

## DISTINÇÃO DA MATURAÇÃO DE MACAÚBAS UTILIZANDO IMAGENS NA REGIÃO ESPECTRAL DO INFRAVERMELHO PRÓXIMO

MARIA CLARA TENÓRIO MAGALHÃES DE OLIVEIRA<sup>1</sup>, JOÃO CÉLIO LUNA DE CARVALHO<sup>2</sup>, ANDERSON GOMIDE COSTA<sup>3</sup>, FRANCISCO DE ASSIS DE CARVALHO PINTO<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, Departamento de Engenharia, Instituto de Tecnologia, UFRRJ, Seropédica – RJ, (21) 98306-0429, [mariaclara.tenorio@hotmail.com](mailto:mariaclara.tenorio@hotmail.com).

<sup>2</sup> Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, Departamento de Engenharia, UFRRJ, Seropédica – RJ.

<sup>3</sup> Engenheiro Agrícola, Prof. Doutor, Departamento de Engenharia, UFRRJ, Seropédica – RJ.

<sup>4</sup> Engenheiro Agrícola, Prof. Doutor, Departamento de Engenharia, UFV, Viçosa – MG.

Apresentado no  
XLIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2020  
23 a 25 de novembro de 2020 – Congresso On-line

**RESUMO:** A macaúba (*Acrocomia aculeata*) é considerada uma promissora matéria-prima para produção de biodiesel, devido aos altos teores de óleos. Em palmáceas, a utilização de sistemas de visão artificial a partir de câmeras digitais, vem sendo estudada com a finalidade de monitorar a maturação dos frutos de forma instantânea, precisa e sem necessidade de destruição dos frutos. Objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade de índices espectrais gerados a partir de imagens obtidas na região do infravermelho próximo (NIR) para distinguir frutos de macaúbas em diferentes estágios de maturação. Para a realização do experimento foram utilizados 75 frutos de macaúbas obtidos em quatro estágios de maturação. Informações obtidas em imagens na região espectral do visível e do NIR foram utilizadas para calcular 5 índices espectrais: NIR<sub>m</sub>, NDVI (R), NDVI (G), RNIR e GNIR. A comparação das médias de cada índice espectral em cada estágios de maturação foi realizada a partir da aplicação do teste de média de Tukey a 0,05 de significância. O índice NIR<sub>m</sub>, onde se utilizou apenas a intensidade média de pixel na região do NIR, apresentou a melhor capacidade de distinção, diferenciando três estágios de maturação.

**PALAVRAS-CHAVE:** visão artificial de máquinas; *Acrocomia aculeata*; teor de óleo.

## THE DISTINCTION OF MACAW'S MATURATION USING NEAR INFRA-RED SPECTRAL REGION IMAGES

**ABSTRACT:** The macaúba palm is considered a promising feedstock for biodiesel production due to their high oil fraction feature. In palm trees, the use of artificial vision system from digital cameras have been studied with purpose of monitoring the fruit maturation without destroying the fruits, in an instant and precise way. The aim of this study was to evaluate the spectral indexes generated from near-infrared reflectance's (nir) images capacity of distinguish different maturation stages. To execute the experiment, 75 macaw fruits were used, sorted by four different maturation stages. Information obtained by spectral visible region images and NIR were used to calculate 5 spectral indexes: NIR<sub>m</sub>, NDVI (R), NDVI (G), RNIR and GNIR. The comparison of each spectral index mean between the maturation stages was made from the application of the Tukey index mean with 0.05

significance. The NIRm index, on which only the mean pixel intensity in the NIR was used, showed the best distinguish capacity, differentiating three stages of maturation

**KEYWORDS:** artificial vision's machine; *Acrocomia aculeata*; oil fraction feature.

**INTRODUÇÃO:** Um dos principais desafios do setor agroenergético brasileiro atualmente se refere à necessidade de conhecimento e tecnologia que contribuam para a produção sustentável de matéria-prima visando à produção de biocombustível. A produção brasileira de biodiesel atingiu o maior patamar da história em 2018, produzindo cerca de 5.328.000 m<sup>3</sup>, sendo o óleo proveniente da soja a principal matéria-prima (ABIOVE, 2019). Na busca por novas culturas que possam contribuir para o aumento da matriz energética brasileira de forma sustentável, a cultura da macaúba (*Acronomia aculeata*) desponta como uma das promissoras culturas para produção de matéria prima de biocombustíveis devido principalmente a alta produtividade de óleo e a adaptabilidade a diversos biomas. A macaúba apresenta mudanças sutis em sua comparação no desenvolvimento dos frutos, passando por verde, verde-amarela, amarela e castanha, no processo de maturação (MOTA et al., 2011). A utilização de informações obtidas na região do infravermelho próximo (NIR) vem se destacando na avaliação da qualidade de alimentos, sendo que uma considerável atenção tem sido dada no desenvolvimento de equipamentos portáteis e de baixo custo. A partir destas análises é possível se analisar um número maior de amostras, obtendo assim um modelo com alta reprodutibilidade (PEREIRA et al., 2018). Desta forma, o objetivo deste trabalho foi apresentar um estudo introdutório da capacidade de índices espectrais gerados a partir de imagens obtidas na região do infravermelho próximo (NIR) para distinguir frutos de macaúbas em diferentes estágios de maturação.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Os frutos utilizados no experimento foram coletados no período em uma área localizada no município de Acaiaca, situado na Zona da Mata Mineira a 20° 23' 33'' de latitude Sul e 47° 07' 31'' de longitude Oeste, com altitude média de 601 m. Foram coletados 75 frutos em 4 estágios de maturação distintos sendo: estágio imaturo (49° semanas após a florada), estágio intermediário I (55° semanas após a florada), estágio intermediário II (57° semanas após a florada) e estágio de maturação fisiológica (60° semanas após a florada). Para a aquisição das imagens, foi utilizado um computador para armazenamento e processamento das imagens, 2 lâmpadas halógenas de 100W cada e uma câmera CCD multiespectral, marca Fluxdata, modelo FD-1665, permitindo a coleta de imagens na região espectral do visível (RGB) e infravermelho próximo (NIR). A partir das imagens RGB e NIR, foram calculados os seguintes índices espectrais (FORMAGGIO & SANCHES, 2107): intensidade média dos pixel na NIR (NIRm) índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI (R)); índice de vegetação da diferença normalizada verde (NDVI (G)); relação entre vermelho-infravermelho próximo (RNIR); relação entre verde-infravermelho próximo (GNIR). As imagens foram binarizadas e segmentadas para a realce da área de interesse (fruto) e obtenção dos valores médios de intensidade de pixel pelo software ImageJ (Figura 1).

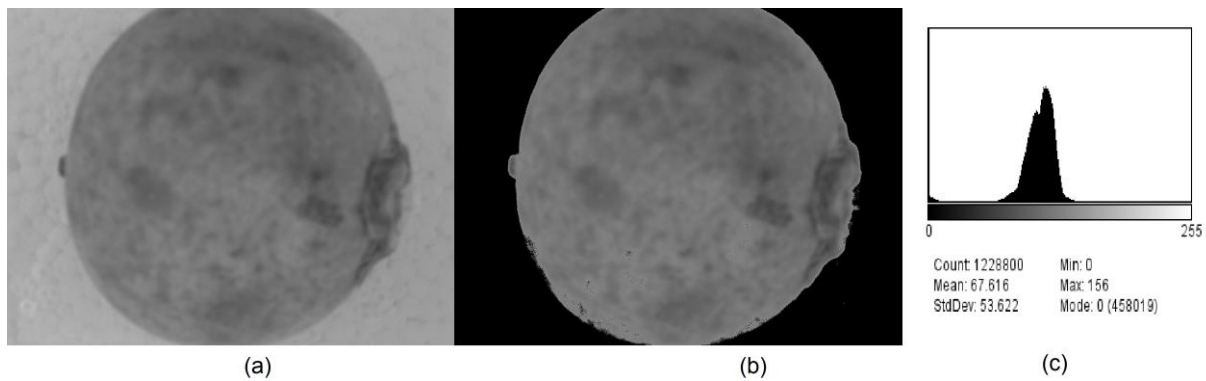


FIGURA 1. Obtenção da intensidade de pixel das imagens na região NIR: (a) imagem original; (b) imagem após a segmentação do fundo; e (c) histograma com a média da intensidade de pixel.

A análise da variância (ANOVA) seguida da aplicação do teste de média de Tukey a 0,05 de significância foi utilizada para comparação dos estágios de maturação utilizando cada índice espectral como variável resposta. Para esta análise, foi considerado um delineamento inteiramente casualizado, onde os quatro estágios de maturação foram considerados os tratamentos, e os 75 valores de cada índice espectral obtidos em cada fruto foram considerados como repetições.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A partir da análise descritiva dos índices espectrais (Tabela 1), percebeu-se que os índices que utilizaram as intensidades obtidas na região espectral do visível e do NIR apresentaram baixos valores de desvio padrão, indicando que em geral os valores estiveram próximos a resposta média. O alto desvio padrão observado na avaliação da intensidade apenas na região do infravermelho próximo (NIRm) é um indicativo que este índice foi mais influenciado pela variação dos estágios de maturação. Já os altos coeficientes de variação demonstram que alguns frutos apresentam valores discrepantes em relação a resposta comum. Apesar da constatação, esses valores não foram desconsiderados, uma vez que a própria variabilidade de frutos em diferentes árvores pode ter contribuído para o fato.

TABELA 1. Análise descritiva dos índices espectrais utilizados na avaliação dos estágios de maturação da macaúba.

	NIRm	NDVI (R)	NDVI (G)	RNIR	GNIR
Média	72,96	0,114	0,178	1,29	1,106
Mínimo	4,069	-0,899	-0,883	0,001	0,002
Máximo	109,44	0,999	0,996	18,84	16,32
Des. Padrão	23,45	0,301	0,298	2,224	1,89
Coef. variação	32,14	263,45	167,54	171,37	170,95

A comparação entre médias (Tabela 2) demonstrou que os todos índices espectrais distinguiram ao menos os estágios maduros e imaturos. O índice NIRm permitiu a distinção de três estágios de maturação (Imaturo, Intermediário I e Maduro), apresentando uma tendência de redução em função da maturação. Desta forma, a região do infravermelho próximo permitiu captar variações nos frutos em função da maturação, as quais não foram diferenciadas quando se utilizou os índices espectrais compostos também pela banda vermelha e verde.

TABELA 2. Comparação entre médias dos índices espectrais em diferentes estágios de maturação de macaúbas.

	NIRm	NDVI (R)	NDVI (G)	RNIR	GNIR
Imaturo	83,30 a	0,226 a	0,084 a	0,675 a	0,653 a
Intermediário I	75,06 b	0,117 ab	0,152 ab	0,881 a	0,681 a
Intermediário II	72,13 bc	0,101 bc	0,224 b	1,812 b	1,614 b
Maduro	58,18 c	-0,014 c	0,237 b	1,813 b	1,437 ab

\*Teste de Tukey à um nível de significância de 0,05. Letras diferentes na mesma coluna apontam diferença significativa entre estágios de maturação.

COSTA et al. (2018), utilizou características colorimétricas obtidas a partir de imagens RGB para classificar frutos de macaúba aptos para colheita por meio de redes neurais, apresentando um nível de acerto de mais de 94,00% a partir da 59ª semana após a florada. O uso de informações na região do NIR poderá aumentar a acurácia da classificação, principalmente em estágios intermediários, onde apenas informações na região espectral do visível não é capaz de distinguir estágios de maturação. Além do mais, a análise dos índices espectrais associados de forma multivariada, pode ser alvo de estudos para a estimativa automatizada do momento de colheita e teor de óleo dos frutos.

**CONCLUSÕES:** O índice espectral obtido pela intensidade média das imagens na região infravermelho (NIRm) permitiu distinguir três estágios de maturação de macaúbas (imaturo, intermediário I e Maduro), sendo considerado o mais adequado quando comparado com os índices que utilizaram informações obtidas na região espectral do visível.

**AGRADECIMENTOS:** Agradecimentos a CAPES e ao CNPq.

#### REFERÊNCIAS:

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS (ABIOVE). Biodiesel: matéria-prima para produção – Fevereiro de 2019. ANP/ABIOVE. **Estatísticas do biodiesel**. Fevereiro, 2019.
- COSTA, A. G.; PINTO, F. A. C.; MOTOIKE, S. Y.; BRAGA, R. A.; GRACIA, L. M. N. Classificação dos frutos de macaúba a partir das propriedades colorimétricas para determinação do momento de colheita. **Engenharia Agrícola**, v.38, n.4, p. 634 -641, 2018.
- FORMAGGIO, A. R.; SANCHES, I. D. **Sensoriamento remoto em agricultura**. Oficina de Textos, 2017. 288p.
- MOTA, C. S.; CORRÊA, T. R.; GROSSI, J. A. S.; CASTRICINI, A.; RIBEIRO, A. S. Exploração sustentável da macaúba para produção de biodiesel: colheita, pós-colheita e qualidade dos frutos. **Informe Agropecuário EPAMIG**. Belo Horizonte, v.32, n.265, p.41-51, 2011.
- PEREIRA, L. F. S.; BARBON, S.; VALOUS, N. A.; BARBIN, D. F. Predicting the ripening of papaya fruit with digital imaging and random forests. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.145, p.76-82, 2018.