

ANÁLISE DE CURVAS ESPECTRAIS DA SOJA OBTIDAS POR DIFERENTES ACESSÓRIOS

Érica Silva Nakai¹, Pedro Paulo da Silva Barros¹, Fernando Henrique Iost Filho², Michaela Bárbara Neto¹, Peterson Ricardo Fiorio¹

¹Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP, Departamento de Engenharia de Biosistemas, Av. Pádua Dias 11, CP 09 e ericanakai@usp.br; ²Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP, Departamento de Entomologia, Av. Pádua Dias 11, CP 09

RESUMO

Atualmente, existem diversos sensores capazes de obter informações espectrais de diferentes objetos, sendo que cada um possui intervalos de comprimentos de onda e acessórios específicos. Um dos sensores é o espectraloradiômetro que capta e registra a radiação refletida em milhares de bandas. Assim, o objetivo deste estudo foi analisar as curvas espectrais da folha de soja obtidas por diferentes acessórios de um sensor. Foram utilizados os acessórios *Leaf clip* e esfera integradora do Fieldspec 3, para avaliar folhas de soja cultivadas em vaso no estágio fenológico V3. As curvas espectrais foram submetidas ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e Análise de Componentes Principais (ACP). Os acessórios apresentaram curvas espectrais com feições semelhantes, mas intensidades diferentes entre eles, devido a esfera integradora emitir luz de forma difusa. A ACP diferenciou os acessórios, sendo assim um fator limitante a aplicabilidade dependendo da faixa espectral do estudo.

Palavras-chave — espectraloradiômetro, agricultura, vegetação, curva espectral, sensoriamento remoto.

ABSTRACT

Currently, there are several sensors capable of obtaining spectral information from different objects, each one has wavelengths ranges and specific accessories. One of the sensors is the spectroradiometer, which captures and records the reflected radiation in thousands of wavebands. Thus, the objective of this study was to analyze the spectral measurements of the soybean leaf obtained by different accessories of sensor. Leaf Clip and integrating sphere were coupled with Fieldspec 3, and used to evaluate soybean leaves from phenological stage V3. The spectral data were submitted to Shapiro-Wilk Normality Test and Principal Component Analysis (PCA). The accessories provided similar spectral measurements, but different intensities between them due to the integrating sphere to produce diffuse light. The PCA showed differences between the accessories, which mean a limiting factor to applicability depending on the spectral range of the study.

Key words — spectrometer, agriculture, vegetation, spectral curve, remote sensing.

1. INTRODUÇÃO

Os sensores multiespectrais e hiperespectrais são altamente promissores para uso na pesquisa da área agrícola [1]. Os multiespectrais são mais utilizados para levantamento do número de plantas em áreas agrícolas, detecção de pragas, falhas no processo de cultivo. Os hiperespectrais permitem uma análise das propriedades físico-químicas das plantas e sua morfologia [2]. Essa caracterização detalhada em uma certa faixa do espectro eletromagnético ocorre por causa da alta resolução espectral para identificação da assinatura espectral do objeto em estudo [3].

Sensores multiespectrais geralmente captam e registram a radiação refletida pelo alvo em poucas bandas (3-20) e as bandas não necessariamente são próximas umas as outras, com valores de intensidade discretos. Enquanto sensores hiperespectrais captam respostas de um maior número de bandas e estas estão sempre contíguas, formando uma assinatura espectral [4]. Já os sensores espectraloradiômetros utilizam milhares de bandas para obtenção das curvas espectrais.

Uma cultura de grande relevância para agricultura brasileira é a soja, por expandir a agroindústria nacional ao plantar em milhões de hectares de terras. A produção brasileira foi estimada em 111 milhões de toneladas para a safra de 2017/2018 [5]. Além disso, o Brasil é o segundo maior exportador de soja e seus derivados, obtendo maiores ganhos na produtividade. Dessa forma, esse grão vem tomando proporções expressivas no agronegócio brasileiro desde a década de 70, quando houve intensificação da produção e comercialização em larga escala [6].

Diversos trabalhos demonstram a importância do sensoriamento remoto no monitoramento de áreas de soja utilizando as curvas espectrais. Batista et al. [7] que verificaram que a resposta espectral da soja foi significativamente correlacionada para estimar a biomassa. Crusiol et al. [8] analisaram a assinatura espectral da soja submetidos a diferentes níveis de disponibilidade hídrica e utilizaram um sensor hiperespectral para discriminar as cultivares de soja tanto em áreas afetadas pela seca, quanto em áreas com boa disponibilidade hídrica. Santos Jr et al. [9] estudaram o comportamento da soja infestada por

nematóide e houve uma relação direta da assinatura espectral com diferentes densidades populacionais de *Meloidogyne javanica*. Silva Junior et al. [10] utilizaram um sensor hiperespectral não imageador para discriminação de variedades de soja. Portanto, a eficácia em analisar a assinatura espectral foi comprovada em diferentes estudos.

Entretanto, comparações entre diferentes sensores foram realizados com informação espectral do solo [11,12,13] e são raros sobre vegetação [14]. Desta forma, o objetivo deste estudo foi analisar a curva espectral de folhas de soja obtidos por diferentes acessórios de espectralradiometria.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos na Universidade de São Paulo, campus da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, em Piracicaba-SP. Foram cultivadas em casa de vegetação, em vasos de 8 litros, soja de variedade BRS232, contendo solo como substrato. Aproximadamente seis semanas após a semeadura, quando as plantas atingiram o estágio fenológico V3 [15], um trifólio foi retirado de cada planta (n=13). As folhas foram analisadas no sensor hiperespectral sequencialmente pelos diferentes acessórios para evitar a perda de água da folha e realizadas por um mesmo operador.

As avaliações das folhas foram realizadas nos acessórios *Contact probe* acoplado ao *Leaf clip* e esfera integradora do FieldSpec 3 (ASD – Analytical Spectral Devices Inc., Boulder, CO, EUA). Este sensor opera no intervalo espectral de 350 a 2500 nm, com resolução espectral de 1,4 nm de 350 a 1050 nm e 2 nm de 1050 a 2500 nm.

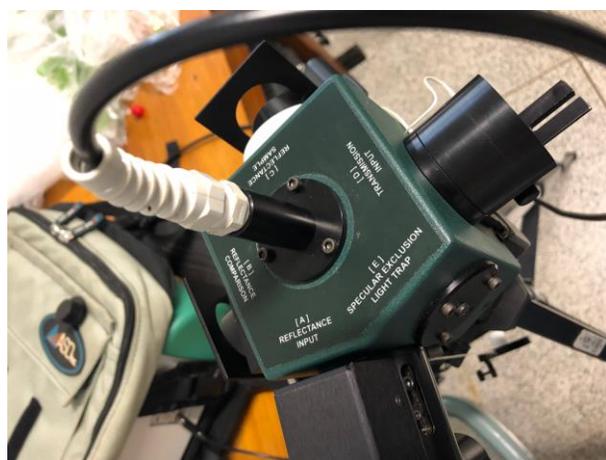


Figura 1. Esfera integradora (Fonte: autores).

Na esfera integradora, a fonte de luz halógena ASD CL-10 colimada de 10 W, é utilizada para iluminar a amostra com um feixe direto. A energia radiante dentro da esfera é coletada por um cabo de fibra óptica do espectralradiômetro

ligado ao topo da esfera. Esse acessório tem um campo de visada de 180°, devido a parede da esfera ser aproximadamente 100% reflexiva, assim a luz é refletida em todos os ângulos da superfície da amostra.

No *Leaf clip*, a fonte de luz também é halógena de 4,5 W, com um ângulo de 45° de incidência sobre a amostra. Esse acessório permite a medição da reflectância direcional da luz diretamente na amostra.

As curvas espectrais, com dados de reflectância entre os comprimentos de onda de 400 a 2500 nm, foram submetidas ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Depois, uma análise multidimensional foi utilizada Análise de Componentes Principais (ACP), para resumir a maior parte da informação original a um número mínimo de fatores, para fins de detecção da variabilidade dos dados. A análise estatística foi realizada no XLSTAT.



Figura 2. Acessório *Leaf clip* (Fonte: autores).

3. RESULTADOS

Os resultados das curvas espectrais foram bem semelhantes visualmente, principalmente nos espectros do visível e infravermelho, porém as curvas obtidas pela esfera integradora apresentaram uma menor intensidade de reflectância ao longo do espectro eletromagnético e presença de ruído a partir de 1800 nm.

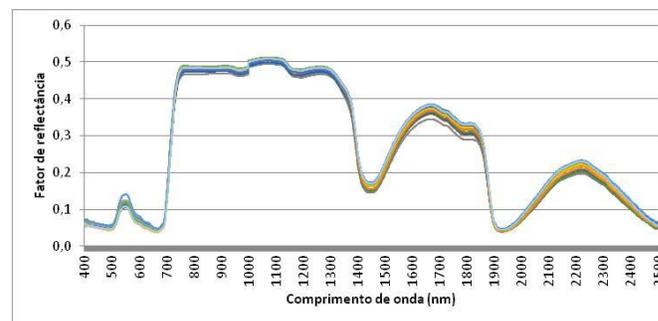


Figura 3. Curvas espectrais de soja obtida no *Leaf-clip*.

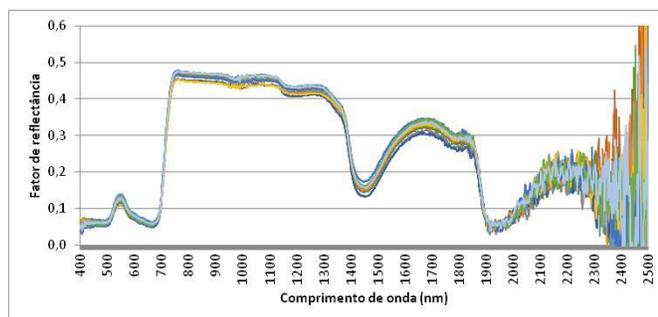


Figura 4. Curvas espectrais de soja obtida na esfera integradora

Os resultados dos *scores* do CP1 e CP2, para todo o conjunto de dados em estudo, foram apresentados no gráfico de dispersão (Figura 5), explicaram 69,29% da variabilidade dos dados. A análise dos componentes principais demonstrou que houve diferença entre as curvas dos acessórios.

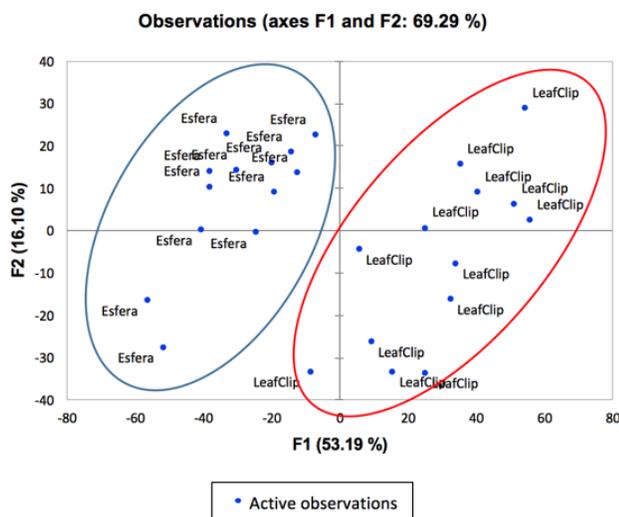


Figura 5. Análise dos Componentes Principais

4. DISCUSSÃO

A comparação das curvas espectrais obtidas por diferentes acessórios do Fieldspec indicou mínima diferença visual e está de acordo com estudos anteriores realizados com solos [12, 16, 17]. O uso da esfera integradora apresentou redução de intensidade de reflectância na região espectral do infravermelho próximo [12], devido a câmara interna da esfera refletir uma luz mais difusa em relação ao *Leaf clip*.

No estudo que comparou *Contact probe* com esfera integradora, entre folhas largas e estreitas de coníferas, também mostrou diferenças entre esses dispositivos [13]. Novos estudos são necessários com um maior número de amostras e culturas. Também há necessidade de padronização dos procedimentos de medição para obtenção de uma biblioteca espectral de folhas confiável.

5. CONCLUSÕES

A comparação das reflectâncias da folha de soja, obtidas por diferentes acessórios do espectrorradiômetro, indicou que a curva espectral para folha de soja foi diferente estatisticamente, sendo assim um fator limitante a aplicabilidade, dependendo da faixa espectral do estudo.

6. REFERÊNCIAS

- [1] Lillesand, T. M.; Kiefer, R. W. "Remote sensing and image interpretation." 3rd. ed. New York: John Wiley and Sons, 750 p., 1994.
- [2] Molin, J. P.; Amaral, L. R. do; Colaço, A. F. "Agricultura de precisão" Oficina de Textos, 83 p., 2001
- [3] Furnaletto, R. H.; Nanni, M. R.; Crusiol, L. G. T.; Silva, G. F. C.; Oliveira Junior, A. de. "Potencial de utilização de sensores multiespectral e hiperespectral no estudo de diferentes alvos agrícolas." Anais da XII Jornada Acadêmica EMBRAPA soja, pp. 146- 154, 2017.
- [4] Fomaggio, A.R.; Del'Arco Sanches, I. "Sensoriamento remoto em agricultura." 1^a ed. São Paulo: Oficina de textos, 288p., 2017.
- [5] CONAB – Companhia nacional de abastecimento. "Acompanhamento da safra" 2017 brasileira de grãos, quinto levantamento, safra 2017/18." Brasília: Conab, 140 p., 2018.
- [6] Gasques, J.G.; Bacchi, M.R.P.; Bastos, E. T. "Crescimento e produtividade da agricultura brasileira de 1975 a 2016." IPEA, n. 38, pp. 1-9, 2018
- [7] Batista, G.T.; Rudorff, B. F. T.; Oviedo, A. F. P. "Resposta espectral da soja e sua relação com parâmetros agrônômicos." São José dos Campos: INPE, pp. 406 - 413, 1989.
- [8] Crusiol, L. G. T.; Nanni, M. R.; Furlanetto, R. H.; Cezar, E. Sibaldelli, R. N. R., Mertz-Henning, L. M.; Nepomuceno, A. L.; Neumaier, N. Farias, J. R. B. "Assinatura espectral de cultivares de soja submetidas a diferentes níveis de disponibilidade hídrica". Anais VIII Congresso Brasileiro de soja, pp. 293-295, 2018.
- [9] Santos Jr., R. F.; Rudorff, B. F. T.; Santos, J. M.; Marchiorato, I. A. "Comportamento espectral de soja (BRS 133) infestada por *Meloidogyne javanica*." Nematologia brasileira, v. 25, n. 1, pp. 53-61, 2001.
- [10] Silva Junior, C. A. da; Nanni, M. R.; Shakir, M.; Teodoro, P. E.; Oliveira-Júnior, J. F. de; Cezar, E.; Gois, G. de; Lima, M.; Wojciechowski, J.C.; Shiratsuchi, L. S. "Soybean varieties discrimination using non-imaging hyperspectral sensor." Infrared Physics & technology, v. 89, pp. 338-350, 2018.
- [11] Ben-Dor, E.; Granot, A.; Natesco, G. "A simple apparatus to measure soil spectral information in the field under stable conditions." Geoderma, v. 306, pp. 73-80, 2017.

[12] Rosero-Vlasova, O. A.; Pérez-Cabello, F; Llovería, R. M.; Vlassova, L. "Assessment of laboratory VIS_NIR-SWIR setups with different spectroscopy accessories for characterization of soils from wildfire burns." *Biosystem engineering*, v. 152, pp. 51-67, 2016.

[13] Romero, D.J., et al., "Internal soil standard method for the Brazilian soil spectral library: Performance and proximate analysis". *Geoderma*, v. 312, pp. 95-103, 2018.

[14] Potucková, M.; Cervená, I.; Kupková, L.; Lhotáková, Z.; Lukeš, P.; Hanuš, J.; Novotný, J.; Albrechtová, J. "Comparison of Reflectance Measurements Acquired with a Contact Probe and an Integration Sphere: Implications for the Spectral Properties of Vegetation at a Leaf Level." *Sensors*, v. 16, n. 1801, pp. 1-19, 2016

[15] Fehr, W.R.; Caviness, C.E. "Stages of soybean development." Ames, Yowa: Yowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service, 1977. 11 p. (Special Report, n. 80).

[16] Ben-Dor, E., Pimstein, A., & Notesco, G. "Variation and stability of soil reflectance measurements with different ASD spectrometers under different conditions." *Proceedings of the ASD and IEEE GRSS; art, science and applications of reflectance spectroscopy symposium*. Boulder, CO, USA, 2010.

[17] Ge, Y., Morgan, C. L.; Grunwald, S.; Brown, D. J.; Sarkhot, D. V. "Comparison of soil reflectance spectra and calibration models obtained using multiple spectrometers." *Geoderma*, v.161, n. 3, pp. 202-211, 2011.