



9º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2015
10 a 12 de agosto de 2015 – Campinas, São Paulo

ELABORAÇÃO DE BIBLIOTECA ESPECTRAL PARA CAMPO EXPERIMENTAL DA EMBRAPA SOJA, LONDRINA, PR

Marcela Taborda **Stolf**¹; Luiz Eduardo **Vicente**²; Daniel **Gomes**³; Júlio Cezar **Franchini**⁴;
Samuel **Roggia**⁵

Nº 15511

RESUMO – Neste trabalho, descrevemos os métodos utilizados na elaboração de biblioteca espectral de soja, assim como a análise espectral dos dados levantados em campo. Foram coletados espectros foliares de soja do experimento “sistemas de preparo de solo”, da Embrapa Soja (Londrina, PR), dos quais foram selecionadas duas parcelas de dois dos tipos de preparo de solo, preparo reduzido com uma escarificação (ESC) e preparo convencional com uma aração (AD), para análise neste trabalho. Visando obter assinaturas espectrais de dois estágios fenológicos distintos da soja, os dados foram coletados em novembro de 2012 e janeiro de 2013. Em seguida, foram realizados o pré-processamento e a correção dos dados para análise. A análise das curvas de reflectância espectrais médias e de diferenças de reflectância evidencia o aumento da reflectância das medições de novembro para as de janeiro, principalmente nas bandas do visível (400 nm – 700 nm) e infravermelho próximo (NIR, 700 nm – 1.300 nm). Observou-se, ainda, a ocorrência do “blue-shift” do “red edge” para ambas as parcelas. Uma vez que o experimento foi controlado e isolado de contaminantes, essas mudanças espectrais de novembro para janeiro são atribuídas à mudança no estágio fenológico da soja. Já as diferenças espectrais entre as duas parcelas podem ser atribuídas às diferentes técnicas de preparo de solo, o que deve ser estudado com mais detalhes em pesquisas futuras. Conclui-se, assim, que a biblioteca espectral de soja a ser construída apresenta grande potencial no auxílio da caracterização remota das culturas de soja do país.

Palavras-chaves: Biblioteca espectral, Soja, Espectros foliares.

1 Autora, Estagiária da Embrapa Monitoramento por Satélite: Graduação em Geologia, Unicamp, Campinas-SP; marcelastolf@gmail.com

2 Orientador: Pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas-SP; luiz.vicente@embrapa.br.

3 Colaborador, Analista da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas-SP.

4 Colaborador, Pesquisador da Embrapa Soja, Londrina-PR.

5 Colaborador, Pesquisador da Embrapa Soja, Londrina-PR.



9º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2015 10 a 12 de agosto de 2015 – Campinas, São Paulo

ABSTRACT – *In this paper, we describe the methods used in the elaboration of a soybean spectral library, as well as analyze the data that was measured and processed. The leaf spectra were collected from the Soil Preparation Systems experiment, at Embrapa Soybean's site (Londrina-PR), from which two plots representing two soil preparation systems, reduced preparation with one scarification (ESC) and conventional preparation with one plough (AD), were selected. In order to obtain spectral information on two different phenological stages, the data were collected in November 2012 and again in January 2013, and then pre-processed and corrected for proper analysis. The mean reflectance and reflectance difference graphs emphasized an increase in reflectance when comparing the second measurement to the first, especially at the visible (400 – 700 nm) and near infrared (NIR) (700 – 1300 nm) bands. There was also a blue-shift of the red edge, which when combined with the previous results may be attributed to the change in the plant's phenological stage, since the experiment was isolated from contaminants. In addition, the spectral differences between the two plots may be attributed to the different soil preparation techniques, which should be further studied in future researches. Our conclusion is that the soybean spectral library has great potential as an asset in the remote characterization of soybean fields across Brazil.*

Key-words: Spectral Library, Soybean, Leaf spectra.

1 INTRODUÇÃO

Bibliotecas espectrais são bancos de dados de assinaturas espectrais de uma determinada categoria de alvos. Assim, é possível discriminar diferentes tipos de minerais, rochas e solos a partir de suas características de reflectância e absorção espectral registradas nas bibliotecas. As principais bibliotecas espectrais disponíveis e consultadas são da United States Geological Survey (USGS) (<http://speclab.cr.usgs.gov/spectral-lib.html>), Johns Hopkins University Spectral Library e JPL Spectral Library (ambas disponíveis em <http://speclib.jpl.nasa.gov/search-1>), que juntas representam uma base de dados extremamente detalhada sobre assinaturas espectrais.

A construção de uma ampla base de dados de vegetação encontra maiores dificuldades, uma vez que plantas não são alvos estáveis e apresentam variabilidades sazonais (ciclos fenológicos) e induzidas pelo clima, as quais afetam a assinatura espectral desses alvos (DENNISON; ROBERTS, 2003). Desse modo, as bibliotecas espectrais de vegetação existentes restringem-se a uma espécie vegetal de interesse e/ou a uma área geográfica específica de estudo. A biblioteca da USGS é a base de dados espectrais que disponibiliza a maior quantidade de espectros de vegetação. Porém, esses dados espectrais correspondem a uma quantidade limitada de espécies, mais comuns no hemisfério norte, e de uso limitado em países tropicais e com grande quantidade de culturas agrícolas como o Brasil.

Desse modo, a iniciativa da Embrapa de construir uma biblioteca espectral de cultivos tropicais (<https://www.embrapa.br/en/monitoramento-por-satelite/labspec>), com destaque para a soja, como uma das culturas agrícolas mais importantes do país, é pioneira e de extrema aplicação prática no manejo e



controle dessas plantações. Essa iniciativa é resultado do projeto Agspec da Embrapa Monitoramento por Satélite, que, integrando dados multissensor e de espectroscopia de reflectância, tem como objetivo desenvolver métodos quantitativos para mapeamento remoto e mensuração de características de solos e plantas em áreas estratégicas da agricultura tropical (EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE, 2015).

Nesse contexto, surge a necessidade da construção de uma biblioteca espectral de soja, com perspectiva de abranger espectros em diversas condições de desenvolvimento, de ataque por pragas e de contaminação por metais pesados presentes nos fertilizantes. As assinaturas dessa biblioteca possibilitariam a futura identificação remota multiespectral e hiperespectral da soja, com perspectiva de identificação de problemas comuns dessa cultura. Assim, este trabalho tem como objetivo descrever os métodos utilizados na construção de um protótipo da biblioteca espectral de dados obtidos no experimento “sistemas de preparo de solos”, da Embrapa Soja. A biblioteca mostrada neste artigo será uma componente do produto final, que irá compreender espectros de diferentes experimentos existentes na Embrapa Soja.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os espectros das folhas de soja foram coletados na área do experimento “sistemas de preparo de solos”, localizado na fazenda da Embrapa Soja em Londrina, PR (Figura 1). O experimento foi implantado no período agrícola de 1981/1982 e ocupa uma área de 400 m² dividida em 18 parcelas de 8 m X 50 m, com cultivo alternado de trigo no inverno e soja no verão. A semeadura da soja é feita, desde 1988, entre os meses de outubro e novembro, e a colheita, no mês de março (4 a 5 meses depois da semeadura) (DEBIASI et al., 2013).



Figura 1. Localização da área de estudo na fazenda da Embrapa Soja e disposição das parcelas do experimento. Fonte: Alvarenga (2015).



9º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2015 10 a 12 de agosto de 2015 – Campinas, São Paulo

O solo da área de estudo é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (DEBIASI et al., 2013) e o seu manejo é diferenciado de acordo com a localização da parcela do experimento, no qual foram adotados quatro diferentes sistemas de preparo.

Os dados espectrais foram coletados em duas dessas parcelas, uma com o sistema de preparo convencional com uma aração (AD) e a outra com o sistema de preparo reduzido com uma escarificação (ESC). A escolha das parcelas foi feita com o objetivo de ilustrar os métodos a serem empregados na montagem da biblioteca espectral da Embrapa Soja.

O espectrorradiômetro utilizado nas coletas foi o ASD FieldSpec 4 High-Resolution, que adquire espectros de reflectância nas bandas de 350 nm a 2.500 nm (ANALYTICAL SPECTRAL DEVICES, 2012a). Para a medição dos espectros foliares *in situ*, foi utilizado acessório de contato com fonte de luz própria, *leaf clip* e *plant probe*, para excluir a interferência da variação de ângulo solar e atmosfera (ANALYTICAL SPECTRAL DEVICES, 2012b).

Foram feitas medidas espectrais em dois estágios: a primeira, em 29 de novembro de 2012, correspondeu ao estágio fenológico V5 da soja (quinto nó com a quarta folha trifoliolada completamente desenvolvida), e a segunda, em 29 de janeiro de 2013, correspondeu ao estágio R5.3, com aproximadamente 26% a 50% do grão preenchido (Figura 2). Foram coletados dados espectrais de seis pontos distintos de cada parcela em todas as 18 parcelas do experimento.



Figura 2. Medição dos espectros da soja utilizando o FieldSpec 4 High-Resolution. a) Medida feita em 29/12/2012, com a soja em estágio V5; e b) medida feita em 29/01/2013, com a soja em estágio R5.3. Foto: Arquivo Embrapa.

Os espectros coletados foram submetidos a uma correção, conhecida como *splice correction*, que tem por objetivo alinhar as frações das curvas espectrais que são medidas independentemente pelos três detectores que operam no espectrorradiômetro: VNIR (350 nm – 1.000 nm), SWIR 1 (1.000 nm – 1.800 nm) e SWIR 2 (1.800 nm – 2.500 nm). Essa medida visa eliminar os degraus (ou *offsets*) dos espectros originais (ASD, 2008).

Em seguida, foi obtida a média dos espectros por parcela, que resultou em uma curva média de reflectância para cada uma das 18 parcelas. Para o escopo deste artigo, foram escolhidas duas parcelas aleatórias para análise espectral, P2 e P3, referentes aos tipos de sistema de preparo do solo ESC e AD, respectivamente, a fim de explanar as diferenças espectrais passíveis de serem observadas nos espectros e utilizadas na análise da biblioteca espectral.



Posteriormente, foi calculada para cada tratamento a diferença entre a reflectância medida em novembro e a reflectância medida em janeiro, para realçar a evolução fenológica das plantas mensuradas.

A primeira derivada dos espectros médios foi calculada para cada parcela. Tal procedimento tem como objetivo reduzir o ruído nos espectros e realçar os sinais fracos. Em seguida, foram removidos os contínuos das principais bandas de absorção. A remoção do contínuo normaliza o espectro de reflectância e isola as características de absorção, e possibilita, assim, a comparação entre bandas de absorção (KOKALY, 2001). Com base nos dados entre 660 nm e 780 nm, foi identificado o comprimento de onda de maior valor, ou seja, o *Red Edge Position* (REP), das duas medições, a fim de identificar as influências dos diferentes estágios fenológicos da soja na reflectância das folhas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As curvas espectrais médias representam o comportamento geral dos espectros das folhas de cada parcela. A comparação dos espectros médios fornece uma compreensão geral de como as curvas espectrais são afetadas pelos diferentes sistemas de preparo de solo e pelos dois diferentes estágios fenológicos da soja. Na Figura 3, é possível observar em quase todas as bandas que a reflectância aumentou no período entre as duas medições. Apenas na região do SWIR 2 (>1.850 nm) não ocorrem alterações significativas na reflectância. O aumento da reflectância é mais significativo nas bandas do visível (400 nm a 700 nm) e infravermelho próximo (700 nm a 1.300 nm), e essa diferença é colocada em evidência na Figura 4.

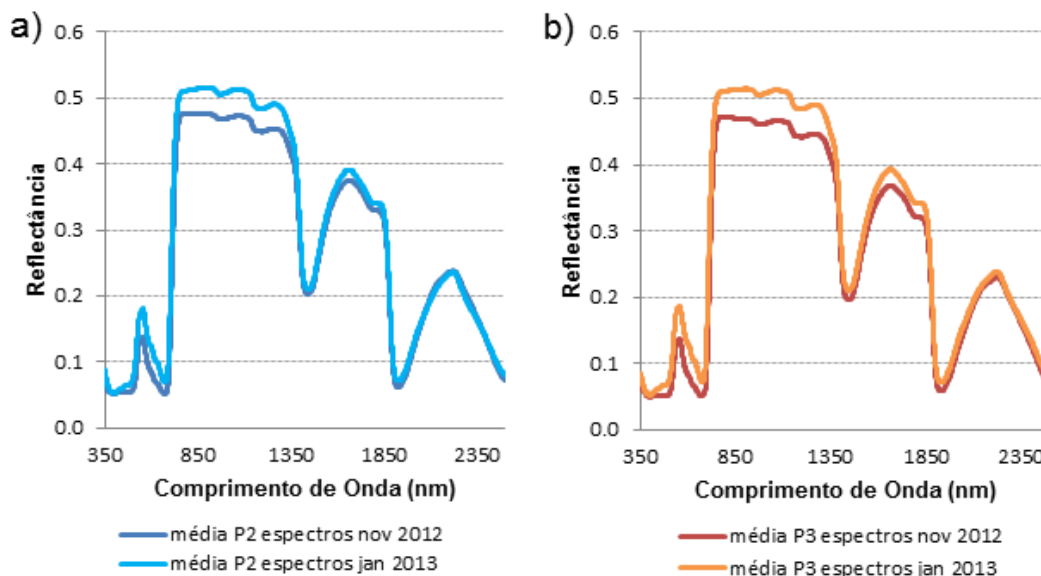


Figura 3. Gráficos dos espectros médios das duas parcelas do experimento de novembro de 2012 e janeiro de 2013. a) Gráfico dos espectros médios de novembro e janeiro da parcela P2; e b) gráficos dos espectros médios de novembro e janeiro da parcela P3.

Como a absorção da luz das folhas verdes na banda do visível depende do conteúdo de pigmentos foliares, como clorofila e carotenoides, o aumento da reflectância espectral (menor absorção) na banda do visível — 400 nm a 700 nm (Figura 4) — indica a redução do conteúdo desses pigmentos (SINGH et al., 2013). De acordo com Carter (1993), esse aumento da reflectância da folha na região do visível é um indicador confiável de estresse da planta.

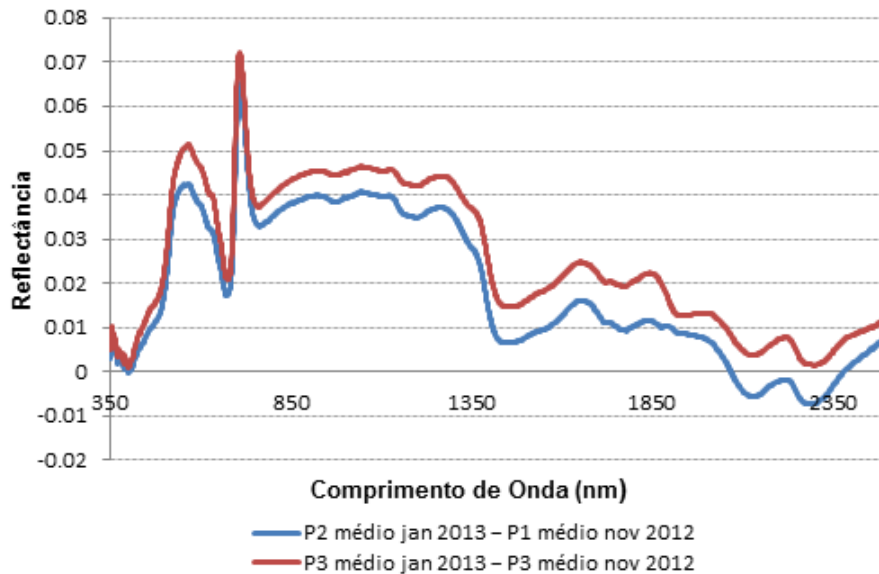


Figura 4. Gráfico das diferenças de reflectância entre os espectros de janeiro de 2013 e os espectros de novembro de 2012 das parcelas P2 e P3.

A reflectância no NIR, por sua vez, é controlada pela estrutura interna da folha, mais especificamente pelo mesófilo esponjoso. A alta reflectância característica dessa banda (700 nm a 1.300 nm) é resultante do espalhamento interno causado pela interface entre as paredes celulares e o ar (JENSEN, 2011). Portanto, os valores mais altos de reflectância da segunda medição em relação à primeira para ambas as parcelas (Figuras 3 e 4) indicam uma esperada alteração da estrutura interna da folha com a mudança do estágio fenológico da soja.

O aumento da reflectância espectral na região do visível resulta no *blue-shift* do *red edge*. O *red edge* é uma região da curva de reflectância da vegetação representada pelo aumento abrupto da reflectância no intervalo espectral entre 680 nm e 760 nm (SLONECKER, 2012). O *blue-shift* do *red edge*, por sua vez, é o deslocamento do pico de reflectância do *red edge* em direção a comprimentos de onda menores.

O *blue-shift* é evidenciado na Figura 5, uma vez que a posição do ponto de inflexão do gráfico da primeira derivada é uma medida mais exata da posição do *red edge* (MILTON et al., 1991). Para ambas as parcelas, fica claro o deslocamento do pico de reflectância do *red edge* para menores comprimentos de onda da curva de janeiro em comparação à curva de novembro.

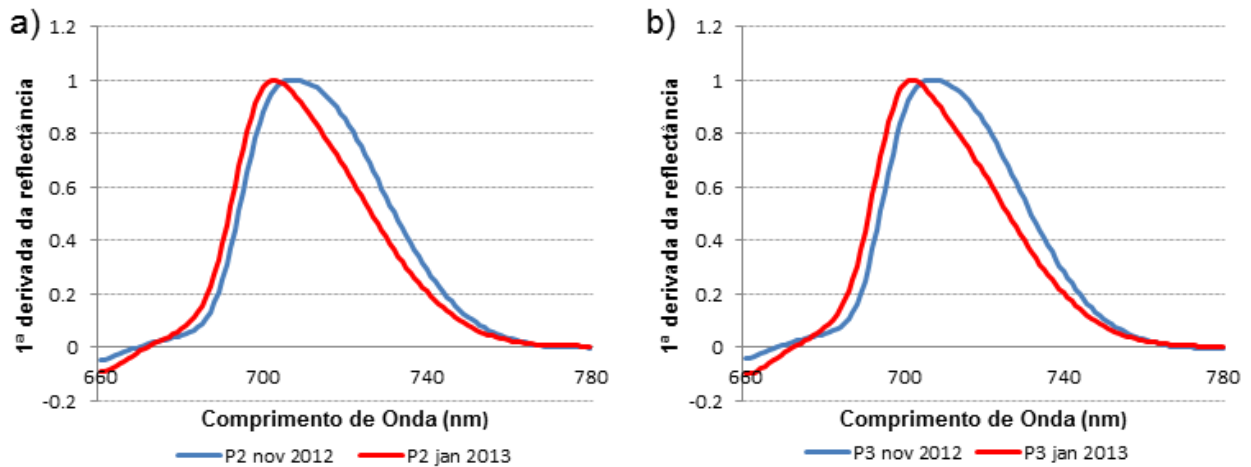


Figura 5. Curvas da primeira derivada da primeira medida (novembro de 2012) e da segunda medida (janeiro de 2013). a) Posição do *red edge* em novembro (azul) e janeiro (vermelho) dos espectros da parcela 2; b) posição do *red edge* em novembro (azul) e janeiro (vermelho) dos espectros da parcela 3.

4 CONCLUSÃO

As análises espectrais das folhas de soja do experimento de sistemas de preparo de solo permitem concluir que é possível diferenciar dois estágios fenológicos diferentes da soja utilizando o sensoriamento remoto, uma vez que ocorrem algumas alterações espectrais detectáveis: aumento da reflectância nas bandas do visível e do NIR e ocorrência do *blue-shift* do *red edge*.

Como o experimento é controlado e não há influência de contaminantes, essa variação nos espectros de novembro para janeiro é atribuída à mudança do estágio fenológico da soja. Já as diferenças entre as assinaturas espectrais das duas parcelas podem ser atribuídas às diferentes técnicas de preparo de solo, porém a influência delas nos espectros da soja deve ser investigada com mais detalhes em pesquisas futuras.

Os dados da biblioteca espectral de soja a ser desenvolvida demonstram grande potencial de uso para a caracterização das culturas de soja de todo o país, com possibilidade de detecção remota do estágio fenológico da planta e até de possíveis ataques por pragas e contaminantes.

5 AGRADECIMENTOS

Às equipes do projeto Agspec (SEG Embrapa - 02.11.01.019.00.00), bem como aos parceiros da Embrapa Soja, pelo apoio nas atividades desenvolvidas neste trabalho.



6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, S. V. R. Discriminação de sistemas de preparo do solo para plantio de soja por meio de EVI-2 aplicados a dados do sensor WorldView-2. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17., 2015, João Pessoa. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2015. p. 2701-2707.

ANALYTICAL SPECTRAL DEVICES (ASD). **FieldSpec® 4 Hi-Res portable spectroradiometer**. 2012a. Disponível em: <<http://www.asdi.com/products/fieldspec-spectroradiometers/fieldspec-4-hi-res>>. Acesso em: 12 jun. 2015.

ANALYTICAL SPECTRAL DEVICES (ASD). **Leaf Clip**. 2012b. Disponível em <<http://www.asdi.com/products/accessories/contact-sampling-accessories/leaf-clip>>. Acesso em: 12 jun. 2015.

CARTER, G. A. Responses of Leaf Spectral Reflectance to Plant Stress. **American Journal of Botany**, v. 80, n. 3, p. 2243-2310, 1993.

CLARK, R. N.; KING, T. V. V.; AGER, C.; SWAYZE, G. A. Initial vegetation species and senescence/stress mapping in the San Luis Valley, Colorado using imaging spectrometer data. In: SUMMITVILLE FORUM, 95., 1995. **Proceedings: Colorado Geological Survey Special Publication**, v. 38, p. 64-69, 1995.

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; CONTE, O.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; TORRES, E.; SARAIVA, O. F.; OLIVEIRA, M. C. N. de. **Sistemas de preparo do solo: trinta anos de pesquisas na Embrapa Soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 72 p. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/92107/1/Doc-342-OL.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2015.

DENNISON, P. E.; ROBERTS, D. A. The effects of vegetation phenology on endmember selection and species mapping in southern California chaparral. **Remote Sensing of Environment**, v. 87, n. 2/3, p. 295–309, 2003.

EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE. **AGSPEC**. Disponível em: <<http://www.cnpm.embrapa.br/projetos/agspec/>>. Acesso em: 14 jun. 2015.

JENSEN, J. R.; EPIPHANIO, J. C. N. **Sensoriamento remoto do ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos: Parêntese, 2011.

KOKALY, R. F. Investigating a physical basis for spectroscopic estimates of leaf nitrogen concentration. **Remote Sensing of Environment**, v. 75, p. 153-161, 2001.

MILTON, N. M.; EISWERTH, B. A.; AGER, C. M. Effect of phosphorus deficiency on spectral reflectance and morphology of soybean plants. **Remote Sensing of Environment**, v. 36, n. 2, p. 121-127, 1991.

SINGH, S. K.; HOYOS-VILLEGAS, V.; RAY, J. D.; SMITH, J. R.; FRITSCHI, F. B. Quantification of leaf pigments in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) based on wavelet decomposition of hyperspectral features. **Field Crops Research**, v. 149, p. 20–32, 2013.

SLONECKER, E. T. Analysis of the Effects of Heavy Metals on Vegetation Hyperspectral Reflectance Properties. In: THENKABAIL, P. S.; LYON, J. G.; HUETE, A. (Ed.). **Remote Sensing of Vegetation**. Boca Raton, FL: Taylor & Francis Group, 2012. p. 561-578.