

## ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE O BIOSPECKLE LASER E OS ATRIBUTOS DE QUALIDADE DE TOMATES POR MEIO DE COMPONENTES PRINCIPAIS

THAINARA R. DA SILVA<sup>1</sup>, THAÍSA B. BELLO<sup>2</sup>, ANDERSON G. COSTA<sup>3</sup>, JULIANA L. PAES<sup>4</sup>, CAMILA K. DE QUEIROZ<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, Departamento de Engenharia, Instituto de Tecnologia, UFRRJ, Seropédica - RJ, (21) 2681.4611, [thainararebelo3@gmail.com](mailto:thainararebelo3@gmail.com).

<sup>2</sup> Graduanda 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> Engenheira Agrícola, Prof. Doutora, Departamento de Engenharia, UFRRJ, Seropédica - RJ.

<sup>5</sup> Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, Departamento de Engenharia, UFRRJ, Seropédica - RJ.

**RESUMO:** O uso da visão artificial apresenta potencial para aplicações em diversos setores agrícolas. A correlação das características espectrais com atributos fisiológicos é apontada como uma alternativa para definir sobre a qualidade de frutos. Objetivou-se com este trabalho, avaliar a relação da atividade biológica mensurada pela técnica óptica do biospeckle laser com atributos fisiológicos dos frutos de tomates utilizando componentes principais. Foram utilizados 150 tomates em três estádios de maturação (imaturos, coloridos e maduros), sendo obtidos os seguintes parâmetros de qualidade: peso, firmeza, brix, acidez titulável, pH, teor de água e intensidade de verde. A partir dos valores médios em cada estágio de maturação foi realizada uma análise a partir das componentes principais. A componente principal 1 foi capaz de explicar 65,56% da variância dos dados, enquanto a componente principal 2 explicou 34,44%. Atividade biológica, brix e acidez titulável apresentaram influência nos frutos maduros, enquanto a teor de água, firmeza e intensidade de verde apresentaram influência nos frutos verdes, indicando que estes atributos tem uma relação inversa e podem ser utilizados para caracterização de um índice global de maturação de tomates.

**PALAVRAS-CHAVE:** Atividade biológica; visão artificial; análise multivariada.

## ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN BIOSPECKLE LASER AND THE QUALITY ATTRIBUTES OF TOMATOES BY MEANS OF PRINCIPAL COMPONENTS

**ABSTRACT:** The use of artificial vision shows potential for application in several agricultural fields. The correlation between spectral characteristics with physiological attributes is pointed out as an alternative to define the quality of the fruits. It is intend with this work, to evaluate the relationship between the biological activity measured by the optical technique of biospeckle laser with physiological parameters of the tomatoes using principal components. 150 tomatoes were used in three ripening stages (immature, colored and ripe), with the following quality parameters: weight, firmness, brix, titratable acidity, pH, water content and green intensity. From the average values in each ripening stage an analysis was performed from the principal components. Principal component 1 was able to explain 65.56% of the variance of the data while the main component 2 explained 34.44%. Biological activity, brix and titratable acidity showed influence on the ripe fruits, while the water content, firmness and intensity of green color showed influence on the green fruits indicating that these attributes have an inverse relationship and it can be used for characterization of a global index of tomato maturation.

**KEYWORDS:** Biological activity; artificial vision; multivariate analysis.

**INTRODUÇÃO:** O uso da visão artificial em sistemas automatizados é uma alternativa potencial na inspeção de qualidade de produtos agrícolas (MODH ALI et al., 2017) tanto por parte das indústrias, que busca um controle mais rigoroso dos padrões de qualidades dos produtos agrícolas quanto por parte do consumidor, que almeja um aumento da eficiência no manejo das culturas, em termos produtivos, qualitativos, sustentáveis e econômicos. A visão artificial de máquinas é um tipo de sistema de automatização que vem sendo amplamente aplicados para solucionar diversos problemas na agricultura, se apresentando como uma alternativa para a inspeção visual e manual de produtos agrícolas (VIEIRA et al., 2015). 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). 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 (ZDUNEK et al., 2014; COSTA et al., 2017). A análise de componentes principais é um método que permite transformar um conjunto de variáveis iniciais, correlacionadas entre si, em outro conjunto de variáveis não correlacionadas, que resultam em combinações lineares ortogonais, objetivando a redução do espaço paramétrico (SILVA E PADOVANI, 2006). Dessa forma, objetivou-se com este trabalho avaliar a relação da atividade biológica mensurada pela técnica óptica do biospeckle laser com atributos fisiológicos dos frutos de tomates utilizando componentes principais.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Para o experimento, foram utilizados 150 frutos divididos em três estádios de maturação (imaturos, coloridos e maduros), obtidos em uma unidade comercial do município de Seropédica – RJ. O formato padrão escolhido foi do tipo Caqui, e a classificação por meio da inspeção visual foi realizada baseada nas características colorimétricas dos frutos definidas pela CEAGESP (CEAGESP, 2006). Na 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 coletadas pelo microscópio portátil. 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, será utilizado o algoritmo das Diferenças dos Valores Absolutos (CARDOSO e BRAGA, 2014), que se baseia no cálculo das variações de intensidades do THSP gerados a partir dos padrões do biospeckle laser. Os seguintes atributos fisiológicos foram obtidos utilizando os métodos descritos nas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008): peso, firmeza da polpa, teor de Brix, pH, acidez titulável e teor de água, além do nível de verde obtido por meio de uma imagem digital RGB. Para análise das componentes principais, utilizaram-se os valores médios de cada estágio de maturação para avaliar quais atributos teriam maior correlação com a atividade biológica, utilizando o software livre PAST 3.0. Calculou-se a contribuição de cada componente principal, ou seja, a proporção de variância total explicada pelas componentes. Analisou-se o poder de influência de cada atributo fisiológico (incluindo a atividade biológica) em cada estágio de maturação por meio de um gráfico bidimensional traçado a partir dos scores das duas primeiras componentes principais. A correlação entre as componentes principais e os atributos fisiológicos dos frutos, também foi objeto de análise. O índice de qualidade dos frutos de tomate foi gerado a partir dos scores dos atributos que apresentaram forte correlação com a componente principal de maior proporção na explicação da variância dos dados em função do estágio de maturação dos frutos.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A partir da porcentagem de explicação das componentes principais, percebeu-se que a PC1 E PC2 explicaram 100 % da variância dos dados, onde

65,56% da explicação foi devido a PC1 e 34,44% devido a PC2, indicando que elas podem ser utilizadas para geração de índices de qualidade de frutos de tomate em função da maturação. Ao analisar a resposta dos scores da PC1 (Figura 1) e as correlações entre as componentes principais e os atributos fisiológicos (Tabela 1) conclui-se que os atributos que mais caracterizaram os frutos maduros de forma direta são o brix, a atividade biológica (AB) e a acidez titulavel (AT), sendo que, quanto maior os valores destes atributos, mais maduros estão os frutos. Já a firmeza e o nível de verde apresentam os maiores níveis nos tomates classificados como imaturos.

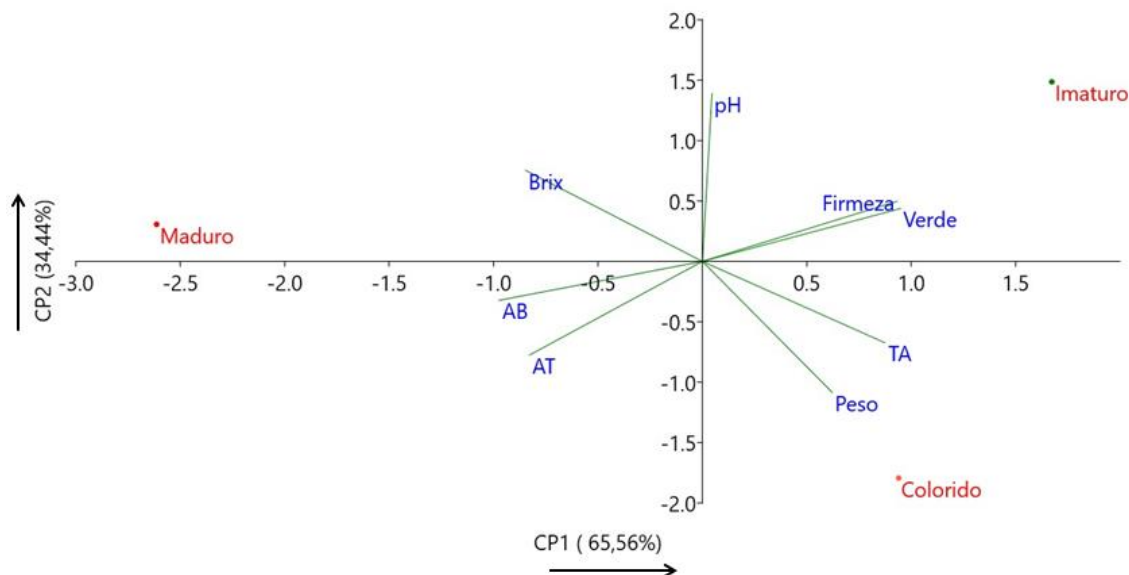


FIGURA 1. Scores dos atributos fisiológicos na primeira e segunda componente principal (CP1 e CP2) da PCA agrupados de acordo com o estágio de maturação dos tomates.

Atributos fisiológicos são amplamente utilizados para caracterizar o estágio de maturação da maioria dos frutos e vegetais (AGUSTINI et al., 2015; DANTAS et al., 2016). No caso da atividade biológica proveniente da técnica do bisoepckle laser, a correlação com a variação a maturação é associada justamente com a influência de atributos fisiológicos como a clorofila (ZDUNEK et al., 2014) e a firmeza (COSTA et al., 2017) e teores de açúcar (CHARGOT et al., 2012).

Alguns estudos atuais demonstram a relação entre os atributos fisiológicos dos frutos e seus estádios de maturação

TABELA 1 - Correlações entre as duas primeiras componentes principais (CP1 e CP2)

	AB	Peso	Ph	AT	Brix	Teor de água	Firmeza	G
PC 1	-0.97	0.62	0.05	-0.83	-0.84	0.87	0.93	0.95
PC 2	-0.23	-0.78	0.99	-0.56	0.54	-0.49	0.36	0.32

A partir destes resultados foi proposto um índice de qualidade de frutos de tomate (Tabela 2) gerado partir da atividade biológica e dos outros três atributos fisiológicos que mais se associaram com a CP1. Valores negativos indicam predominância dos atributos que caracterizam os frutos maduros, enquanto que, valores positivos indicam predominância dos atributos que caracterizam os frutos imaturos. Valores próximos de zero indicam frutos em fases intermediárias de maturação. Ressalta-se que, como a atividade biológica apresentou forte correlação com a CP1, em casos onde não há condições em se realizar as mensurações dos outros atributos fisiológicos, ela pode ser aplicada isoladamente como indicador de qualidade dos frutos de tomates.

TABELA 2 - Índice global de qualidade de frutos (IGQT) de tomate gerado a partir da CPI associado a atividade biológica mensurada pelo biospeckle laser (AB) e os atributos fisiológicos Brix, Firmeza e nível de verde.

---

$$\text{IGQT} = -0,42\text{AB} - 0,37\text{Brix} + 0,41\text{Firmeza} + 0,41\text{Verde}$$

---

**CONCLUSÕES:** A atividade biológica mensurada pela técnica óptica do biospeckle laser associada a atributos fisiológicos pode ser utilizada para gerar índices de qualidade de frutos de tomates em função do estágio de maturação a partir da utilização da análise de componentes principais. Além da atividade biológica, o brix, a firmeza da polpa e o nível de verde do fruto foram os atributos que mais se correlacionaram com a variação dos estádios de maturação e portanto utilizados na composição do índice de qualidade.

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

## REFERÊNCIAS

- AGUSTINI, M. B.; WENDT, L.; PAULUS, C.; MALAVASI, M. M.. Maturidade fisiológica de sementes de *Moringa oleifera* (Lam). **Revista Inova Ciência & Tecnologia/Innovative Science & Technology Journal**, v. 1, n. 1, p. 11-17, 2015.
- 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.
- CHARGOT, M. S., ADAMIAK, A.; ZDUNEK, A. Pre-harvest monitoring of apple fruits development with the use of biospeckle method. **Scientia Horticulturae**, v. 145, p. 23-28, 2012.
- COSTA, A. G.; PINTO, F. A.; BRAGA, R. A.; MOTOIKE, S. Y.; GRACIA, L. M. 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.
- DANTAS, A.; SILVA, S. D. M.; DANTAS, R. L.; SOUSA, A. D.; SCHUNEMANN, A. Desenvolvimento, fisiologia da maturação e indicadores do ponto de colheita de frutos da umbugeleira (*Spondias* sp.). **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal**, v. 38, n. 1, p. 33-42, 2016.
- 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.
- IAL (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.
- MOHD ALI, M.; HASHIM, N.; BEJO, S. K.; SHAMSUDIN, R. Optical parameters in food and agricultural processing. **International Food Research Journal**, v. 24, n. 3, p. 908 - 914, 2017.
- SILVA, N. R.; PADOVANI, C. R. Utilização de componentes principais em experimentação agrônômica. **Energia na Agricultura**, v. 21, n. 4, p. 98-113, 2006.
- VIEIRA, D. A. P. **Qualidade de frutos de cultivares tomate para processamento**. 2015. 226p. (Dissertação) – Escola de Agronomia; Universidade Federal de Goiás.
- ZDUNEK, A.; ADAMIAK, A.; PIECZYWEK, P. M.; KURENDA, A. The biospeckle method for the investigation of agricultural crops: A review. **Optics and Lasers in Engineering**, 52, p. 276-285, 2014.