

USO DA RELAÇÃO ENTRE O BIOSPECKLE LASER E ATRIBUTOS DE QUALIDADE PARA CLASSIFICAÇÃO DE FRUTOS DE TOMATE POR MEIO DE REDES NEURAIS

THAINARA R. DA SILVA ¹, ANDERSON G. COSTA ², THAÍSA B. BELLO ³,
JULIANA L. PAES ⁴, FRANCISCO DE A. DE C. PINTO ⁵

¹ Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, Departamento de Engenharia, Instituto de Tecnologia, UFRRJ, Seropédica – RJ, (21) 2681.4611, thainararebello3@gmail.com.

² Engenheiro Agrícola, Prof. Doutor, Departamento de Engenharia, UFRRJ, Seropédica – RJ.

³ Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, Departamento de Engenharia, UFRRJ, Seropédica – RJ.

⁴ Engenheira Agrícola, Prof. Doutora, Departamento de Engenharia, UFRRJ, Seropédica – RJ.

⁵ Engenheiro Agrícola, Prof. Doutor, Departamento de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa – MG.

Apresentado no
XLVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2019
17 a 19 de setembro de 2019 - Campinas - SP, Brasil

RESUMO: A técnica óptica do biospeckle laser vem sendo utilizada na agricultura como alternativa para avaliar a qualidade de frutos. Objetivou-se com este trabalho, avaliar a relação da atividade biológica mensurada pela técnica do biospeckle laser com atributos fisiológicos dos frutos de tomates, utilizando a análise de componentes principais, e classificar os frutos em função do estágio de maturação por meio de redes neurais artificiais. Foram usados 150 tomates em três estágios de maturação para obtenção da atividade biológica e dos atributos fisiológicos. Os atributos que apresentaram correlação significativa com a atividade biológica foram utilizados para análise de componentes principais, e, os componentes que apresentaram a porcentagem de explicação acumulada maior que 70% foram utilizados como vetor de entrada na rede neural. A atividade biológica, sólido solúvel total, firmeza, teor de água e nível de verde apresentaram correlação significativa, tendo 80,07% de variância explicada por três componentes principais, sendo utilizados como vetores de entradas no classificador. A rede neural utilizada para classificar os tomates, apresentou coeficiente Kappa significativo ($k = 0,71$) e uma exatidão global de 91,67%.

PALAVRAS-CHAVE: Atividade biológica; análise de componentes principais; redes neurais.

USE OF THE RELATIONSHIP BETWEEN BIOSPECKLE LASER AND PHYSIOLOGICAL ATTRIBUTES FOR CLASSIFICATION OF TOMATE FRUITS

ABSTRACT: The biospeckle laser technique been used in agriculture as an alternative to evaluate fruit quality. The objective of this research was to evaluate the relationship of the biological activity measured by the optical biospeckle laser technique with physiological attributes of tomato fruits using principal component 150 tomatoes were used in three maturation stages to obtain the biological activity and the physiological attributes. The attributes that were significantly correlated with biological activity were used for principal component analysis and, the components that presented the percentage of accumulated

explanation greater than 70% were used as the vector for entry into the neural network. The biological activity, total soluble solids, firmness, water content and green level presented a significant correlation, with 80.07% of variance explained by three main components, which were used as input vectors in the classifier. The neural network used to classify tomatoes had a significant Kappa coefficient ($k = 0.71$) and an overall accuracy of 91.67%.

KEYWORDS: Biological activity; principal component analysis; artificial neural network.

INTRODUÇÃO: O uso da visão artificial em sistemas automatizados é uma alternativa potencial na inspeção de qualidade de produtos agrícolas tanto por parte das indústrias, quanto por parte do consumidor. Devido ao amplo consumo mundial de tomates, é grande a demanda por tecnologias que possibilitem a otimização do controle de inspeção da qualidade. A técnica do biospeckle laser se baseia em um fenômeno óptico de interferência que acontece quando um feixe de luz coerente incide sobre a superfície de um material, onde há atividade de origem biológica (BRAGA, 2017). Os padrões gerados quando observados de forma sucessiva, estão associadas com a atividade biológica existente no material analisado. Sua aplicação na determinação de estádios de maturação e qualidade de frutos tem sido encontrada em diversos estudos, sendo relacionada a alterações metabólicas provenientes de parâmetros físicos e biológicos (SAMUEL et al., 2016; COSTA et al., 2017). A análise de componentes principais é uma técnica da estatística multivariada que torna possível reter o máximo de informação com redução de dados e permite gerar índices caracterizados pela a variância do conjunto de parâmetros que definem o objeto analisado. Estes índices, quando associados a classificadores supervisionados, como as redes neurais artificiais, podem classificar amostras em categorias (ZHANG et al., 2014). Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a relação da atividade biológica e atributos fisiológicos dos frutos de tomate por meio dos componentes principais e classificá-los em três estádios de maturação a partir das redes neurais artificiais.

MATERIAL E MÉTODOS: Os tomates utilizados no experimento foram selecionados em uma unidade comercial do município de Seropédica-RJ, sendo do formato Caqui. Utilizou-se 150 frutos divididos por meio da inspeção visual, em três estádios de maturação (imaturos, colorido e maduro) com base em parâmetros definidos pela CEAGESP (2006). Para a aquisição das imagens do biospeckle laser, utilizou-se um microscópio portátil de alta resolução, ligado diretamente a entrada USB de um computador, um laser de He-Ne de 50mW de potência, suportes móveis e um jogo de lentes e filtros redutores de intensidade. O microscópio foi posicionado de modo que possa ser capturado a reflectância do laser após ser incidida na amostra, gerando assim o padrão do biospeckle. O software Speckle Tools (GODINHO et al., 2012) foi utilizado para realizar a aquisição das imagens e em cada sessão de iluminação, foram coletadas 128 imagens sucessivas de 8 bits relativas aos padrões de biospeckle em intervalos de 0,08s, com a frequência de amostragem limitadas entre 0 a 12,50 Hz. Para a quantificação das variações de intensidades do padrão do biospeckle, foi utilizado o algoritmo das Diferenças dos Valores Absolutos (CARDOSO e BRAGA, 2014). Após a aquisição das imagens foram obtidos os seguintes parâmetros fisiológicos obtidos segundo os métodos descritos nas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985): peso, firmeza da polpa, sólido solúvel total, pH, acidez titulável e teor de água, além do nível de verde obtido por meio de uma imagem digital RGB. A matriz de correlação de Pearson foi utilizada para avaliar quais atributos apresentaram correlação significativa com a atividade biológica, os

quais foram selecionados para a realização da análise de componentes principais (ACP). Após a aplicação da ACP, os componentes que apresentaram a porcentagem de explicação acumulada maior que 70 % foram utilizados como vetor característica para entrada na rede neural. A rede neural utilizada para classificar os frutos, foi do tipo feedforward treinada pelo algoritmo da retropropagação do erro, utilizando a variação de Levenberg-Marquadt para acelerar o tempo de treinamento e melhorar o desempenho na classificação dos padrões (DEMUTH et al., 2008). Para o treinamento e validação da rede neural, foram utilizados 75% do conjunto total de frutos (30 frutos de cada estágio de maturação, totalizando 90 frutos). Para o teste da rede neural foram utilizados os outros 25 % do conjunto total de frutos (20 frutos de cada estágio de maturação, totalizando 60 frutos). Os parâmetros de desempenho da rede neural (acurácia do produtor, acurácia do usuário, exatidão global e índice Kappa) foram determinados por meio da matriz de confusão obtida na classificação das amostras de teste. A significância do índice Kappa foi analisada por meio do teste Z, o que permitiu verificar se a classificação pelas redes neurais foi considerada melhor que uma classificação ao acaso.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A partir da matriz de correlação de Pearson foi constatado que os atributos firmeza da polpa, sólido solúvel total, teor de água e nível de verde, apresentaram correlação significativa com a atividade biológica. Desta forma, utilizou estes parâmetros para o desenvolvimento dos índices de maturação por meio da análise de componentes principais. Ao aplicar a análise de componentes principais tendo como parâmetros de qualidade a atividade biológica, firmeza da polpa, sólido solúvel, teor de água e nível de verde foi observado que os componentes principais PC1, PC2 e PC3 apresentaram um percentual de explicação da variância dos dados em função da maturação dos frutos de 80,77%, sendo portanto utilizados como vetor característica para o desenvolvimento da rede neural. A correlação entre as três componentes principais e os atributos de qualidade dos frutos de tomate (Tabela 1), demonstram que um índice de maturação baseado na atividade biológica pode ser gerado por meio da CP1, visto que é o componente mais influenciado pelo parâmetro óptico (maior correlação). Os atributos firmeza da polpa e nível de verde também obtiveram maior correlação com a CP1, apresentando uma correlação inversa à atividade biológica.

TABELA 1. Correlação entre as componentes principais (CP) e a Atividade Biológica (AB), Firmeza (Fr), Sólido solúvel total (SST), Teor de Água (TA) e nível de verde (G)

CP's	AB	Fr	SST	TA	G
CP 1	-0,70	0,79	-0,52	0,55	0,78
CP 2	-0,12	0,37	0,60	0,60	0,33
CP 3	-0,43	-0,16	0,56	0,45	-0,17

Assim como observado neste experimento, a correlação entre a atividade biológica e parâmetros de qualidade de frutos pode ser encontrada em outros trabalhos que utilizaram variáveis como sólidos solúveis, firmeza da polpa e nível de clorofila, como parâmetros comparativos, (COSTA et al., 2017; AREFI et al., 2016; SKIC et al., 2016).

Ao analisar os parâmetros de desempenho do classificador desenvolvido constatou-se que demonstraram que a rede neural apresentou boa capacidade para classificar os frutos de tomate em função do estágio de maturação, tendo como vetores de característica, os componentes principais gerados pela atividade biológica mensurada pelo biospeckle laser, apresentando uma exatidão global de 91,67% e um coeficiente kappa de 0,71 (Tabela 2) . O coeficiente Kappa foi considerado substancialmente forte (LANDIS & KOCH, 1977) e a

classificação realizada pela rede neural foi considerada melhor que uma classificação ao acaso a um nível de significância de 0,01 pelo teste Z.

TABELA 2. Parâmetros de desempenho da rede neural utilizada no conjunto de teste (20 imaturos, 20 coloridos e 20 maduros)

Parâmetros de desempenho	Rede neural
Exatidão global (%)	91,67%
Coefficiente Kappa	0,71
Z calculado	9,04*
Teste Z a um nível de significância de 0,01	2,54

* Z calculado > Z tabelado, logo coeficiente Kappa a um nível de significância de 0,01.

CONCLUSÕES: Concluiu-se que a técnica óptica do biospeckle laser é uma alternativa potencial para a avaliação da qualidade de frutos, por ser uma técnica não destrutiva, e por possuir forte correlação com os atributos fisiológicos de frutos de tomate. Além disso, é possível através da análise de componentes principais, reduzir o número de dados e utilizá-los como entrada para uma rede neural artificial capaz de classificar os frutos de tomate em três estágios de maturação, de forma eficiente.

AGRADECIMENTOS: Agradecimentos à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), à FAPERJ e ao CNPq.

REFERÊNCIAS:

- AREFI, A.; MOGHADDAM, P. A.; HASSANPOUR, A.; MOLLAZADE, K.; MOTLAGH, A. M. Non-destructive identification of mealy apples using biospeckle imaging. **Postharvest Biology and Technology**, 112, 266-276, 2016.
- BRAGA, R.A. When noise became information: State-of-the-art in biospeckle laser. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 41, n. 4, p. 359-366, 2017.
- CARDOSO, R. R.; BRAGA, R. A. Enhancement of the robustness on dynamic speckle laser numerical analysis. **Optics and Lasers in Engineering**, v. 63, p. 19-24, 2014.
- CEAGESP – Centro de qualidade em horticultura. **Classificação do tomate**. ABH. São Paulo, 2006.
- COSTA, A.G.; PINTO, F.A.; BRAGA, R.A.; MOTOIKE, S.Y.; GRACIA, L. Relationship between biospeckle laser technique and firmness of *Acrocomia aculeata* fruits. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 1, p. 68-73, 2017.
- DEMUTH, H.; BEALE, M.; HAGAN, M. Neural network toolbox TM 6. **User's guide**, 2008.
- GODINHO, R. P.; SILVA, M. M.; NOZELA, J. R.; BRAGA, R. A. Online biospeckle assessment without loss of definition and resolution by motion history image. **Optics and Lasers in Engineering**, v. 50, p. 366-372, 2012.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz, v. 1: **Métodos químicos e físicos para análises de alimento**, 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985, p. 199-120.
- LANDIS, J.R.; KOCH G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33, p.159-75, 1977.
- ZHANG, Y.; WANG, S.; JI, G.; PHILLIPS, P. Fruit classification using computer vision and feedforward neural network. **Journal of Food Engineering**, v. 143, p. 167-177, 2014.