

## CLASSIFICAÇÃO DE PÊSSEGO 'DOURADÃO' POR CALIBRE E COR ATRAVÉS DE IMAGENS DIGITAIS

JULIANA SANCHES<sup>1</sup>, ANTONIO C. L. LINO<sup>2</sup>, GABRIELA R. DE OLIVEIRA<sup>3</sup>,  
BÁRBARA M. P. DA SILVA<sup>4</sup>, EDSON D'ÁVILA<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Eng<sup>a</sup> Agrônoma, Pesquisadora Científica, Centro de Engenharia e Automação, Instituto Agronômico, CEA/IAC, Jundiá - SP, Fone: (0XX11) 4582.8155, jsanches@iac.sp.gov.br.

<sup>2</sup> Eng<sup>o</sup> Agrícola, Pesquisador Científico, Centro de Engenharia e Automação, CEA/IAC, Jundiá - SP.

<sup>3</sup> Eng<sup>a</sup> Agrônoma, Estagiária, Centro de Engenharia e Automação, CEA/IAC, Jundiá - SP.

<sup>4</sup> Bióloga, Doutoranda, Centro de Engenharia e Automação, CEA/IAC, Jundiá - SP.

<sup>5</sup> Eng<sup>o</sup> Eletricista, Doutorando, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas-SP.

Apresentado no  
XLV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2016  
24 a 28 de julho de 2016 - Florianópolis - SC, Brasil

**RESUMO:** Este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de rotina computacional para classificação de pêssegos quanto ao calibre e coloração. O arranjo experimental incluiu uma câmera digital conectada a um computador e as imagens geradas processadas pelo software livre ImageJ. Através de iluminação indireta, 100 pêssegos 'Douradão' foram fotografados e tiveram a largura e comprimento medidos com o auxílio de um paquímetro digital (mm) e a coloração determinada em colorímetro Minolta, sistema L\* a\* b\*. As imagens das frutas foram processadas encontrando-se os valores de comprimento, largura e coloração gerados digitalmente. Esses dados foram corrigidos quanto às distorções da imagem e correlacionados com os valores medidos no paquímetro e colorímetro. O coeficiente de correlação foi de 0,8799 e 0,9539, para o comprimento e largura, respectivamente. Pelos dados da largura, calcularam-se os diâmetros transversais e consequentemente classificaram-se as frutas em calibre, utilizando-se como referência a norma de classificação da Hortibrasil. Em relação à coloração, a correlação da luminosidade, a\* e b\* (imagem e real) foi de 0,5265, 0,4877 e 0,5023, respectivamente. A classificação de pêssegos 'Douradão' em calibre é possível por meio do uso de imagens digitais. Já em relação à coloração, maiores estudos com a iluminação devem ser incentivados.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Prunus persica*, processamento de imagem, classificação eletrônica.

### SORTING OF PEACH 'DOURADÃO' BY CALIBER AND COLOR USING DIGITAL IMAGES

**ABSTRACT:** This study aimed to develop a computational routine for sorting of peaches as to the caliber and color. The experimental setup included a digital camera connected to a computer and the images generated were processed by the free software ImageJ. By indirect lighting, 100 peaches 'Douradão' were photographed and had the width and length measured using a digital caliper (mm) and color determined by Minolta colorimeter, L \* a \* b \*. The images of the fruits were processed and the length, width and color were created digitally. These data were corrected for the distortions of the image and correlated with the values measured in caliper and colorimeter. The correlation coefficient was 0.8799 and 0.9539 for the length and width, respectively. By width data, it was calculated the transversal diameter and therefore it was ranked in to fruit caliber using as a reference the classification standard of Hortibrasil. With regard to color, the correlation of luminosity, a\* and b\* (image and real)

was 0.5265, 0.4877 and 0.5023, respectively. The sorting of peaches 'Douradão' in caliber is possible using digital images. In relation to color, more studies with lighting should be encouraged.

**KEYWORDS:** *Prunus persica*, image processing, electronically classification.

## INTRODUÇÃO

O interesse pela pós-colheita de frutas tem aumentado nos últimos anos no Brasil, em virtude de grandes safras, do aumento do consumo, da necessidade de um abastecimento permanente do mercado com frutas frescas e do incremento no volume de exportações (BELING, 2004). Além disso, o consumidor tem se tornado cada vez mais exigente quanto à qualidade do produto final (ALEIXOS et al., 2002). No beneficiamento e comercialização de frutas, a qualidade externa é considerada um parâmetro de grande importância. A aparência, constituída por aspectos de forma, tamanho, cor e presença de danos influencia a percepção do consumidor e, portanto, determinam o nível de aceitabilidade desses produtos. Isso tem motivado a preocupação no que se refere à preservação da qualidade da fruta visando o prolongamento no período de comercialização, bem como sua seleção e classificação.

O desenvolvimento da ciência e tecnologia, em especial o desenvolvimento da tecnologia da informação, tem tornado disponível muitos métodos não destrutivos para a análise de materiais, que podem também ser aplicados em frutas (ZERBINI, 2006). Atualmente a indústria frutícola necessita de técnicas não destrutivas para a seleção e certificação on-line de frutas de alta qualidade. Contudo, há uma lacuna entre o que a indústria quer determinar e o que é atualmente determinado pelos métodos não destrutivos existentes (CUNHA JUNIOR et al., 2012).

Entre as técnicas não destrutivas que têm sido estudadas na área agrícola é a visão de máquina, cujo escopo é promover a objetividade da classificação dos produtos (BROSNAN & SUN, 2004). A técnica de visão de máquina consiste na caracterização de um dado material utilizando imagens digitais. O processo compreende a captura, processamento e análise das imagens, facilitando a avaliação objetiva e não-destrutiva das características de qualidade do produto (SONKA et al., 1999).

Nos últimos anos, vários autores têm comentado sobre os principais avanços neste setor. STUDDMAN (2001) analisou as operações de pós-colheita da indústria, onde os computadores e tecnologias de eletrônicos tiveram um grande impacto. BROSNAN & SUN (2004) compararam diferentes sistemas de visão de máquina para detectar danos e doenças em hortaliças. GARCÍA-RAMOS et al. (2005) revisaram o estado-da-arte de sensores não-destrutivos para avaliação de firmeza dos frutos. BUTZ et al. (2005) e NICOLAI et al. (2006) compararam diferentes tecnologias para caracterizar a qualidade interna de frutas e hortaliças. ROCHA et al. (2010) estudaram sobre a possibilidade de classificação de diversas frutas por imagens digitais, enquanto que MOREDA et al. (2009) realizaram uma importante revisão sobre classificação por tamanho e MOREDA et al., (2012) por formato, ambos através de técnicas não destrutivas. Em pêssegos, SANCHES & LINO (2015) estudaram sobre a possibilidade de desenvolvimento de metodologias para seleção de pêssegos 'Chimarrita' com resultados bastante satisfatórios para classificação por tamanho e coloração.

Dentro deste contexto, este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de rotina computacional e conseqüentemente sua validação visando classificar pêssegos 'Douradão' quanto ao calibre e coloração da casca.

## MATERIAL E MÉTODOS

O arranjo experimental foi constituído de uma câmera CCD, marca Canon, modelo Powershot Pro1 com resolução de 8 MPixel, acoplada ao notebook Acer e colocada acima dos frutos (Figura 1A) e iluminados lateralmente por quatro lâmpadas fluorescentes de 8W. O software Zoom Browser EX foi utilizado para ajustar as funções da câmera, tais como foco e zoom. Em volta do fruto foi colocado um cilindro de papel branco (difusor) para se evitar reflexos, bem como dispostos sobre um tecido preto para melhorar o seu contraste com o fundo e então tomadas as fotos digitais para a análise do comprimento, diâmetro e coloração por meio do processamento da imagem.

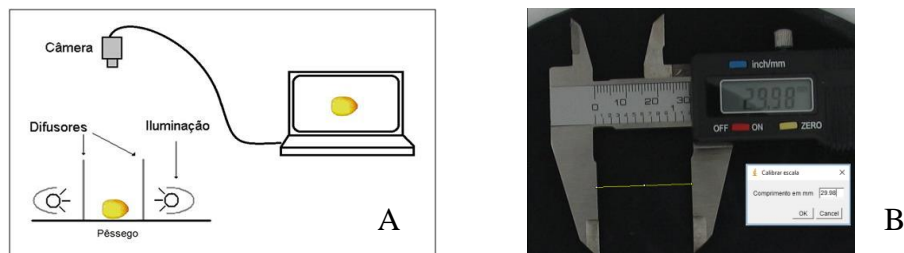


FIGURA 1. Arranjo experimental para a captura das imagens digitais (A); medida do paquímetro para realizar a correção das distorções da imagem (B). **Experimental setup for the capture of digital images (A); measurement of digital caliper to perform the correction of image distortion (B).**

Foram utilizados 100 frutos de pessegueiro cv. Douradão adquiridos de produtores locais de Jundiaí-SP. Simultaneamente às fotos, o comprimento e o diâmetro dos frutos foram medidos com o auxílio de um paquímetro digital (mm) e a coloração determinada na casca de um dos lados do fruto através do espectrofotômetro CM-5 (Konica Minolta) (D65/10°).

Uma vez que as imagens capturadas tinham a resolução de 8 MPixels (3.264 x 3.448 pixels) elas foram reduzidas para 0,3 MPixels (640 x 480 pixels), que é a resolução mais comum para câmeras industriais. Foi desenvolvida uma rotina computacional (*macro*), em Java, através do *software* ImageJ para realizar o tratamento e análise das imagens. As medições de comprimento e diâmetro e colorações reais e na imagem foram comparadas através do cálculo do coeficiente  $R^2$ .

Por meio de algoritmos desenvolvidos em Java, foi possível processar a fruta na imagem. Os algoritmos utilizaram combinações de estruturas de repetições relacionadas com a geometria da fruta analisada individualmente, tendo como base comparações e aproximações em pixels feitas a partir das imagens capturadas. Uma foto do paquímetro foi tirada contendo tamanho em mm conhecido e foi considerado como padrão para a correção das distorções dos pixels das imagens (Figura 1B). Mediu-se a linha amarela (Figura 1B) e transformaram-se os valores de pixel em milímetros. Uma rotina salvou uma planilha com as dimensões de comprimento e diâmetro em mm, calibre (Tabela 1) e outra com os resultados de luminosidade (L),  $a^*$  e  $b^*$ .

TABELA 1. Classificação de pêssegos em calibre. **Classification of peaches by caliber.**

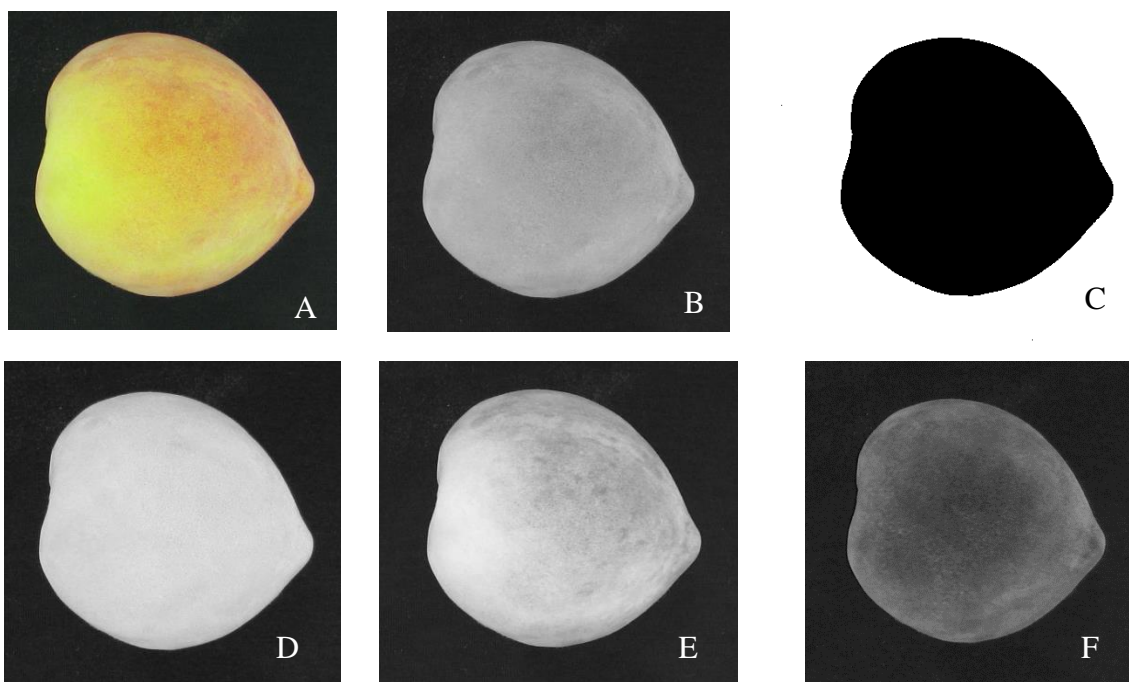
Calibre	Diâmetro (mm)
0	Maior que 25 até 35
1	Maior que 35 até 45
2	Maior que 45 até 51
3	Maior que 51 até 56
4	Maior que 56 até 61
5	Maior que 61 até 67
6	Maior que 67 até 73
7	Maior que 73 até 80
8	Maior 80

Fonte: PBMH & PIF (2008).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A rotina computacional foi dividida em duas etapas: a primeira a tomada da coloração da casca e a segunda para realizar as medições de comprimento e largura do fruto.

Para a realização da rotina de coloração, dividiu-se cada uma das imagens em canal 8 bits e binarização da imagem (Figura 2B e 2C) e seus canais RGB, ou seja, nas cores primárias vermelho, verde e azul (Figura 2D, 2E e 2F), que são imagens em tons de cinza correspondentes aos níveis de cada uma destas cores presentes na imagem original (Figura 2A). Por fim foram separadas em L, a\* e b\* com as regiões de interesse (RDI) nos centros dos frutos 2 (Figura 2G, 2H, 2I). As RDI's foram marcadas através de um círculo com diâmetro igual ao do visor do colorímetro (33 mm) e tomaram-se as medidas das médias da coloração (L, a\* e b\*).



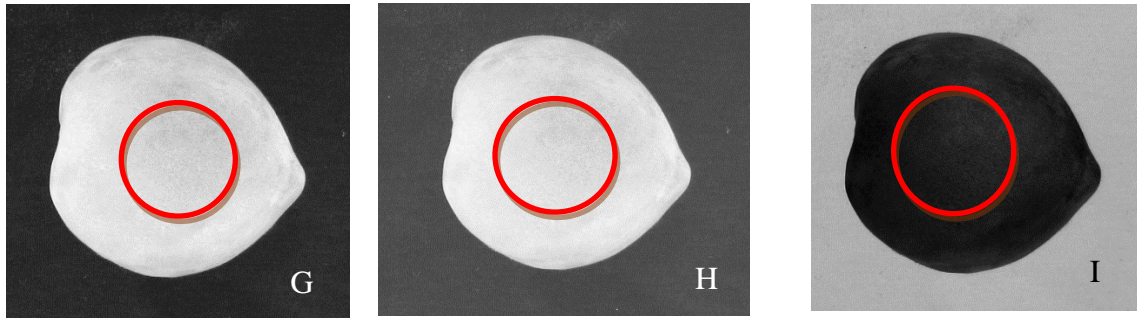


FIGURA 2. Imagem original do pêsego ‘Douradão’ (A); imagem 8 bits (B); imagem binarizada (C); canal R (vermelho) (D); canal G (verde) (E); canal B (azul) (F); L – luminosidade (G); a\* (H); b\* (I). **Original image of peach ‘Douradão’ (A); 8 bits image (B); Binarized image (C); channel R (red) (D); channel G (green) (E); channel B (blue) (F); L – luminosity (G); a\* (H); b\* (I).**

Em relação a rotina de tamanho, para determinação dos diâmetros, comprimentos e calibre optou-se pela utilização do canal R (vermelho) (Figura 2D), pois este apresentou maior contraste entre os pêsegos e o fundo. Em seguida foi feita a binarização da imagem (Figura 3A) e após o comando *convert to mask* mediu-se o comprimento, diâmetro e consequentemente o calibre da imagem do fruto (Figura 3B).



FIGURA 3. Imagem binarizada do pêsego ‘Douradão’ (A); e imagem com as medidas de diâmetro e comprimento (B). **Binarized image of peach ‘Douradão’ (A); and image with the diameter and length measurements (B).**

Na Figura 4 encontraram-se as correlações do comprimento e diâmetro (em mm) dos pêsegos na imagem e real. Observa-se que o coeficiente  $R^2$  do comprimento na imagem e real foi de 0,8799 (Figura 4A). O coeficiente  $R^2$  do diâmetro na imagem e real apresentou boa correlação ( $R^2 = 0,9539$ ), conforme mostrado na Figura 4B. Percebe-se que as correlações do comprimento bem como o do diâmetro tiveram alta relação entre as medições da imagem e as realizadas pelo paquímetro. Possivelmente, entre as principais razões para que o coeficiente de correlação tenha dado valor mais baixo quanto ao comprimento em relação ao diâmetro pode ser devido ao ápice proeminente que o pêsego apresenta em uma das extremidades, podendo dificultar os resultados.

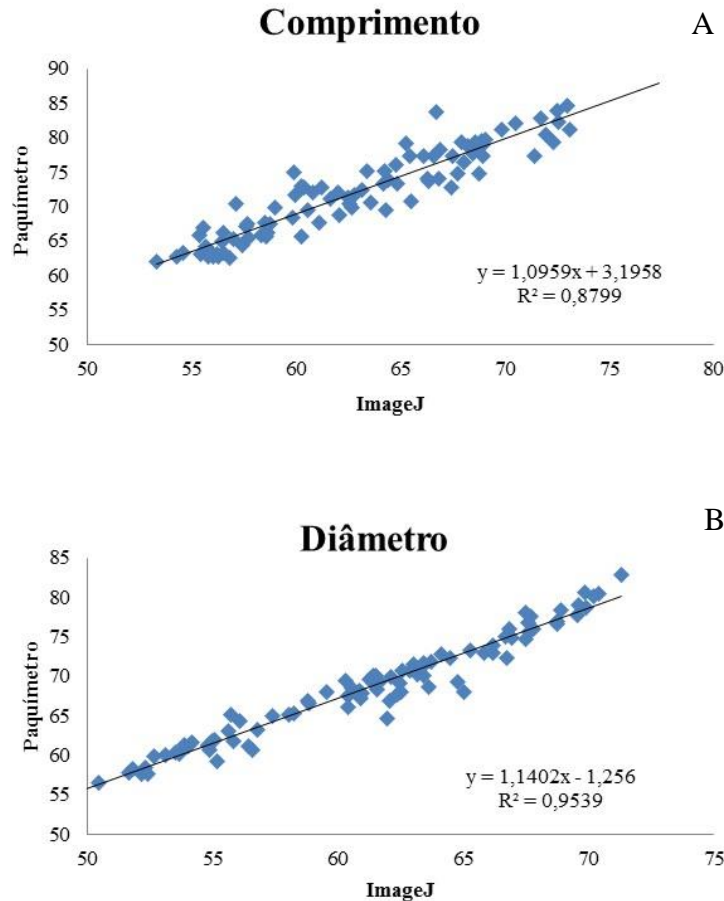


FIGURA 4. Correlação entre o comprimento (mm) (A) e diâmetro (mm) (B) real (paquímetro) e na imagem. **Correlation between the length (mm) (A) and diameter (mm) (B) real (caliper) and by the image.**

Em relação à coloração, a correlação da luminosidade,  $a^*$  e  $b^*$  (imagem e real) foi de 0,5265 (Figura 5A), 0,4877 (Figura 5B) e 0,5023 (Figura 5C), respectivamente. Porém, os resultados de correlação encontrados no presente trabalho ainda não podem ser considerados satisfatórios, pois, ainda há necessidade de estudos, principalmente em ajustes na iluminação, para aumentar esses valores e consequentemente melhorar a confiabilidade do método de classificação por coloração através de imagem. Vale ressaltar que a luminosidade vai de 0 (preto) a 100 (branco), enquanto que os parâmetros de coloração  $a^*$  e  $b^*$  informam sobre a cor. Em  $a^*$ , valores positivos indicam magenta e negativos verde, enquanto em  $b^*$ , valores positivos indicam azul e negativos. Segundo TEZUKA et al., (2009), a taxa de acerto do nível de maturação em relação a escala de maturação de Von Loesecke é de 50% para os observadores a olho nu e 100% com a visão computacional.

A rotina desenvolvida para o tamanho foi capaz de calcular o calibre de cada fruta, baseado em nove tamanhos (Tabela 1). Vale ressaltar que os valores dos calibres da imagem foram ajustados com as equações lineares e estão apresentados na Figura 6.

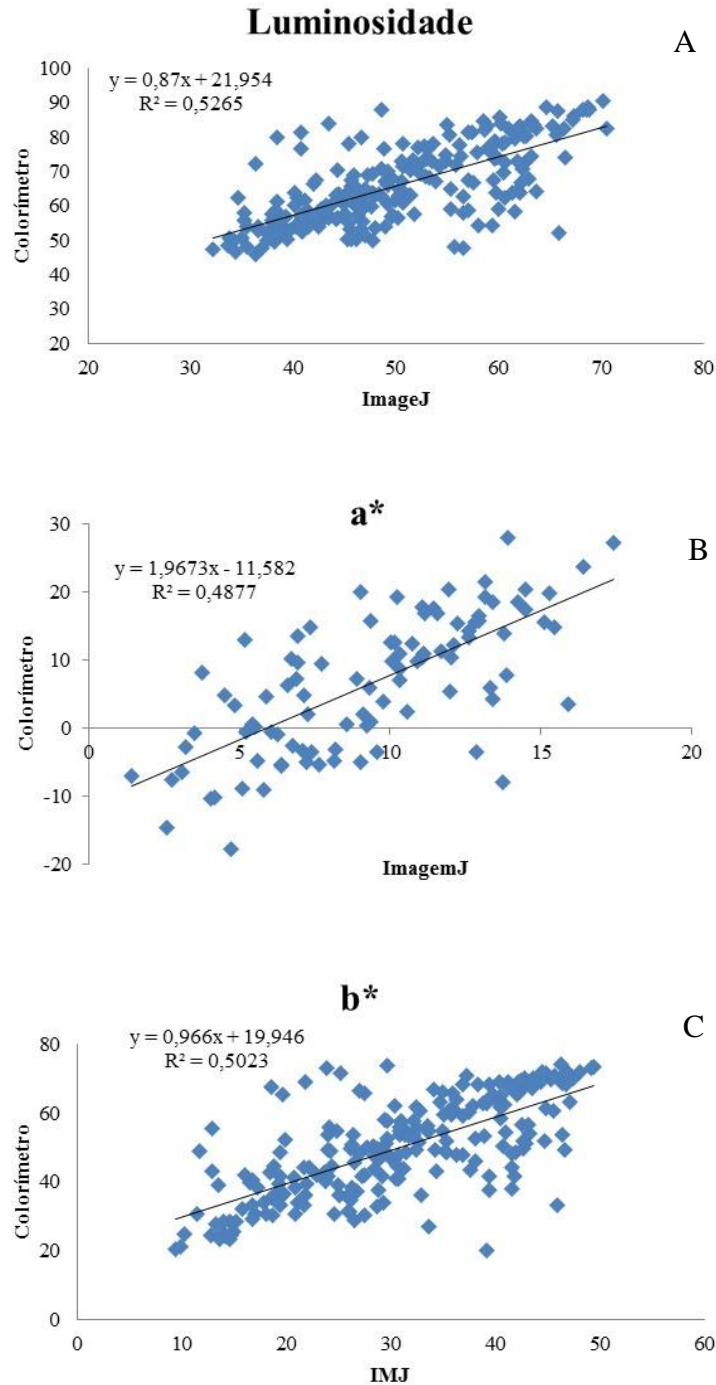


FIGURA 5. Correlação entre os parâmetros da coloração quanto à luminosidade (A), a\* (B) e b\* (C) na imagem e colorímetro. **Correlation between the parameters of color on the luminosity (A), a\* (B) b\* (C) in the image and colorimeter.**

SANCHES & LINO (2015) obtiveram resultados semelhantes ao encontrado neste trabalho quando estudaram a classificação de pêssegos ‘Chimarrita’ por imagem em rotinas similares. Entende-se que a pesquisa em visão de máquina na definição de forma de produtos hortícolas não é um assunto superado, porque a cada nova aplicação, novos desafios são conhecidos (MOREDA et al. 2012). Portanto, as pesquisas necessitam avançar para tornar o sistema de classificação com alta eficiência e este trabalho mostrou que isso pode ser possível.

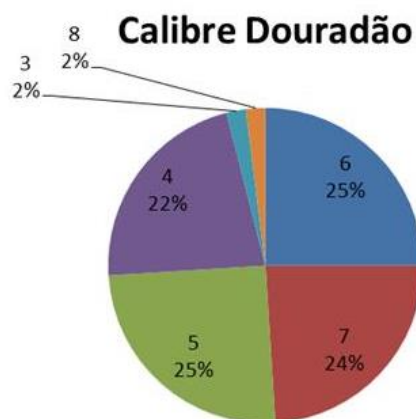


FIGURA 6. Calibres de pêssegos ‘Douradão’ (%) através das imagens digitais. **Calibers of peaches ‘Douradão’ (%) by digital images.**

## CONCLUSÕES

A classificação de pêssegos ‘Douradão’ em diâmetro, comprimento, calibre e cor são possíveis por meio do uso de imagens digitais, embora outros estudos devam ser incentivados para validação desse sistema, principalmente com relação à iluminação.

## AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo / FAPESP, pelo auxílio financeiro deste trabalho (Proc. n. 2013/25728-7) e ao CNPQ pela bolsa de produtividade em desenvolvimento tecnológico e extensão inovadora do primeiro autor.

## REFERÊNCIAS

- ALEIXOS, N.; BLASCO, J.; NAVARRÓN, F.; MOLTÓ, E. Multispectral inspection of citrus in real-time using machine vision and digital signal processors. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 33, p.121–137, 2002.
- BELING, R.R. **Anuário brasileiro da fruticultura**. Santa Cruz do Sul: GAZETA SANTA CRUZ, 2004. 136p.
- BROSNAN, T.; SUN, D.W. Improving quality inspection of food products by computer vision - a review. **Journal of Food Engineering**. v. 61, p. 3-16, 2004.
- BUTZ, P.; HOFMANN, C.; TAUSCHER, B. Recent developments in noninvasive techniques for fresh fruit and vegetable internal quality analysis. **Journal of Food Science**. v. 70, p.131–141, 2005.
- CUNHA JUNIOR, L. C. ; SANCHES, J. ; LINO, A. C. L. ; TEIXEIRA, G. H. A. . Perspectivas de uso de métodos não destrutivos para a determinação da qualidade pós-colheita de frutas. 2012. In: XXII Congresso Brasileiro de Fruticultura, 2012, Bento Gonçalves. **Anais...** Vitória da Conquista: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2012. v.1, p.1-14.

- GARCÍA-RAMOS, F.J.; VALERO, C.; HOMER, I.; ORTIZ-CAÑAVATE, J.; RUIZ-ALTISENT, M. Non-destructive fruit firmness sensors: a review. **Spanish Journal of Agricultural Research**. v. 3, p.61–73, 2005.
- MOREDA, G.P.; MUÑOZ, M.A.; RUIZ-ALTISENT, M.; PERDIGONES, A. Shape determination of horticultural produce using two-dimensional computer vision – A review. **Journal of Food Engineering**, v.108, p.245-261, 2012.
- MOREDA, G.P.; ORTIZ-CAÑAVATE, J.; GARCÍA-RAMOS, F.J.; RUIZ-ALTISENT, M. Non-destructive technologies for fruit and vegetable size determination – a review. **Journal of Food Engineering**, v. 92, p.119-136, 2009.
- NICOLAI, B.M.; BEULLENS, K.; BOBELYN, E.; HERTOOG, M.L.A.T.M.; SCHENK, A.; VERMEIR, S., et al. Systems to characterize internal quality of fruit and vegetables, 2006. In: **Proceedings of the IVth International Conference on Managing Quality in Chains – the Integrated View on Fruits and Vegetables Quality**. Acta Horticulturae, v.712, ISHS, 2006.
- PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA E PRODUÇÃO INTEGRADA DE FRUTAS. **Normas de classificação de pêssego e nectarina**. São Paulo: CEAGESP, 2008. (Documentos, 31).
- ROCHA, A.; HAUAGGE, D.C.; WAINER, J.; GOLDENSTEIN, S. Automatic fruit and vegetable classification from images. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.70, p.96-104, 2010.
- SANCHES, J.; LINO, A.C.L. Seleção pós-colheita de pêssegos através de imagens digitais. In: 1º Congresso Brasileiro de Processamento mínimo e Pós-colheita de frutas, flores e hortaliças, 2015, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Universidade Federal de Sergipe, 2015. v. 1. p. CD-ROM.
- SONKA, M.; HLAVAC, V; BOYLE, R. **Image Processing, Analysis and Machine Vision**. Pacific Grove: Brooks/Cole Publishing Company, 2nd ed., 1999, 770p.
- STUDMAN, C.J. Computers and electronics in postharvest technology – a review. **Computers and Electronics in Agriculture**. v. 30, p.109–124, 2001.
- TEZUKA, E. S.; CRUVINEL, P. E.; PAULA HERRMANN JR, P. S. de. **Classificação da maturação de bananas (*Musca sapientum*) baseada na escala de Von Loesecke e visão computacional**. In: a 1º Jornada Científica, 2009, São Carlos. **Anais...** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste e Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2009. v. 1. p. 127.
- ZERBINI, P.E. Emerging technologies for non-destructive quality evaluation of fruit. **Journal of Fruit Ornamental Plant Research**, v.14, p.13-23, 2006.