Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias**, v.11, n.4, p.35-40, 2002.

IBGE, Levantamento sistemático da produção agrícola - LSPA. Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento de safras agrícolas. **IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**– Abril 2015, localizado em :

ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_mensal/Fasciculo/lspa_201504.pdf, acessado em 10/05/2015.

KUNA-BRONIOWSKA, I., GLADYSZEWSKA, B., AND CIUPAK, A. Effect of storage time and temperature on Poisson ratio of tomato fruit skin. **International Agrophysics. Int. Agrophys**, v.26, p.39-44, 2012. doi: 10.2478/v10247-012-0006-x.

MELO, P.C.T.; VILELA, N.J. Desafios e perspectivas para a cadeia brasileira do tomate para processamento industrial. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.1, p.154-157, 2005.

POLAT, R.; ACAR, I.; BILIM, H. I. C.; SAGLAM, R.; EROL, A. K.. B. Determination of spring rigidity and fruit detachment force with respect to harvesting technique in pistachio nut trees. **African Journal of Agricultural Research**, v.6, n.3, p.532-537, 2011.

TRACKER, Video Analysis and Modeling Tool. Software Tracker 4.86, Copyright© 2014, Douglas Brown. www.cabrillo.edu/dbrowntracker. Um projeto de: Open Source Physics. www.opensourcephysics.org.

TORREGROS, A. A.; ALBERT, F.; ALEIXOS, N., ORTIZ, C., BLASCO, J. Analysis of the detachment of citrus fruits by vibration using artificial vision. **Biosystems Engineering**, v.119, s/n, p.1-12, 2014.

ZHI-GUO, L., JI-ZHAN L., PING-PING, L. AND JIAN-JUN J., Study on the collision-mechanical properties of tomatoes gripped by harvesting robot fingers. **African Journal of Biotechnology** v.8, n.24, p.7000-7007, 2009.