

- SIMÕES, C. M. O. et al. **Farmacognosia: do produto natural ao medicamento**. [s.l.] Artmed Editora, 2016.
- TEIXEIRA, B. P. et al. A Fitoterapia no Brasil: da Medicina Popular à regulamentação pelo Ministério da Saúde. 2012.
- VALÉCIO, M. DE. **Especial Fito**. Disponível em: <https://issuu.com/guiadafarmacia/docs/fito_281_baixa>. Acesso em: 20 jul. 2018.
- YOO, D. S. et al. HPLC-ELSD analysis of 18 platycosides from balloon flower roots (*Platycodi Radix*) sourced from various regions in Korea and geographical clustering of the cultivation areas. **Food Chemistry**, v. 129, n. 2, p. 645–651, 15 nov. 2011.
- ZHANG, L. et al. *Platycodon grandiflorus* – An Ethnopharmacological, phytochemical and pharmacological review. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 164, p. 147–161, 22 abr. 2015.
- ZHENG, P. et al. Characterization of polysaccharides extracted from *Platycodon grandiflorus* (Jacq.) A.DC. affecting activation of chicken peritoneal macrophages. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 96, p. 775–785, 1 mar. 2017.

**MODELO DE VISÃO COMPUTACIONAL PARA MENSURAR O FORMATO DE FRUTO
DE MELÃO AMARELO**

L. G. Pinheiro Neto^{1,*}, R. R. Calixto³, M. F. Aragão³, T. S. Cavalcante³ E. de O. Silva⁴

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Sobral, CE, Brasil, Av. Dr. Guarani, 317, 62042-030

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Fortaleza, CE, Brasil, Av. Treze de Maio, 2081, 60040-531

³ Universidade Federal do Ceará CCA/UFC, Campus do Piçá, Fortaleza, CE, Brasil, Departamento de Engenharia Agrícola, Bloco 804, 60455-760

⁴ Embrapa Agroindústria Tropical, Rua Dr.^a Sara Mesquita, 2270, Fortaleza, CE, Brasil, 60511-110

* Autor correspondente, e-mail: luis.neto@ifce.edu.br

Resumo: O objetivo deste trabalho foi mensurar o formato do melão amarelo através de técnicas de visão computacional (VC). Para fazer isso, uma câmera digital foi usada para tirar fotos de todos os melões ($n = 135$). O processamento das imagens consistiu na filtragem de cores no espaço RGB, pelo método de Otsu, na detecção dos contornos do melão. A razão de forma (SR) foi estimada com base nos diâmetros do melão (L - longitudinal e T - transversal), obtidos por meio de paquímetro (real) ou visão computacional (CV). Com base no conjunto de dados reais (paquímetro), os melões foram classificados por SR em quatro grupos, considerados como referência. O algoritmo baseado em CV foi capaz de classificar os mesmos melões nos mesmos grupos com porcentagem de acerto de 96%. A correlação entre o produto da multiplicação de ambos os diâmetros ($L_{cv} * T_{cv}$) e da área de melão (pixel^2) foi muito forte (0,9987 **), e o coeficiente de calibração de 93 pixels por centímetro apresentou um bom ajuste. Com base nesses dois resultados, os diâmetros, em centímetros, foram previstos a partir das medidas de L e T, em pixel, obtidas por visão computacional.

Palavras-chave: Automação, Algoritmo, Cucumis melo L, Inteligência Artificial

COMPUTER VIEW MODEL FOR MEASURING YELLOW MELON SIZE AND FORMAT

Abstract: The objective of this work was to measure the shape of the yellow melon using computational vision (VC) techniques. To do this, a digital camera was used to take pictures of all melons ($n = 135$). Image processing consisted of color filtering in RGB space, by the Otsu method, in detecting melon contours. The shape ratio (SR) was estimated based on the melon diameters (L - longitudinal and T - transverse), obtained by caliper (real) or computational vision (CV). Based on the actual data set (caliper), melons were classified by SR in four groups, considered as reference. The CV-based algorithm was able to classify the same melons in the same groups with a hit percentage of 96%. The correlation between the multiplication product of both diameters ($L_{cv} * T_{cv}$) and melon area (pixel^2) was very strong (0.9987 **), and the calibration coefficient of 93 pixels per centimeter showed a good fit. Based on these two results, the diameters, in centimeters, were predicted from the L and T pixel measurements obtained by computer vision.

Keywords: Algorithm, Artificial Intelligence, Cucumis melo L, Precision Agriculture

1. Introdução

O Brasil produziu 596.430 (1,90%) e exportou 224.688 (9,90%) toneladas, gerando uma taxa de câmbio de 154.298.760 dólares (FOB). O Nordeste brasileiro concentrou 94,72% da produção e 99,97% da exportação de melão. De 2006 a 2016, o melão ficou em primeiro lugar nas exportações brasileiras de frutas frescas. Portanto, o melão é um dos principais itens das exportações brasileiras,

o que é relevante para a balança comercial do país, além de gerar renda e milhares de empregos em uma das regiões mais pobres do Brasil.

As tecnologias de pós-colheita (Crisosto et al., 2014) permitiram a distribuição intercontinental de frutas frescas para atender às demandas globais de produtos de alta qualidade (Mahajan et al., 2014). Neste contexto, as tecnologias de classificação são extremamente úteis para garantir frutos de alta uniformidade.

Muitas vezes, a classificação dos frutos ocorre manualmente, normalmente, para classificação do Melão é usado um equipamento que classifica por diâmetro. Existem diversas soluções técnicas para classificar os melões com base na sua relação de forma, como o sistema de visão computacional (CV), que tem como principais vantagens a uniformidade e a alta velocidade de classificação (Eissa e Khalik, 2012). Atualmente, equipamentos baseados em CV são capazes de ordenar 24 ou mais frutos por segundo (Subramaniam e Balasubramanian, 2015). Atualmente, a avaliação do tamanho (peso e forma) do fruto por CV no Nordeste do Brasil ainda está em nível de pesquisa. Existem estudos de processamento de imagem baseados em melões Cantaloupe (Rashidi et al., 2010).

Em geral, as técnicas de CV foram desenvolvidas em função das características físicas (tamanho e volume) do fruto (Schulze et al., 2015), incluindo processamento de imagens por smartphone. Outras características externas, como a cor da pele, têm sido utilizadas para prever o estágio de maturação dos frutos de citros (Cubero et al., 2014). Além disso, Liu et al. (2016) treinaram um modelo de rede neural para segmentar maçãs de amostras de cores RGB (Sistema Vermelho, Verde e Azul) e HSI (Matiz, Saturação e Intensidade).

Este trabalho teve como objetivo desenvolver um novo modelo de abordagem baseado na visão computacional para relação de forma (SR) e do melão amarelo cultivado no Nordeste do Brasil.

2. Materiais e Métodos

O melões foram avaliados no Laboratório de Tecidos Vegetais do IFCE Campus Sobral, CE. Para a classificação do melão por SR foi definido como: comprimido ($RF < 0,9$); esférico ($0,9 \leq RF \leq 1,1$); oblongo ($1,1 < RF \leq 1,7$) e cilíndrico ($RF > 1,7$). Este trabalho segue este padrão de RF para a classificação dos melões (LOPES, 1982)

2.1. Descrição do modelo teórico

Imagens de 135 melões foram tiradas usando uma câmera digital (Nikon, D 3100, Tóquio, Japão), equipada com lente Nikkor AF-S DX) e configurada no modo automático, sistema de cores RGB, distância focal 18 mm, abertura máxima (f) 5,6 e resolução máxima de 4608×3072 pixels. A estrutura de aquisição de imagens é apresentada na figura 1.

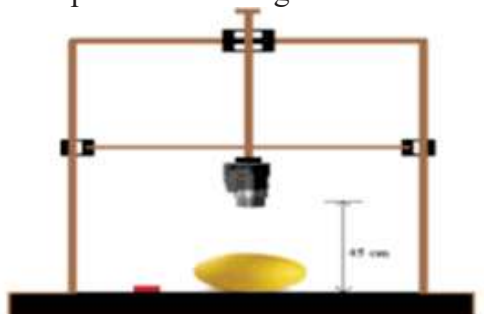


Figura. 1. Desenho esquemático da estrutura desenvolvida para fixação da câmera (Nikon d3100) usada para capturar imagens de melões amarelos.

A estrutura fixou a câmera a 45 cm de distância do fundo. Essa distância foi obtida a partir do melão mais oblongo. Após tirar as imagens, uma balança digital foi utilizada para pesagem do melão em quilos. Logo em seguida, os diâmetros de cada melão (longitudinal e transversal) foram medidos em paquímetro. O sistema proposto, neste trabalho, foi desenvolvido em linguagem de

programação C ++ (Bell Labs, Berkeley Heights, Nova Jersey, EUA) e algumas funções da biblioteca OpenCv 3.0 (Open Source Computer Vision Library).

2.1.1. Pré-processamento de imagens

O pré-processamento das imagens consiste em filtrar as cores predominantes do melão e do gabarito (conforme descrito por Tang et al., 2016), visando a detecção e segmentação dos frutos e do gabarito. A cor predominante do melão é amarela e a cor do modelo é vermelha. Como o sistema RGB (Vermelho, Verde e Azul) não possui um canal que represente diretamente a cor amarela, mas possui o canal vermelho, que representa a cor do modelo, o algoritmo foi desenvolvido para produzir uma nova imagem em escala de cinza (Imagem A) com base na seguinte equação 1:

$$A = 2R - (G + B) \quad (1)$$

onde A é a imagem em escala de cinza gerada; R, G e B são os valores de vermelho, verde e azul no sistema RGB.

2.1.2. Estimativas do formato do melão amarelo

As imagens foram segmentadas usando o algoritmo Otsu threshold (Otsu, 1979). Para a razão de forma (SR), o algoritmo mediu primeiramente os diâmetros longitudinal (L) e transversal (T), usando o sistema de coordenadas polares. O primeiro passo foi definir o centróide (O) na imagem A na figura 2. A soma do número de pixels (Contpixels) em cada direção (x ou y) determinou as coordenadas da linha (ym) e da coluna (xm), e a relação entre 'ym' e 'xm' definiram as coordenadas do centróide (O), com base na seguinte equação 2:

$$A_{melão}(cm^2) = \frac{4(cm^2) * A_{melão}(pixels^2)}{A_{template}(pixels^2)} \quad (2)$$

Onde a partir das imagens A e B, respectivamente, estimar a área do template ($A_{template}$, no $pixel^2$) e a do melão ($A_{melão}$, em $pixel^2$), e então calcular a área do melão em centímetro quadrado ($A_{melão}$, em cm^2).

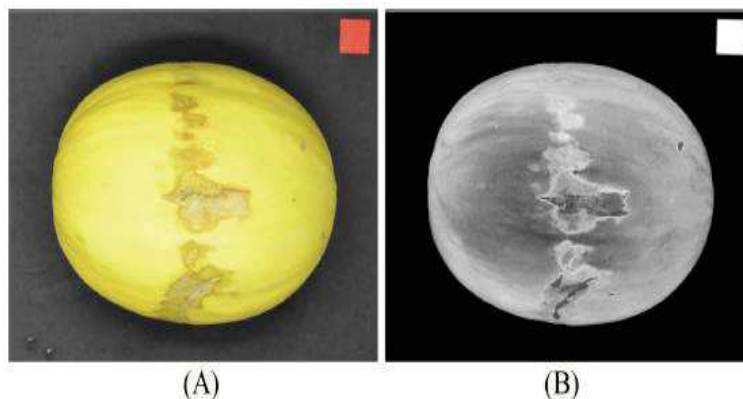


Figura. 2. Um exemplo de imagens tiradas de melão amarelo (A) e imagem em tons de cinza (Imagem A) após a filtragem como um método de pré-processamento (B).

2.2. Delineamento experimental

Análises estatísticas e modelos de regressão foram realizados utilizando o Microsoft Excel (Microsoft Corporation, Redmond, Washington, EUA) e o Action Stat Pro (Statcamp, São Carlos, São Paulo, Brasil). A intensidade da associação linear entre as variáveis dependentes e independentes foi quantificada através da análise de correlação de Pearson.

3. Resultados e Discussão

O resumo da correlação entre $L_{cv} * T_{cv}$ e $A_{melão}(pixel^2)$ esta descrito nas figuras 3 e 4, onde pode ser visto uma correlação muito forte (0,99987 **) e o fator de calibração (93 pixels por centímetro) é verdadeiro, foi possível prever os diâmetros (Longitudinal e Transversal), em centímetros, a partir apenas das medidas de L e T por visão computacional (L_{cv} e T_{cv}).

Este trabalho seguiu a tendência de desenvolver técnicas de CV com base nas características físicas dos frutos, como defeitos superficiais, tamanho e volume (Schulze et al., 2015). Sabemos que sistemas similares já foram descritos e as tecnologias de CV mais avançadas permitem fazer essas medições facilmente em tempo real a uma velocidade muito alta, usando câmeras industriais de alta precisão (Costa et al., 2011). No entanto, o sistema proposto neste trabalho é uma solução viável e de baixo custo para ser facilmente adaptada ao Nordeste brasileiro, uma vez que essas câmeras industriais são muito caras.

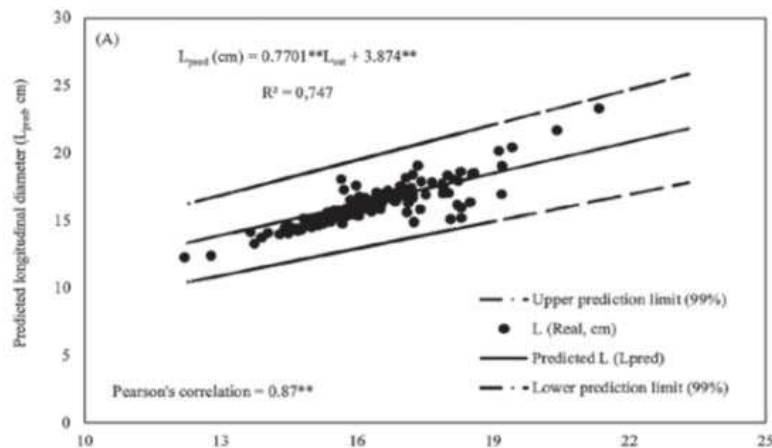


Figura 3. Diâmetros longitudinal (mínimo) e longitudinal (teste) estimados, com base no fator de calibração (93 pixels por centímetro), usado para prever em centímetros, ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F, correlação de Pearson entre L_{real} e L_{teste} .

Além disso, o sistema é útil como uma ferramenta de fenotipagem rápida em programas de melhoramento de melão. Embora esteja bem estabelecido que a qualidade interna desempenha um papel importante no melhoramento genético do melão, a aparência externa continuará a ser um importante atributo visual do consumidor, e um aspecto da aparência externa é o tamanho do fruto.

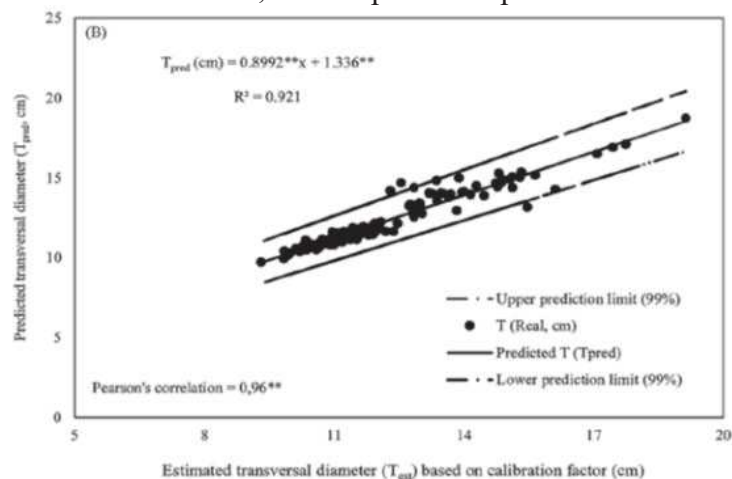


Figura 4. Diâmetros transversal (mínimo) e transversal (teste) estimados, com base no fator de calibração (93 pixels por centímetro), usado para prever, em centímetros, ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F, correlação de Pearson entre T_{real} e T_{teste} .

Neste sentido, a determinação do formato do fruto é essencial para programas de melhoramento e, também, para desenvolver um sistema de classificação automático para os frutos de melão amarelo, para os quais duas variáveis relacionadas ao tamanho, forma e o peso, são normalmente obrigatórias. O sistema é útil também para determinar o volume da fruta. Nos programas de melhoramento, o volume é uma variável usada para estudar a relação entre a taxa de expansão e a suscetibilidade a distúrbios fisiológicos, como o craqueamento no melão (Bairam e Green, 2018).