

O BIOSPECKLE LASER E SUA UTILIZAÇÃO NA AGRICULTURA – REVISÃO

ROBERTO ALVES BRAGA JÚNIOR¹

¹ Dr., Universidade Federal de Lavras, 35-3829-1672, robbraga@deg.ufla.br

Apresentado no
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

RESUMO: Quando um feixe laser ilumina um material rugoso, que tem um nível de rugosidade da ordem do comprimento de onda, o padrão visual observado é de uma imagem granulada, ou padrão de speckle, onde os grãos claros e escuros têm tamanhos e formas relacionadas à superfície e ao sistema óptico utilizado. Por outro lado, quando a superfície iluminada apresenta uma variação de posição dos dispersores de luz, o padrão de speckle torna-se dinâmico, e quando o objeto iluminado é um material biológico, o fenômeno é conhecido como biospeckle. A aplicação do biospeckle como sensível informação de atividade pode ser observada em diversas áreas da ciência, em particular na agricultura. Aplicações como em análise de processo germinativo em sementes, de motilidade em esperma de touros, ou ainda em maturidade de frutos ou carne, são alguns dos exemplos da sua aplicação. O principal desafio de uso do biospeckle de forma intensiva tem sido a barreira de saída do laboratório de ótica e a necessidade de padronização dos resultados.

PALAVRAS-CHAVE: speckle laser dinâmico; agricultura, aplicação

BIOSPECKLE LASER AND ITS USE IN AGRICULTURE - REVIEW

ABSTRACT: When a laser beam reaches a rough material, if compared to the laser length, the pattern observed is of a speckled image, with the sizes and to the shapes of the grains related to the surface and to many optical conditions. In turn, when the same laser beam reaches a surface that changes the position of the scatterers, the speckle image appears with a dynamic expression. Therefore, when the changes are linked to a biological material, the phenomenon is known as biospeckle. The application of the biospeckle as a sensitive information of the activity present in a biological sample can be observed in a broad area of the science, particularly in agriculture. The analysis of seed germination process, the monitoring of the motility of a sperm of a bull, the identification of the stage of maturation of a fruit or even of a meat, can be some examples of the applications. The main challenge of the biospeckle application has been the crossing of the border that limit the optical laboratory to the field, and the challenge of standardization.

KEYWORDS: dynamic laser speckle; agriculture; application

INTRODUÇÃO: O biospeckle laser foi primeiramente chamado desta forma por Asakura (1988) quando o mesmo apresentou a metodologia para análise de fluxo sanguíneo, na mesma linha que havia sido proposto por Briers (1975) e Fujii *et al.* (1985). Após usar como referência o trabalho de Oulamara *et al.* (1989) que tratou da construção de uma linha temporal de representação do speckle, Xu *et al.* (1995) apresentaram uma das formas mais utilizadas atualmente para a análise numérica do biospeckle, que monta a matriz conhecida como Space-Time Speckle (STS) ou como Time History Speckle Pattern THSP (Arizaga *et al.* 1999) permitindo análises quantitativas das atividades dos grãos. Por outro lado, as principais formas qualitativas de analisar o biospeckle, que chamamos hoje de mapas de atividade, foram propostas por Fujii *et al.* (1985), Briers & Webster (1996), e Arizaga *et al.* (2002), e que tem sido cada vez mais impulsionadas com a maior capacidade de processamento de imagens pelos computadores atuais e melhores câmeras, principalmente as digitais.

A partir dos primeiros trabalhos publicados na década de 70, a espiral ascendente que conecta pesquisa e desenvolvimento tecnológico às novas aplicações e demandas passou a tomar forma nesta área. Foi

então possível observar inicialmente aplicações na medicina, como monitoramento do fluxo sanguíneo (Briers 1975, Fujii et al. 1985, Briers & Webster 1996), bem como observar aplicações na agropecuária em sementes (Braga Júnior *et al.* 2001, Braga et al. 2003), sêmen animal (Carvalho et al. 2009), frutos (Pajuelo et al. 2003, Rabelo et al. 2005), ou ainda em crescimento de raízes (Braga et al. 2009; Ribeiro et al. 2013). Aplicações recentes como a de análise de frutos e vegetais (Kurenda et al. 2012) e em câncer animal (Braga et al. 2012) exemplificam a grande lista de aplicações, que foram sintetizadas em trabalhos como os de Rabal e Braga (2008), Menghan et al. (2013), e Zdunek et al. (2014).

MATERIAL E MÉTODOS: Na Figura 1 é possível identificar as diversas abordagens de análise do biospeckle laser que se divide em abordagens no domínio do tempo e da frequência, se divide em formas gráficas e numéricas, e em formas de análise online e off-line.

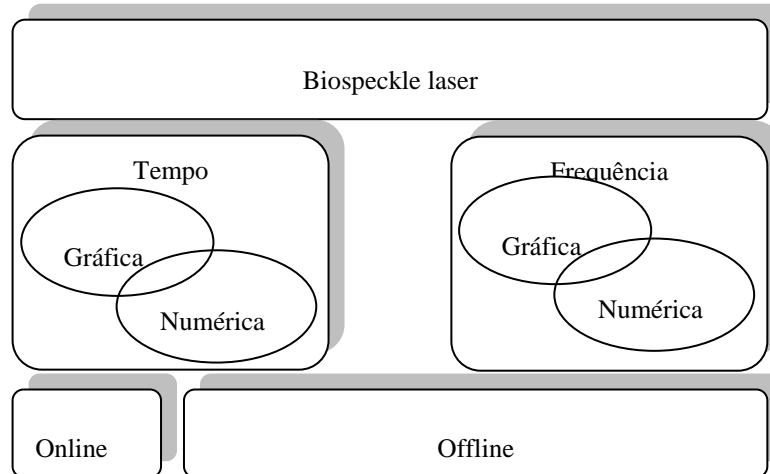


FIGURA 1 Possibilidades de uso do biospeckle laser podendo ocorrer no domínio do tempo, no domínio da frequência, de forma gráfica ou numérica, e de forma *online* ou *off-line*.

As análises do biospeckle laser (BSL) são provenientes de um esquema básico de iluminação conhecido como backscattering, que também pode ser implementado pela transmissão da luz pelo material, sendo conhecido como forward-scattering. A Figura 2 apresenta o esquema do backscattering e seus diversos componentes óticos. O laser e a câmera são os componentes que mais variam nas aplicações, sendo que lasers de HeNe eram os mais utilizados em laboratório, e agora os lasers de estado sólido, de diodo, têm apresentado boas respostas para usos em campo.

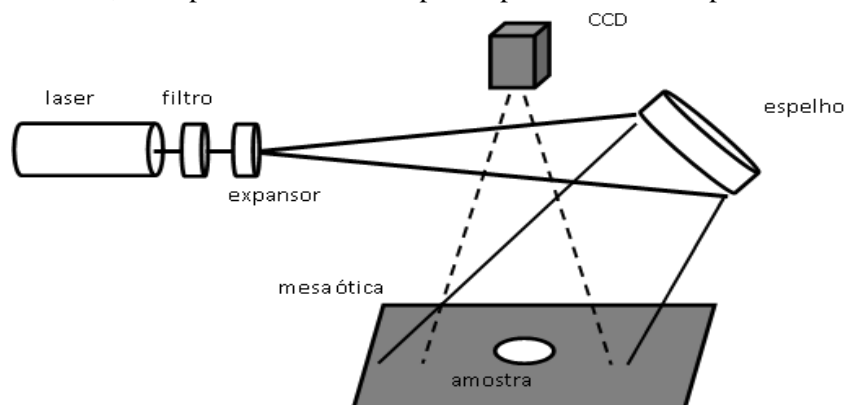


FIGURA 2. Modelo experimental básico utilizando o “back-scattering”.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Em 1998, no Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, foi apresentado por Rabal et al. (1998) um capítulo de livro com o título “Uso do laser na agricultura” que já apontava os primeiros passos nessa área do conhecimento. Naquele momento, por exemplo, foi apresentado um resultado do primeiro registro de um experimento realizado com uma semente de milho.

Depois desse experimento com milho, outros muitos experimentos foram realizados com essa semente, e com outras sementes, tanto no domínio do tempo como no domínio da frequência.

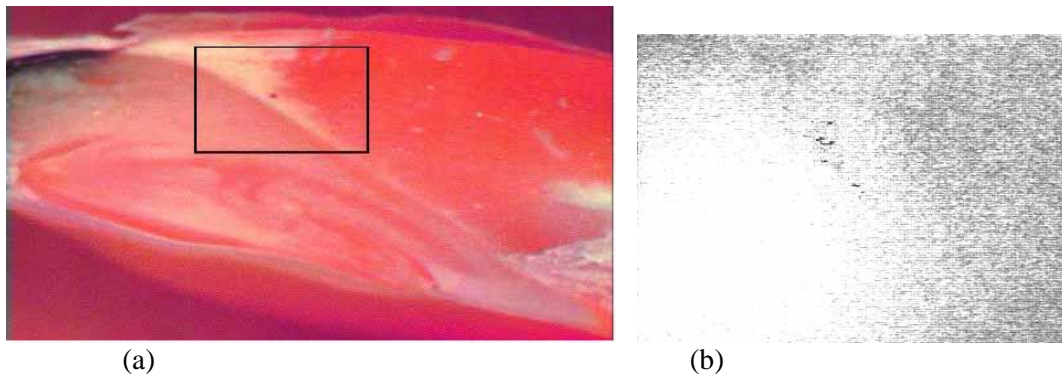


FIGURA 3. Semente de milho em corte (a) iluminado por um laser de diodo, com a área delimitada analisada pelo (b) método de Diferenças Generalizadas apresentando alta atividade na área mais clara.

CONCLUSÕES: O fenômeno do biospeckle laser passa a ser considerado como um meio, e se transforma em uma ferramenta para o sensível monitoramento de atividade biológica em diversos materiais.

AGRADECIMENTOS: Agradeço o apoio da UFLA, e o financiamento da FAPEMIG, CNPq, CAPES e FINEP.

REFERÊNCIAS

- ARIZAGA, R.; TRIVI, M.; RABAL, H. Speckle time evolution characterization by the co-occurrence matrix analysis. **Optics Laser Technology**, v. 31, p. 163–169, 1999.
- ARIZAGA, R.; CAP, N.L.; RABAL, H.; TRIVI, M. Display of local activity using dynamical speckle patterns. **Optical Engineering**, v. 41, p. 287-294, 2002
- ASAKURA, T. Dynamic properties of bio-speckles and their application to blood flow measurements. **Anritsu News**, v. 8, p. 4–9, 1988.
- BRAGA, R.A.; FABBRO, I.M. DAL; BOREM, F.M.; RABELO, G.; ARIZAGA, R.; RABAL, H.J., TRIVI, M. Assessment of Seed Viability by Laser Speckle Techniques. **Biosystems Engineering**, v. 86, p. 287–294, 2003.
- BRAGA, R.A.; DUPUY, L.; PASQUAL, M.; CARDOSO, R.R. Live biospeckle laser imaging of root tissues. **European Biophysics Journal**, v. 38, p. 679–686, 2009.
- BRAGA, R.A.; CARDOSO, R.R.; BEZERRA, P.S.; WOUTERS, F.; SAMPAIO, G.R.; VARASCHIN, M.S. Biospeckle numerical values over spectral image maps of activity. **Optics Communications**, v. 285, p. 553–561, 2012.
- BRAGA JUNIOR, R.A.; SOUZA, A.; VIEIRA, M.G.G.C.; PINHO, E.V.R. VON; RABAL, H.J.; FABBRO, I.M. DAL. Potencial do bio-speckle laser para avaliação da viabilidade de sementes. **Ciência e Agrotecnologia**, v.25(3), p. 645–649, 2001.
- BRIERS, J. D.; WEBSTER, S. Laser speckle contrast analysis (LASCA): a non-scanning, full-field technique for monitoring capillary blood flow. **Journal of Biomedical Optics**, v. 1, p. 174–179, 1996.

BRIERS, J.D. Wavelength dependence of intensity fluctuations in laser speckle patterns from biological specimens. **Optics Communications**, v. 13, p. 324–326, 1975.

CARVALHO, P.H.A.; BARRETO, J.B.; BRAGA JR, R.A.; RABELO, G.F. Motility parameters assessment of bovine frozen semen by biospeckle laser (BSL) system. **Biosystems Engineering**, v. 102, p. 31–35, 2009.

FUJII, H.; ASAKURA, T.; NOHIRA, K.; SHINTOMI, Y.; OHURA, T. Blood flow observed by time-varying laser speckle. **Optics Letters**, v. 10, p. 104–106, 1985.

KURENDA, A.; ADAMIAK, A.; ZDUNEK, A. Temperature effect on apple biospeckle activity evaluated with different indices. **Postharvest Biology and Technology**, v. 67, p. 118–123, 2012.

MENGHAN, H.; QINGLI, D.; BAOLIN, L.; KANG, T.; XIAOYAN, S. Application of biospeckle on analysis of agricultural products quality. **Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering**. V. 29, p. 284–292, 2013.

OULAMARA, A.; TRIBILLON, G.; DUVERNOY, J. Biological Activity Measurement on Botanical Specimen Surfaces Using a Temporal Decorrelation Effect of Laser Speckle. **Journal of Modern Optics**, v. 36, p. 165–179, 1989.

PAJUELO, M.; BALDWIN, G.; RABAL, H.; CAP, N.; ARIZAGA, R.; TRIVI, M. Bio–speckle assessment of bruising in fruits. **Optics and Lasers in Engineering**, v. 40, p. 13–24, 2003.

RABAL, H.J.; TRIVI, M.; FABBRO, I.M.; BRGA, R.A. Uso do Laser na Agricultura. In: SILVA, F.M.; SILVA, M.S.; BRAGA, R.A. **Energia Automação e Instrumentação**. SBEA: Poços de Caldas. 1998, p. 151-183.

RABAL, H.J.; BRAGA, R.A. *Dynamic Laser Speckle and Applications*. Taylor and Francis CRC: Boca Raton 2008.

RABELO, G.F.; BRAGA JUNIOR, R.A.; FABBRO, I.M.D. Laser speckle techniques in quality evaluation of orange fruits. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 570–575.32, 2005.

Ribeiro, K.M.; BARRETO, B.; PASQUAL, M.; WHITE, P.; BRAGA, R.A.; DUPUY, L. Continuous, high-resolution biospeckle imaging reveals a discrete zone of activity at the root apex that responds to contact with obstacles. *Annals of Botany*, v. 113, p. 555-563, 2013.

XU, Z.; JOENATHAN, C.; KHORANA, B. M. Temporal and spatial properties of the time-varying speckles of botanical specimens. **Optical Engineering**, v. 34, p. 1487–1502, 1995.

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* v. 52, p. 276-285, 2014.