II Congresso Internacional das
Ciências Agrárias
COINTER - PDVAgro 2017

ESTUDO DA FREQUÊNCIA DE INTERAÇÃO DA ATIVIDADE BIOLÓGICA EM SOLO DE TIPO ARGISSOLO VERMELHO AMARELO PELO MÉTODO DE BIOSPECKLE DINÂMICO

Apresentação: Pôster

Luiz Diego Vidal Santos¹; Adilson Machado Enes², Silvestre Rodrigues³, Jusimara Andrade Santos⁴, Catuxe Varjão de Santana Oliveira⁵

Introdução

Atualmente, diversas técnicas de processamento de imagens têm sido empregadas para quantificar o nível de atividade do solo e água por meio do biospeckle laser. Este, por sua vez, é um fenômeno ótico que ocorre quando há incidência de luz coerente em um material biológico que exibe algum tipo de atividade. A sua aplicação na análise do solo é importante na determinação de padrões associados a atividade biológica, assim com base nestas informações é possível determinar a melhor e mais fidedigna frequência que determine os níveis de atividade biológica do solo. O Biospeckle pode futuramente ser usado como ferramenta nas técnicas de nutrição e fenômenos da biota do solo. Diante disso, este trabalho tem por objetivo avaliar o potencial do biospeckle laser e análises com Waveletes no monitoramento dos níveis de atividade biológica em argissolo vermelho amarelo, típico do estado de Sergipe. Pode-se afirmar que a metodologia aplicada para análise é sensível a diferenças da atividade do solo. A identificação das faixas de frequência geradas pela interferência do solo nos níveis de atividades estudados pode ser calculada com base no teorema da amostragem. Os resultados mostraram que pode haver interferência entre a atividade biológica e a atividade de água no solo, uma vez que, no solo não estéril a diferenciação das faixas de frequência por umidade é potencializada.

¹ Discente Universidade Federal de Sergipe, vidal.center@academico.ufs.br

² Prof. Dr, Universidade Federal de Sergipe, adilsonenes@ufs.br

³ Prof. Dr, Universidade Federal de Sergipe, silvestre@ufs.br

⁴ Discente Universidade Federal de Sergipe, juciandrade2010@hotmail.com;

⁵ Profa MSc. Instituto Federal de Sergipe, catuxe.oliveira@ifs.edu.br

Fundamentação Teórica

Atualmente a produção agrícola requer novas tecnologias que analisem fidedignamente o solo como também mantenha o mínimo de perturbação possível visto que o revolvimento desacerbado, acarreta prejuízos a biota ou até mesmo a capacidade de campo (SOUZA et al., 2013). Outro fator importante da busca constante de novas tecnologias para análise em solos é a irrigação, pois uma boa irrigação requer profundos e especializados estudos para melhor aplicação da água e energia (OLIVEIRA, 2017), dentro destes métodos atuais estão o de processamento de sinais através da interpretação do fenômeno Biospeckle ou speckle dinâmico, o qual segundo (ZDUNEK et al., 2014)

“O *biospeckle* ou *speckle* dinâmico é um fenômeno óptico de interferência que ocorre quando há incidência de luz coerente em materiais, cujas superfícies sejam opticamente rugosas e que possuem algum tipo de atividade. O padrão de interferência formado está diretamente relacionado à posição e ao arranjo dos objetos espalhadores, sendo que, a mínima perturbação nesse arranjo irá provocar alterações no padrão de interferência resultante”.

O embasamento teórico e experimental aponta no sentido de que é possível identificar a frequência de biospeckle que sofre interferência da água, este tipo de análise é importante, pois, se aplicada no solo agrícola, pode abrir caminho para diversas aplicações como o desenvolvimento de sensores para irrigação, bem como a identificação das propriedades biológicas do solo.

Em materiais biológicos, os níveis de atividades estão diretamente relacionados com a viabilidade celular, troca de gases, respiração, atividade microbiana e atividade de água (aw). Por esta razão, o fenômeno tem sido estudado como uma potencial ferramenta na análise de qualidade e viabilidade de diversos materiais biológicos, patologias cutâneas em seres humanos (SILVA, 2007), identificação de parasitos no sangue (ROMERO, 1999), mapeamento de nervuras do tecido vegetal e medição de fluxo sanguíneo (SILVA, 2007).

Na Engenharia Agrícola os esforços no emprego da técnica têm se concentrado na busca por métodos rápidos, objetivos e não destrutivos para a avaliação de materiais biológicos, sobretudo na área de sementes, sendo os principais estudos relacionados à avaliação de viabilidade e vigor de sementes, diferenciação de sementes, mapeamento de áreas com atividades distintas (BRAGA JR, 2000), avaliação do teor de água e identificação de espécies de fungos (BRAGA JÚNIOR *et al.*, 2005).

As principais técnicas empregadas na análise do fenômeno são baseadas na variação temporal dos dados com estatísticas de primeira e segunda ordem, tais como a História Temporal do *Speckle* (**STS**) e as Matrizes de Ocorrências Modificadas (**MOC**), permitindo tanto a criação de mapas de atividades, empregando técnicas tais como as Diferenças Generalizadas (**DG**) e o Método de **Fujji**, como a quantificação do fenômeno, empregando a técnica conhecida como Momento de Inércia (**MI**) ou Módulo de Dispersão de Intensidades (**MDI**).

Até o momento, as propostas de utilização do *biospeckle* laser têm ficado restritas ao laboratório, uma vez que diversos fatores como a vibração ambiental e ruídos externos, podem interferir nas medições, exigindo que as mesmas sejam feitas em ambiente controlado. No entanto, estudos recentes envolvendo a análise de frequência do *biospeckle* laser (ENES, 2007), demonstram ser possível utilizar as Transformadas de Wavelets (**TW**) e as Transformadas de Fourier (**TF**), para isolar frequências do padrão de atividade do *biospeckle*, permitindo assim, estabelecer uma correlação entre determinadas frequências e os elementos físicos e/ou biológicos que as perturbaram.

Sabe-se que o avanço mais notável no campo de máquinas agrícolas dos últimos tempos tem se dado no campo da agricultura de precisão, que busca o controle de forma precisa dos parâmetros e variáveis responsáveis por influenciar a produtividade, como por exemplo, a fertilidade do solo. Para atingir este propósito, sensores são instalados nas máquinas, permitindo que os dados referentes à produtividade sejam comparados com outros fatores, o que possibilita um controle mais efetivo, preciso e econômico dos parâmetros que elevam a produtividade. Por outro lado, um dos fatores que está intimamente relacionado com a produtividade agrícola, diz respeito à microbiologia do solo. A atividade microbiológica do solo é responsável pela estabilização da matéria orgânica e liberação de nutrientes, fazendo com que estes, se tornem disponíveis para as plantas. No entanto, até o momento, não há um sensor capaz de expressar a atividade microbiológica presente no solo. O embasamento teórico associado ao fenômeno *biospeckle* laser, permite supor que a atividade microbiológica do solo pode ser quantificada de forma indireta, e suas perturbações nas frequências de atividade podem ser estudadas e classificadas com técnicas de análise de frequência. Como a água costuma estar presente no solo em abundância, a interferência desta deve ser isolada durante o processamento.

Momento de inércia (MI)

Rabelo (2000) explica o que vem a ser o STS, bem como, o módulo de dispersão de intensidades, da seguinte forma:

O Padrão temporal do “speckle” (STS) constitui-se de uma manipulação das diversas imagens obtidas da superfície do objeto iluminado pelo laser. De cada imagem conseguida, retira-se uma linha que é colocada ao lado da linha da imagem subsequente, formando uma imagem de 512x512 “pixels” denominada de STS. A ocorrência de algum movimento superficial ou interno do material será transmitida para a figura do “speckle” formado e assim, a linha observada será diferente da anterior. Por outro lado, se a figura formada for composta por linhas bem definidas, significa que não está ocorrendo mudança na formação do “speckle” de uma imagem para a outra, repetindo sempre o mesmo padrão de antes. (RABELO, 2000, p. 12).

A imagem do STS carrega informações relativas à atividade do material sob estudo. Embora as diferenças entre uma imagem STS proveniente de um material de baixa atividade, e uma imagem STS proveniente de um material de alta atividade possa ser visualmente constatada sem maiores dificuldades, esta diferença qualitativa não é suficiente para fins de automação no processamento dos dados. Sendo assim, procurou-se elaborar métodos matemáticos que pudessem expressar de forma numérica o nível de atividade correspondente a uma imagem STS. Para chegar a esta quantificação, torna-se necessário transformar a matriz STS em uma matriz de ocorrências denominada concurrence matrix (COM), cuja definição matemática está representada na equação 1.

$$COM = |N_{ij}|$$

em que,

N_{ij} – número de ocorrências de intensidades

i, j – intensidades sucessivas

A matriz de ocorrências assume a forma predominante de uma matriz diagonal, onde os valores principais se concentram em torno da diagonal principal (quando $i = j$). Os desvios da diagonal principal estão relacionados com o nível de atividade, já que quando uma intensidade aparece seguida por um valor diferente significa que ocorreu variação na intensidade do pixel, e neste caso, i é diferente de j .

Para se extrair um número que represente ou quantifique essa dispersão, Arizaga et al. (1999) propuseram calcular o momento de inércia (MI) da matriz de ocorrências modificada

(MOM). O método foi estudado por Rabelo (2000), que comprovando sua eficácia passou a tratá-lo como Módulo de Dispersão de Intensidade (MDI). Esse parâmetro consiste no somatório dos produtos dos valores de intensidade da matriz pelo quadrado da distância entre cada elemento da matriz e a diagonal principal. A equação 2 representa a operação do módulo de dispersão de intensidades, mais conhecido como momento de inércia (MI).

$$MDI = \sum_{ij} M_{ij}(i-j)^2$$

Análise de frequência do biospeckle laser

A transformada de Fourier

As técnicas de processamento e quantificação apresentadas até o momento, não avaliaram informações relativas às frequências que compõem os sinais presentes nas imagens, o que poderia trazer mais informações sobre os processos monitorados, uma vez que, cada imagem carrega informações sobre a variação temporal da intensidade do pixel; essa variação, por sua vez, está relacionada com a atividade do material que está sendo iluminado. Dessa forma, é possível decompor a variação de intensidade do pixel em um espectro de frequência, a exemplo do que é feito na análise de um sinal de áudio. Assim, ao considerar que uma linha amostral retirada de imagens sucessivas de 512 pontos contém uma função temporal estacionária, essa função pode ser decomposta em uma série de harmônicos através da Transformada de Fourier. Como os dados se apresentam de forma discreta, utiliza-se a transformada discreta de Fourier. Esta transformada pode ser calculada para todo vetor de comprimento $2n$ através de um algoritmo computacional denominado Fast Fourier Transform (FFT) ou Transformada Rápida de Fourier, conforme descrito nos trabalhos de Loan (1992); Meyer (2000); Oppenheim, Schaffer e Buck (1999); Press (1992); Rivest, Shamir e Adleman (1978). A equação 5 é a expressão da Transformada de Fourier para uma função contínua.

$$F(w) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-iwt} dt$$

A equação 6 representa a convolução da função f pela função g.

$$(f * g)(t) = \int_0^t f(t-T)g(T) dT$$

A equação 7 expressa a correlação cruzada entre duas funções, denominadas f e g.

$$(f \circ g)(t) = \int_0^t f(T)g(t-T) dT$$

Quando g=f, tem-se a autocorrelação, que pode ser representada pela equação 8.

$$f * f^{-}$$

Em que f^{-} representa a função f invertida no tempo. Segundo o teorema de Wiener-Kintchine, a transformada de Fourier da autocorrelação de uma função f qualquer é igual ao quadrado do Módulo da transformada de Fourier da função f (equação 9).

$$\mathfrak{F}\{f * f^{-}\} = |F|^2$$

Por outro lado, o Teorema da Convolução, diz que a transformada de Fourier da convolução de uma função f é igual ao quadrado da transformada de Fourier da função f (equação 10).

$$\mathfrak{F}\{f * f\} = F^2$$

Dessa forma, pode-se afirmar que o módulo da transformada de Fourier da convolução é numericamente igual a transformada de Fourier da autocorrelação (equação 11).

$$|\mathfrak{F}\{f * f\}| = |F^2| = |F|^2 = \mathfrak{F}\{f * f^{-*}\}$$

Isto permite supor que, tanto a convolução da Transformada de Fourier quanto a correlação, podem ser igualmente utilizadas para a realização de trabalhos que permitam a análise de frequência de imagens.

Microbiologia do Solo

De acordo com Araújo (2007), a fração biológica é um dos principais componentes do solo. Essa fração é composta por comunidades de pequenos animais (mesofauna) e microrganismos (microfauna e microflora). Muitas das propriedades dos solos são decorrentes da atividade biológica, sendo comum dizer-se que um solo sem atividade biológica é um solo sem vida. As relações e interações entre as diferentes comunidades de organismos do solo contribuem para a manutenção da vida do solo, e para diversos outros processos que, por sua vez, estão intimamente ligados à cadeia trófica.

Os autores afirmam ainda que os componentes mais numerosos da fração biológica do solo são os microrganismos, representados por integrantes da microfauna (protozoários) e da microflora (fungos, bactérias, algas e vírus). Esses organismos participam ativamente da decomposição de resíduos orgânicos, dos ciclos de reciclagem do nitrogênio, do fósforo e do enxofre e da decomposição de poluentes. Muitos desses componentes, portanto, desempenham um papel vital na construção do solo como suporte físico para as culturas agrícolas.

A pesquisa nas últimas décadas rendeu muitos resultados que contribuíram para um melhor conhecimento das propriedades dos organismos do solo e aproveitamento dos processos biológicos que influenciam na produtividade agrícola. Como exemplos, temos os conhecimentos adquiridos sobre a capacidade de certos microrganismos de modificar ou destruir poluentes e defensivos agrícolas, a habilidade da microflora de produzir substâncias tóxicas às culturas agrícolas e aos animais, a utilização da inoculação de leguminosas em larga escala, a micorrização de mudas de café e árvores frutíferas para o transplante, a utilização de associações entre plantas e microrganismos do solo na recuperação de áreas degradadas pela mineração, remoção da cobertura vegetal e construção civil (ARAÚJO, 2007).

Com relação à importância da biomassa microbiana nos atributos físicos do solo, Baretta (2007) cita que os micro-organismos heterotróficos do solo liberam polissacarídeos de origem microbiana, durante a decomposição da matéria orgânica, que são mais persistentes no solo, quando comparados aos polissacarídeos de origem vegetal, desempenhando relevante papel na estabilidade de agregados. Segundo estes autores, além dos polissacarídeos microbianos, as hifas dos fungos estão ligadas à formação e estabilidade dos agregados. Segundo Baretta (2007), os microrganismos do solo e suas comunidades estão continuamente mudando e se adaptando às alterações ambientais. A dinâmica natural desse grupo faz deles indicadores potencialmente sensíveis para se avaliar as mudanças no solo resultantes de diferentes práticas e sistemas de manejo.

Indicadores Biológicos do Solo

A avaliação de atributos biológicos do solo é adequada à maioria dos critérios para a seleção de um indicador de qualidade (DORAN & ZEISS, 2000). A capacidade de responder rapidamente a mudanças no ambiente do solo derivadas das alterações no manejo justifica o uso de microrganismos e processos microbiológicos como indicadores de qualidade do solo.

Experimentos com o uso de indicadores microbiológicos no monitoramento de solos também são realizados em alguns países europeus, onde os indicadores mais comumente usados são a biomassa microbiana e a respiração (NIELSEN & WINDING, 2002).

A biomassa microbiana é definida como a parte viva da matéria orgânica do solo, incluindo bactérias, actinomicetos, fungos, protozoários, algas e macrofauna. Excluindo-se raízes de plantas e animais do solo maiores do que 5,10 μm , a biomassa microbiana corresponde em média, de 2 a 5% do C orgânico do solo (JENKINSON & LADD, 1981) e de 1 a 5% do N total do solo (SMITH & PAUL, 1990).

A manutenção da produtividade dos ecossistemas agrícolas e florestais depende, em grande parte, do processo de transformação da matéria orgânica e, por conseguinte, da biomassa microbiana do solo. Esta representa um importante componente ecológico, porque é responsável pela decomposição e mineralização dos resíduos vegetais do solo, utilizando esses materiais como fonte de nutrientes e energia para a formação e o desenvolvimento de suas células, bem como para a síntese de substâncias orgânicas no solo (GAMA-RODRIGUES, 1999).

Este método de análise é importante, pois, se aplicada no solo agrícola, pode abrir caminho para diversas aplicações como o desenvolvimento de sensores para irrigação, medição de impactos de excesso de umidade no solo. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial do biospeckle laser e análises com Waveletes no monitoramento de teor de umidade em um argissolo

vermelho amarelo, típico do estado de Sergipe, possíveis caminhos para futuros implementos agrícolas associados a irrigação e controle de umidade do solo.

Metodologia

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Prototipagem (LAPROT) do Departamento de Engenharia Agrícola (Deagri) da Universidade Federal de Sergipe (UFS), as amostras de solos foram coletadas no campus rural da universidade federal de Sergipe (UFS), onde o solo segundo (EMBRAPA SOLOS, 2017) é classificado como Argissolo vermelho amarelo (Figura 1). Em seguida, as amostras foram separadas com 3 repetições com 50g cada, e conforme o horizonte do solo (Figura 3 A e 3B). Foi determinada a umidade do solo coletado pelo método da estufa à 105°C durante 24 horas. O solo retirado da estufa foi hidratado até a umidade em que se encontrava antes do procedimento de secagem, sendo então levado ao sistema de aquisição de dados do Laboratório de Óptica do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Sergipe. Os equipamentos utilizados foram: um laser HeNe de 632 nm de comprimento de onda (vermelho), uma câmera digital filmadora com capacidade de aquisição de 30 frames por segundo e um computador para processamento de dados e filtragem das bandas de frequência por TF e Wavelets. Os algoritmos usados para o processamento dos dados e separação das bandas de frequência foram os mesmos usados por (RODRIGUES et al., 2007).

Em ambos os casos os resultados foram comparados com o solo não esterilizado, a fim de se determinar a influência da atividade microbiológica e fatores relacionados com a umidade.

Figura 1: local das amostras do solo

Figura 2: amostras por horizonte

Figura 3 A e B: pesagem das amostras

Resultados e discussões

Tabela 1. Organograma das Diferenças Generalizadas por Horizonte Estrutural e Tratamento do Argissolo Vermelho Amarelo

Horizonte O						
	Estéril			Vivo		
Frequência 1						
Frequência 12						
Horizonte A						
	Estéril			Vivo		
Frequência 1						

Frequência 12
Horizonte Bt						
	Estéril			Vivo		
Frequência 1
Frequência 12

A tabela 1 nos permite observar que a diferenciação entre solo estéril e vivo é bastante evidente nas frequências mais altas a exemplo frequência 01 em comparação a frequência 12, como também as diferenças entre horizontes. Levando a crer que quanto menor a presença de matérias orgânicas, menor é a atividade biológica, fenômeno que ocorre naturalmente nas diferenças entre horizontes, indicando que a atividade microbiana está concentrada principalmente nas camadas orgânicas do solo interferindo assim nas atividades biológicas, conforme (MARQUES; JAHNEL, 2005) e (FLACH, 2016).

Conclusões

O método se mostrou sensível a diferentes tipos de atividade biológicas do argissolo vermelho amarelo nos diferentes horizontes, como proposto no experimento. A partir desta pesquisa, vimos uma área em grande expansão, demonstrando então que se faz necessário mais pesquisas estatísticas sobre o tema, tanto para análise da melhor faixa de frequência como para quantificar os níveis da atividade biológica. Futuramente será possível, assim, padronizar níveis satisfatórios de atividade com o método de análise através do Biospeckle dinâmico.

Referências

- ARAUJO, A. S.F.; MONTEIRO, R.T.R. Indicadores Biológicos de qualidade do solo. Bioscience Journal, v. 23, n.3, p.66-75, 2007.
- BRAGA JR, R. A.; RABELO, G. F.; GRANATO, L. R.; SANTOS, E. F.; MACHADO, J. C.; ARIZAGA, R.; RABAL, H. J.; TRIVI, M. Detection of Fungi in Beans by the Laser Biospeckle Technique. Biosystems Engineering, San Diego, v. 91, n. 4, p. 465-469, Ago. 2005.

BRAGA Jr., R. A. **“Bio-Speckle” : uma contribuição para o desenvolvimento de uma tecnologia aplicada à análise de sementes.** 2000. 117 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

BRAGA JÚNIOR, R. A.; BOREM, F. M.; FABBRO, I. M. D.; ARIZAGA, R.; RABAL, H. J.; TRIVI, M. R. Seeds characterization by dynamic speckle patterns: a proposal. In: PHOTONICS EAST 2000 ENVIRONMENTAL AND INDUSTRIAL SENSING, 2000, Boston. Environmental and Industrial Sensing... Boston : Spie, 2000.

BRAGA JÚNIOR, R. A.; BOREM, F. M.; RABELO, G. F.; FABBRO, I. M. D.; ARIZAGA, R.; RABAL, H. J.; TRIVI, M. R. Seeds analysis using bio-speckle. IN: RIAO, 2001, Tandil. SPIE – RIAO... Tandil: Spie, 2001.

BARETTA, D.; SOUZA, J. P., FERREIRA, C.S; CARDOSO, E.J.B.N. Colembolos como indicadores da qualidade do solo em áreas com Araucaria angustifolia. In: Congresso de ciência do solo, gramado, 2007. Resumos XXXI congresso Brasileiro de Ciencia do Solo, Porto Alegre: CBCS, p.26, 2007.

ENES, A. M. Análise do comportamento de tecidos vivos e tecidos mortos em sementes de feijão (Phaseolus vulgaris L.) pela ótica do biospeckle laser. 2007. 32 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ENES, A. M.; RABELO, G. F.; BRAGA JÚNIOR, R. A.; RODRIGUES, S. Utilização do Laser aplicado na diferenciação de tecidos vivos de tecidos mortos em sementes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 33., 2004, São Pedro. Anais... Campinas: Unicamp/Embrapa, 2004.

EMBRAPA SOLOS. **Solos do Nordeste.** Disponível em: <<http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/index.php?link=se>>. Acesso em: 13 out. 2017.

FLACH, M. K. **Florianópolis 2016.** [s.l.] Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.

MARQUES, R.; JAHNEL, M. C. Do Solo Em Ecossistema Florestal. **Atlantic**, p. 117–127, 2005.

OLIVEIRA, F. G. Software de suporte à decisão de gestão de custos e determinação de tarifas em perímetros de irrigação luara vieira de oliveira¹; marcos antonio rigueira egidio² e flavio gonçalves oliveira³. p. 48–56, 2017.

RODRIGUES, S. et al. **Aplicação do speckle dinâmico na análise de sementes de feijão (Phaseolus vulgaris L).** Disponível em: <<http://www.profigen.com.br/ler/1/355/306/fusarium>>.

ROMERO, G. G. Estudio y caracterizacion de patrones de speckle que varian en el tiempo. 1999. 133 p. Tese (Doutorado em Física) - Universidad Nacional de Salta, Argentina.

SILVA, E. R. DA . Estudo das propriedades do Biospeckle e suas aplicações. São Paulo, 2007. 112 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Departamento de Física Geral, Universidade de São Paulo.

SOUZA, E. J. et al. Métodos Para Estimativa Da Umidade Do Solo Na Capacidade De Campo. **Revista de Ciências Agro**, v. 11, p. 43–50, 2013.

ZDUNEK, A. et al. **The biospeckle method for the investigation of agricultural crops: A review.** Disponível em: <<http://www.profigen.com.br/ler/1/355/306/fusarium>>.