

Sistema de visão computacional para classificação de melão amarelo de acordo com o formato

R. R. Calixto, M. F. Aragão, A. B. Rodrigues, L. G. Pinheiro Neto, T. S. Cavalcante

Resumo— Sistemas de visão computacional (VC) são capazes de otimizar um processo de pós-colheita de hortaliças. Este trabalho propõe um processo de VC para classificar o melão amarelo pela estimativa do formato. Para isso, são descritos, uma série de etapas para estimar o formato através da análise de canais dos espaços (RGB e CMYK), mínimo entre imagens, limiarização, detecção de contornos e coordenadas polares. O erro médio entre a definição do formato por VC e operador, foi de 0,032 e desvio padrão de 0,033 com isso, a classificação obteve 100% de acerto. Os métodos propostos podem ser implementados em sistemas embarcados.

Palavras-Chave— Melão, Estimativa do Formato, Visão Computacional.

Abstract— Computer vision systems (VC) are able to optimize a process of post-harvest vegetables. This paper proposes a VC process to classify the yellow melon by estimating format. For this purpose, are described, a series of steps for estimating channel format by analysis of the spaces (RGB and CMYK), minimum between images, thresholding, contour detection and polar coordinates. The average error between the definition of a VC and operator format, was 0.032 and standard deviation of 0.033 with it, the classification obtained 100% accuracy. The proposed methods can be implemented in embedded systems.

Keywords— Melon, Format estimate, Computer Vision.

I. INTRODUÇÃO

Sistemas de VC são capazes de identificar hortaliças em uma cena, a partir de informações pré-definidas e armazenadas em um banco de dados. Estes sistemas são aplicados da agricultura com objeto de automatizar processos de produção que classificam hortaliças de acordo com o formato, peso, teor de açúcar, defeito, tipo e cor. O formato ou relação de formato (RF) do melão é um atributo de qualidade muito importante, desde sua embalagem, transporte e a comercialização. Atualmente na indústria, a classificação de melão amarelo pelo formato é feita de forma manual pelo operador e, na literatura, não existem trabalhos científicos que abordam um estudo sobre a classificação automática desses tipos de melões pelo formato, através de VC.

O melão é um fruto não climatérico da família das cucurbitáceas sendo uma espécie olerícolas com crescente popularidade e demanda no Brasil, além de apresentar um consumo em grande escala principalmente na Europa, Japão e Estados Unidos [1].

Existem uma grande variedade de melão que vão desde a textura, cor da casca, polpa, formato, sabor e tamanho. Os principais tipos de melão são: cantaloupe, amarelo ou espanhol, charentais, pele de sapo, gália, *honey dew* e *orange*

flesh. O melão amarelo e o pele de sapo pertencem ao grupo dos inodoros, enquanto os demais pertencem ao grupo dos aromáticos e são variedades que demandam um manuseio mais cuidadoso [1, 2, 3].

O uso de sistemas de VC no período de pós-colheita de frutas vem se destacando, além de proporcionar ao agricultor rapidez, esses sistemas favorecem maior produção e qualidade no momento de classificar os produtos com base nos atributos de qualidade dos mesmos como cor, formato e textura. Sistemas de automação em conjunto com VC, podem detectar os frutos com doenças, pragas e dependendo do sistema o grau de maturação do fruto. Os estudos de [4] mostram a qualidade de melões de diversos tipos que são exportados pelo porto de Natal, dentro disso, tecnologias de VC poderiam otimizar tanto os processos de avaliação como de produção de hortaliças.

Em [5] foi desenvolvido um sistema para identificar os tipos de defeitos externos usando VC multiespectral. Os parâmetros morfológicos e espectrais, tal como a cor, área, comprimento, largura e raio foram calculados, e essas informações foram combinadas para identificar e distinguir entre os diferentes tipos de defeitos e para separar a fruta de acordo com a severidade do defeito, obtendo 86% de sucesso na separação de 2000 laranjas.

Em [6] foi implementado um algoritmo de processamento de imagens para a extração automática de características de frutas, a partir de imagens digitais em níveis de cinza. A metodologia proposta avalia de forma não destrutiva a qualidade das frutas usando as características de tamanho, forma, cor e rugosidade extraídas da análise de imagens monocromáticas. A cor da laranja foi estimada a partir da análise do histograma de níveis de cinza de uma região retangular, para isso, calculando-se a intensidade média dos tons de cinza nessa região. Estes algoritmos foram testados em um sistema experimental automático de inspeção visual de laranjas visando à incorporação deste em um sistema de classificação e seleção automática de frutas.

Em [7] propuseram uma técnica de processamento de imagem para determinar o volume e a massa de frutas cítricas tal como limões, limas, laranjas e tangerinas. A técnica baseia-se na aquisição de imagem realizada por duas câmeras posicionadas perpendicularmente à fruta. Um fundo branco foi utilizado na aquisição das imagens e os sistemas RGB, HSI, $L^*a^*b^*$ foram testados nas análises. Um algoritmo foi desenvolvido na linguagem de Visual Basic, e os resultados encontrados foram bons, indicando que o tamanho da fruta não influencia na exatidão do cálculo do volume.

Em [8] foi proposto uma metodologia de segmentação de imagens coloridas para ser utilizada como parte do

R. R. Calixto, Instituto Federal do Ceará (IFCE), Sobral, Ceará, Brasil, reneripardo@gmail.com

M. F. Aragão, Instituto Federal do Ceará (IFCE), Sobral, Ceará, Brasil, marcioaragao26@gmail.com

A. B. Rodrigues, Universidade Federal do Ceará (UFC), Sobral, Ceará, Brasil, anderson.ecomp@gmail.com

L. G. Pinheiro Neto, Instituto Federal do Ceará (IFCE), Sobral, Ceará, Brasil, luis.neto@ifce.edu.br

T. S. Cavalcante, Instituto Federal do Ceará (IFCE), Sobral, Ceará, Brasil, tarique.cavalcante@ifce.edu.br

desenvolvimento de um sistema de baixo custo para seleção e classificação de frutas, de modo que seja possível uma adequada estimativa do peso a partir de uma imagem da parte superior da fruta, em repouso num túnel simulado.

Este trabalho propõe classificar o melão amarelo através da RF, estimada de forma automática por VC.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

A câmera utilizada para a captura das imagens foi uma Nikon D3100, configurada no modo automático. A resolução das imagens foi definida em 4608 x 3072. A distância adota da lente da câmera ao melão foi de 45 cm.

Um exemplo de posição estática do melão e da câmera para adquirir a imagem de entrada é mostrado na Fig. 1. A imagem de entrada é definida no sistema de cores RGB (*Red*, *Green* e *Blue*), de 8 bits por canal, ou seja, cada canal de um *pixel* pode assumir tons de cinza de 0 a 255.



Figura 1. Imagem de entrada do melão.

A. Escala da imagem

A escala da imagem é definida para estabelecer as medidas de diâmetros em centímetros. Esta seção fornece apenas um meio, para obter manualmente a escala da imagem em centímetros. Mas outra forma é automática (para trabalhos futuros) de obter isso, seria a utilização de um gabarito 1 x 1 cm de cor vermelha ao lado do melão (ao invés da régua) da Fig. 1.

Para definir a escala da imagem, uma régua graduada está posicionada ao lado do melão, conforme pode ser observado na Fig. 1. O posicionamento da régua na imagem vem com o objetivo de estabelecer a quantidade de pixels que representa um centímetro, em escala real. A aquisição das imagens dos melões ocorreu em dias alternados e o suporte de fixação da câmera era razoavelmente firme. Sendo assim, a conversão da escala para centímetro deve ser feita para cada imagem adquirida.

Dois pontos de coordenadas (px, py) e (qx, qy) , que se distanciam em 1 cm, medidos na régua, são definidos manualmente na Fig. 1. Este trabalho utiliza um método bastante utilizado na literatura para calcular a distância entre dois pontos em um espaço n-dimensional, este método é conhecido como distância euclidiana. A importância da distância euclidiana, pode ser observada em [9], que realizou a classificação estática de imagens termográficas de mamas, através de um classificador de Distância Mínima, onde este foi baseado em três distâncias, uma delas é a distância euclidiana.

A distância euclidiana pode ser definida entre esses pontos da seguinte forma:

$$dist = \sqrt{(px - qx)^2 + (py - qy)^2} \quad (1)$$

Se *dist* representa um centímetro na régua, então com uma regra simples de três, um *pixel* tem um valor de $1/dist$ cm, ou seja, essa é a medida em centímetros da aresta do *pixel*. Esta seção não está incluída no processo automático do algoritmo proposto, serve apenas como um meio manual para converter a escala da Fig. 1, em centímetros. A importância dessa conversão de escala é apenas um meio (não detalhado neste trabalho) para comparar os valores de diâmetros em centímetros, medidos pelo sistema VC e operador.

B. Filtro de cores

Os melões utilizados neste trabalho têm como cor principal o amarelo, como pode ser observado na Fig. 1. O processo do filtro de cores tem como objetivo extrair os tons de cinza do amarelo do melão, e posteriormente segmentar o mesmo.

Esta seção mostra duas formas de obter um canal com tons de amarelo a partir da Fig. 1, através de dois sistemas de cores, sendo eles: CMYK (*Cyan* (C), *Magenta* (M), *Yellow* (Y) *Black* Key (K) e RGB.

O sistema de cores CMYK é empregado normalmente em impressoras e fotocopiadoras. Para representar a Fig. 1 no sistema CMYK, é necessário transformar o sistema RGB para CMYK. O algoritmo para essa transformação pode ser demonstrado da seguinte forma:

$$val_{max} = \max\left(\frac{R}{255}, \frac{G}{255}, \frac{B}{255}\right),$$

$$C = \frac{\left(val_{max} - \frac{R}{255}\right)}{val_{max}},$$

$$M = \frac{\left(val_{max} - \frac{G}{255}\right)}{val_{max}},$$

$$Y = \frac{\left(val_{max} - \frac{B}{255}\right)}{val_{max}},$$

$$K = (1 - val_{max}).$$

Como todas as imagens definidas neste trabalho são de 8 bits por canal, então o valor máximo assume o resultado do máximo da divisão entre os canais *R*, *G* e *B* por 255.

Após a transformação é necessário gerar uma imagem *A* em tons de cinza, que represente apenas o canal amarelo *Y* da transformação para CMYK. A Fig. 2 demonstra um exemplo do resultado.



Figura 2. Tons de cinza representados pelo canal Y.

O sistema ou espaço de cores RGB é um bastante utilizado em equipamentos eletrônicos para a reprodução de imagens coloridas. A importância da utilização do sistema RGB pode ser visto em [10], que introduziu um caminho que mapeia em

3D, ambientes internos usando dados RGB-D, o método estuda a integração de imagens RGB e dados de profundidade obtidos do dispositivo *Kinect*. Em [11] foi feita uma análise dos espaços de cores RGB, HSV, CMYK, L^*u^*v e YCbCr para adquirir o atributo cor, mostrando assim, a necessidade de analisar os resultados de vários sistemas de cores para extrair características de um ou mais objetos na imagem.

O sistema RGB não possui um canal que represente diretamente a cor amarela, como acontece no sistema CMYK. Mais através de um cálculo simples, é possível extrair, a partir da Fig. 1, níveis que representam o amarelo e amarelo-laranja, a partir do espaço RGB.

Analisando o espaço de cores CIE (Comissão Internacional da Iluminação), observa-se que os tons que representam o amarelo e amarelo-laranja, estão entorno da média entre os canais R e G .

Os *pixels* em tons cinza da imagem B representam a média entre os canais R e G a partir da Fig. 1. Essa média pode ser definida pela a equação seguinte:

$$m\u00e9dia_{RG} = \frac{R+G}{2} \quad (2)$$

Um exemplo do resultado da imagem B pode ser observado na Fig. 3.

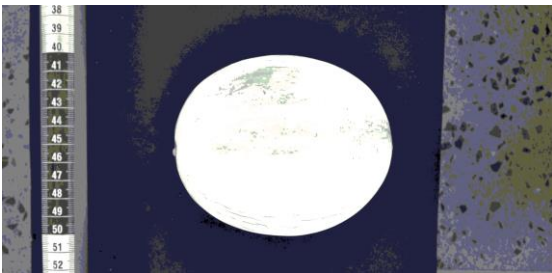


Figura 3. Representação da média dos canais R e G em tons de cinza.

Observando a imagem A, grande parte dos *pixels* que representam a região do melão estão com tons de cinza bem próximos do fundo da imagem. Com isso, é mais dificultoso adotar um limiar automático para separar os *pixels* do melão e do fundo da imagem. Na imagem B, observa-se que, os *pixels* do melão e do restante da imagem têm seus tons de cinza bem próximos, sendo assim, dificultando também a definição de um limiar automático.

Resolvendo de uma maneira simples de como definir melhor, uma diferença entre os tons de cinza do melão e do fundo da imagem, aplica-se o mínimo entre as imagens A e B. Uma imagem C mostrada na Fig. 4 mostra um exemplo do resultado da aplicação do mínimo.



Figura 4. Resultado do mínimo de imagens A e B.

Analisando o resultado da aplicação do mínimo, observa-se que as imagens A e C obtiveram tons de cinza próximos. Os testes de segmentação na imagem C, por limiarização pelo método de Otsu, ocorreram com êxito nas 65 imagens utilizadas neste trabalho. O mesmo não ocorreu na imagem A, sendo assim, a imagem C define, com pouca diferença, melhor a diferença entre a classe dos tons de cinza do melão e do fundo da imagem.

A limiarização é um dos métodos mais simples de segmentação de imagens. Consiste em separar uma imagem em regiões de interesse e não interesse através da escolha de um ponto de corte. Os métodos mais simples de limiarização utilizam um único ponto de corte também conhecido por *threshold* [12].

Existem algoritmos de limiarização que determinam o limiar (corte), de forma automática. Um exemplo é o método de limiarização de Otsu, utilizado de forma automática neste trabalho para destacar os pixels do melão em tom branco (255) e o fundo da imagem em tom preto (0). Este método, de limiarização, foi benéfico a este trabalho por ter as seguintes vantagens:

1. Rápido processamento, em computadores comuns, visto que as imagens dos melões tem uma alta resolução.
2. Fácil compreensão pelos leitores e pelo grande acervo sobre o assunto na literatura.
3. Consegue definir através de dados estatísticos da imagem C, um limiar automático de forma em que os tons de cinza dos *pixels* do melão e do fundo da imagem sejam classificados como diferentes.

Nem sempre limiares definidos automaticamente para cada imagem são vantajosos para os resultados de uma determinada aplicação. Os resultados de [13], mostram uma elevada porcentagem de acerto, cerca de 93%, em detectar frutos utilizando um limiar definido manualmente, e um acerto entre 82 e 88%, com um limiar determinado somente no início do processo.

A imagem D, mostrada na Fig. 5, representa o resultado da limiarização pelo método de Otsu.

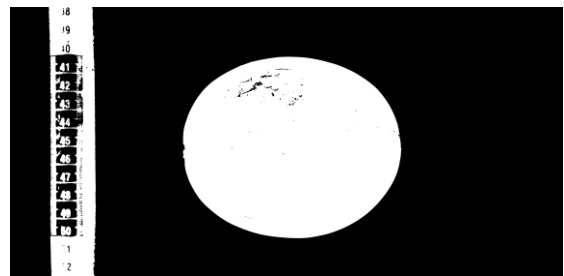


Figura 5. Imagem do melão binarizada.

C. Detecção do melão

O método de detecção do melão, utilizado neste trabalho, é baseado na detecção de contornos de uma imagem.

A segmentação é um processo essencial para análise e identificação de características marcantes em uma imagem. Seu objetivo é identificar os objetos que compõem uma cena, sendo, na maioria dos casos, o grande responsável pelo sucesso ou fracasso dos resultados obtidos da análise [14].

Utiliza-se detecção de bordas para localizar regiões na imagem onde os níveis de cinza dos pixels variam bruscamente. Quando os valores de intensidade da vizinhança

de um pixel sofrem variações abruptas, em processamento digital de imagens (PDI), isso pode indicar uma provável presença de bordas.

A ideia inicial da abordagem baseada em bordas é fundamental no processo de análise de imagens, para definir o contorno dos objetos presentes na cena. Sendo assim, é explicado o grande interesse dos pesquisadores no desenvolvimento e aprimoramento de métodos voltados a esta técnica [15].

Para fazer a segmentação por bordas, na imagem D, o algoritmo proposto utiliza funções padrões da biblioteca *OpenCv*. Estas funções se adequaram para esta aplicação por apresentarem um desempenho satisfatório em detectar os contornos fechados da imagem D, de forma rápida, justificando assim a não utilização de outros processos mais complexos de detecção dos contornos. Em [16], foi desenvolvido um novo algoritmo baseado em LCV (*Local Chan-Vess*), capaz de segmentar melão e ainda, o algoritmo tem a capacidade de remover informações que interfere na detecção das bordas dos melões garantindo assim, resultados satisfatórios sem nenhum erro relativo acima de 0,6%. Mais este método tem um processamento mais dificultoso e complexo de ser aplicado em relação ao processo de detecção de melões amarelos descritos neste trabalho. O detector de borda *Canny* é um dos métodos mais utilizados na literatura para extrair características de determinados objetos em uma imagem. Inicialmente neste trabalho, foi aplicado o filtro de *Canny*, para detectar os contornos do melão na imagem D. Mas para algumas imagens, o filtro de *Canny* não conseguiu detectar algumas curvaturas dos contornos do melão. Justificando assim, a não utilização do respectivo filtro para o processo de detecção, descrito nesta seção.

A função *cvFindContours* da *OpenCv* 3.0, tem em seu principal objetivo detectar contornos em uma imagem [17]. A aplicação desta função na imagem D, para detectar os contornos, obteve resultados satisfatórios em todas as imagens, utilizadas neste trabalho, e conseguiu definir todos os contornos com um rápido processamento em computadores pessoais comuns.

Uma imagem E representada na Fig. 6, mostra o contorno detectado na imagem D, que possui uma maior área em pixels.

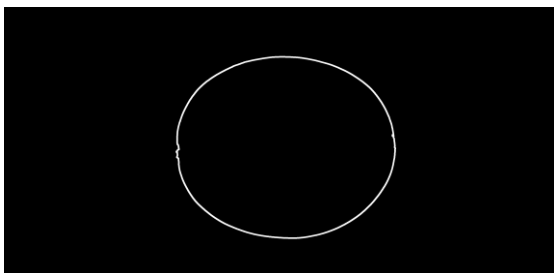


Figura 6. Melão detectado por análise de bordas.

D. Determinação da forma

Atualmente na indústria, o operador utiliza o instrumento de medição paquímetro, para realizar a medição manual dos diâmetros longitudinal (*D*) e transversal (*d*) do melão. A relação de *D/d* define a *RF* do melão.

Para determinar a *RF* pelo sistema de VC proposto, primeiramente o algoritmo define *D* e *d*. Para isso, este trabalho implementa o sistema de coordenadas polares, que se

mostrou um método simples e de rápido processamento para determinar esses diâmetros. Existem também outras formas de obter os diâmetros como, por exemplo, utilizando *Principal Component Analysis* (PCA), que é uma forma de reconhecer as características extraídas de dados. Este método poderia ser útil para descrever cada diâmetro representado por um vetor, mais sua utilização seria apenas outra forma comum, para definir *D* e *d*.

Observando a Fig. 7(a), dado um ponto *P* do plano, através de coordenadas retangulares, determina-se sua localização (*a*, *b*) no plano, onde *a* é a projeção de *P* no eixo *x* e *b* no eixo *y*. O ponto *P* é descrito a partir da distância de *P* à origem *O* e do ângulo θ , formado entre o eixo *x* e o segmento *OP*, para $P \neq O$. Na Fig. 7(b), representa o sistema em coordenada polar, onde a coordenada de *P* pode ser definida por *r*, distância *OP*, e θ , ângulo do eixo *OA* para o segmento *OP*.

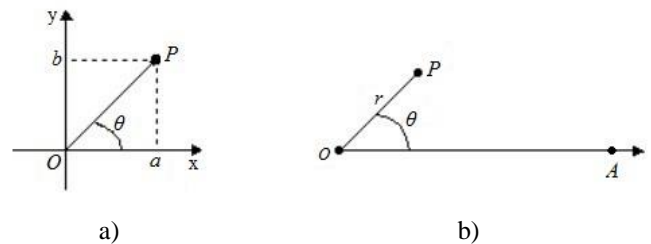


Figura 7. Sistema em coordenada a) retangular e b) polar.

Para o início da aplicação do sistema de coordenadas polares, o algoritmo determina o ponto médio *O* do melão da imagem E. Inicialmente adota-se uma variável *ym*, indicando a somatória das coordenadas das linhas e uma variável *xm*, indicando a somatória das coordenadas das colunas dos pixels do melão. Uma variável *cont* recebe o valor da área do melão em *pixels*. Após isso, as coordenadas de *O* são determinadas por: $ym/cont$ e $xm/cont$.

A partir de *O* um vetor (com um ângulo θ) percorre um caminho em direção a um ponto *P* (fim da região do melão), na imagem E. Em seguida um vetor (com um ângulo $\theta + \pi$) parte de *O* parte até *P'*. À distância, em *pixels* ou euclidiana, de *PP'* representa o diâmetro *D* ou *d*. Todo esse processo é repetido partindo o ângulo θ , de $\theta\pi$ a π , com um passo de 0,01745 radianos. A Fig. 8 representa apenas o melão da imagem E mais esticado e para uma melhor visualização do resultado final de *D* e *d*.

Para obter os diâmetros em centímetros, basta fazer $dist/(P+P')$.

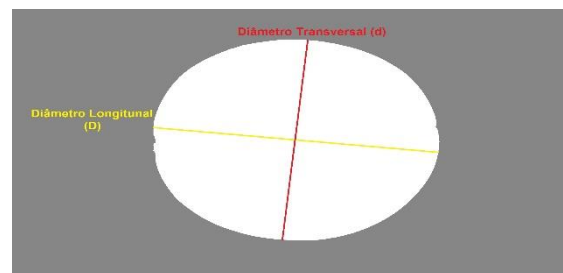


Figura 8. Medidas *D* e *d* extraídas da imagem D do melão.

Para [18] a classificação do melão por *RF* é 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 classificar os melões de acordo com o formato.

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para testar os resultados do algoritmo proposto, foram utilizados 65 imagens de diferentes melões do tipo amarelo. A Fig. 9 mostra um gráfico que representa os resultados da RF sistema VC e operador.

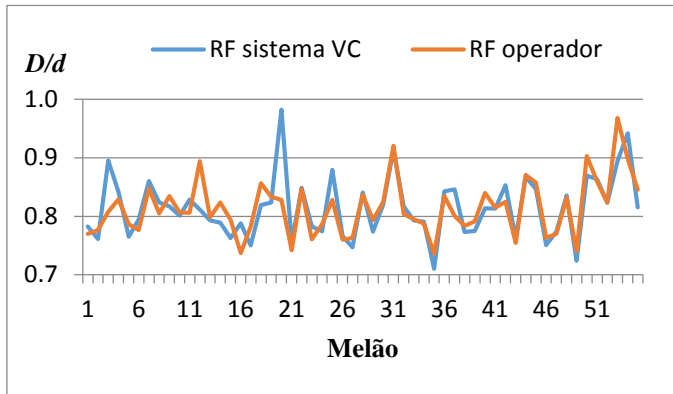


Figura 9. RF sistema VC e operador.

Analisando a Tabela I observa-se que, o erro médio foi de 0,032 indicando um valor mais próximo do erro mínimo 0 e equidistante (de 0,158) do erro máximo 0,190. Um correto posicionamento do paquímetro é essencial para um valor mais preciso dos diâmetros e conseqüentemente mais próximo poderá ser o valor de RF operador ao sistema VC. Os valores de D e d adquiridos por paquímetro devem ser o mais perpendicular possível um em relação ao outro, assim conseqüentemente estima-se que o erro médio de RF sistema VC, diminua.

TABELA I. ERROS DO ALGORITMO.

Dados	Erro médio	Erro Máximo	Erro Mínimo	Desvio padrão
Estatísticas	0,032	0,190	0	0,033

Analisando a tabela II, conclui-se que o resultado do sistema proposto, para efeitos de classificação, com o conjunto de melões utilizados, apresentou resultados com 100% de acerto.

TABELA II. RF SISTEMA VC E OPERADOR.

Classificação	Quantidade de melões	
	RF sistema VC	RF operador
$RF < 0,9$ (melão comprimido)	0	0
$0,9 \leq RF \leq 1,1$ (esférico)	12	12
$1,1 < RF \leq 1,7$ (oblongo)	53	53
$RF > 1,7$ (cilíndrico)	0	0

IV. CONCLUSÃO

Este trabalho abordou técnicas conhecidas na literatura para automatizar a classificação do melão amarelo de acordo com o formato por VC. Com um erro médio de 0,032, desvio padrão de 0,033 e 100% de acerto na classificação dos 65 melões utilizados neste trabalho, com isso, as técnicas foram suficientes para classificar os melões. Para trabalhos futuros, estima-se desenvolver outro sistema para detectar outros tipos de melões e a implementação do sistema proposto, neste trabalho, em sistemas embarcados.

V. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a fazenda Itauera pelo fornecimento dos melões.

REFERÊNCIAS

- [1] SENAR - *Cultivo de melão: manejo, colheita, pós-colheita e comercialização*. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural – SENAR. Brasília: SENAR, 2007.
- [2] COMPANHIA DE ENTREPÓSITOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO [internet]. 2007 Disponível em: <http://www.ceagesp.gov.br>.
- [3] GEOCITIES. *Melão* [internet]. 2007 Disponível em: <http://www.geocities.com>.
- [4] R. S. Junior, S. P. F. Soares, J. A. Filho, G. H. S. Nunes, V. S. Miranda. *Qualidade do melão exportado pelo porto de Natal*. Horticultura Brasileira, v. 22, p. 98-100, 2004.
- [5] Blasco J., Aleixos N., Gomez-Sanchis J., Molto E. *Recognition and classification of external skin damage in citrus fruits using multispectral data and morphological features*. Biosystems Engineering, v.103, p. 137-145, 2009.
- [6] Ramalho G. L. B. e Medeiros F. N. S. *Um sistema de inspeção visual automática aplicado à classificação e seleção de laranjas*. Anais do IV Congresso Brasileiro da Sociedade Brasileira de Informática Aplicada à Agropecuária e à Agroindústria, 2003.
- [7] Omid M., Khojastehnazhand M., Tabatabaeefar A. *Estimating volume and mass of citrus fruits by image processing technique*. Journal of Food Engineering, v. 100, p. 315-321, 2010.
- [8] Borges, F. F. Francisco. *Fusão de sensores de baixo custo aplicada a seleção e classificação automatizada de mangas para exportação*. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Campina Grande Centro de Ciências e Tecnologia, 2011.
- [9] Silva, A. S. V. *Classificação e Segmentação de Termogramas de Mama para Triagem de Pacientes Residentes em Regiões de Poucos Recursos Médicos*. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, 2015.
- [10] Santos, D. R., Khoshelham, K. *Mapeamento 3d de ambientes internos usando dados RGB-D*. Boletim de Ciências Geodésicas (Online), v. 21, p. 442-464, 2015.
- [11] Nayara H. de Moura, Romuere R. V. e Silva, Flávio H. D. Araújo. *Extração de Atributos e Classificação de Lesões de Pele Utilizando Combinação de Componentes de Modelos de Cores*. Revista de Sistemas e Computação, v. 5, p. 71-81, 2015.
- [12] Monteiro, L. H., Conci, A. *Reconhecimento de placas de veículos utilizando processamento de imagem*. Engevista, v. 5, p. 31-43, 2003.
- [13] Yael Edan, Member, IEEE, Dima Rogozin, Tamar Flash, Gaines E. Miles. *Robotic Melon Harvesting*. IEEE Transactions on Robotics and Automation, v. 16, p. 831-835, 2000.
- [14] Balan, A. G. R. *Técnicas de segmentação de imagens aéreas para contagem de população de aves*. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, 2003.
- [15] GONZALEZ, R. C.; Woods, R. E. *Processamento Digital de Imagens*. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.
- [16] Yubin MIAO, Peng ZHAI, Xuefan WU, Mengnan XU, Tingge XU. *A New Segmentation Algorithm for Overlapping Melon Fruit Image Based on LCV Model*. Journal of Computational Information Systems 9: 10 (2013) 40-4072.
- [17] G. Bradski and A. Kaehler, "Learning OpenCV: Computer Vision with the OpenCV Library," in O'ReillyMedia, Inc., 2008, pp. 222-244.
- [18] LOPES, J. F. *Melhoramento genético (chuchu, melancia, melão e pepino)*. In: Cucurbitáceas. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 8, n. 85, p. 61-65, 1982.