

ELABORAÇÃO DE BIBLIOTECA ESPECTRAL DE SOJA (*GLYCINE MAX*) EM AMBIENTE DE REDE COLABORATIVA UTILIZANDO O SISTEMA AGROTAG

Andrea Koga-Vicente¹, Luiz Eduardo Vicente², Samuel Roggia³, Luciana Spinelli-Araujo², Cláudia Vaz Crecci², Alessandra Fagioli da Silva², João Vitor Guerrero²,

¹ AKV Geo, Alameda dos Ipês, 1215, Jaguariúna, SP {andrea.kvicente@gmail.com}, ²Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP-340, Km 127,5, Tanquinho Velho, Jaguariúna, SP {luiz.vicente@embrapa.br, luciana.spinelli@embrapa.br, claudia.crecci@embrapa.br, alefagioli@hotmail.com, joaovitorguerrero@yahoo.com.br}; ³Embrapa Soja, Rodovia Carlos João Strass, s/nº Acesso Orlando Amaral, Distrito de Warta, Londrina, PR {samuel.roggia@embrapa.br}

RESUMO

A elaboração e o compartilhamento de bibliotecas espectrais são demandas das pesquisas do sensoriamento remoto aplicado à agricultura, sobretudo considerando seu caráter de contribuição a métodos de monitoramento de baixo custo e larga escala. Neste contexto, é apresentada a elaboração da biblioteca espectral de soja (*Glycine max*) e sua inclusão na plataforma colaborativa AgroTag. As assinaturas espectrais das folhas de soja foram coletadas em campo e em laboratório e, posteriormente, análises de laboratório foram usadas para validação das feições espectrais típicas. A biblioteca resultante é composta por 7.884 espectros individuais de folhas de soja, organizadas nas categorias: variedades, ataque de pragas, manejo agrícola e localização. Os espectros foram carregados na funcionalidade Biblioteca Espectral do sistema AgroTag webgis, propiciando armazenamento e compartilhamento on-line.

Palavras-chave — dados hiperespectrais, biblioteca espectral, AgroTag, soja.

ABSTRACT

The elaboration and sharing of spectral libraries are research demands in remote sensing applied to agriculture, mainly taking into account the contribution to low-cost and large-scale monitoring methods. In this way, the elaboration of the soybean spectral library (Glycine max) is presented, as well its inclusion in the collaborative platform AgroTag. The spectral signatures of soybean leaves were collected in the field and in the laboratory, and subsequent laboratory analyzes validated the typical spectral characteristics. The resulting spectral library is composed of 7,884 individual spectra of soybean leaves, organized in the categories: varieties, pest attack, crop management and location. The spectra were uploaded in the Agrotag's Spectral Library functionality, allowing for online storage and sharing

¹ Espectros de referência na forma de vetor, representado em gráfico com eixo x trazendo grandezas radiométricas, e eixo y diferentes comprimentos

Key words — *hyperspectral data, spectral library, AgroTag, soybean.*

1. INTRODUÇÃO

O avanço da utilização do sensoriamento remoto multi e hiperespectral vem demandando a criação de bibliotecas espectrais de qualidade, que forneçam espectros de referência representativos para os diversos alvos terrestres [1]. Enquanto biblioteca espectral, entende-se uma coleção de leituras espectrorradiométricas¹, podendo variar entre diferentes comprimentos de onda da Radiação Eletromagnética (REM) que apresentam feições espectrais diagnósticas, enquanto inflexões do espectro medido (REM) sobre o alvo. Tais inflexões são causadas por absorção vs reflexão oriunda de componentes físico-químicos contidos no mesmo (transições e vibrações eletrônicas), e que podem denotar sua presença e quantidade [2].

O uso de bibliotecas espectrais é fundamental enquanto base de dados de referência de detecção e quantificação para sistemas ópticos-analíticos, baseados em análises limpas (mínimo de reagentes químicos) e baixo custo [3].

A elaboração e disponibilização de bibliotecas constitui-se em grande desafio, principalmente no campo do Sensoriamento Remoto pois, embora a coleta de espectros tenha crescido nas últimas décadas [4], ainda há carência de sistemas de compartilhamento, bem como de protocolos de coleta, validação e análise, que ofereçam isonomia analítica as medidas obtidas e, portanto, confiabilidade e replicação.

Na expectativa de somar esforços, o grupo de pesquisa da Embrapa têm se debruçado sobre a elaboração de uma biblioteca espectral da soja (*Glycine max*), formada por espectros coletados no âmbito de diversos projetos de pesquisa, Além do empenho em elaborar assinaturas de referência, existe a preocupação em viabilizar tais resultados no âmbito de redes colaborativas on-line, como é o caso do sistema AgroTag (sistema multiplataforma da Embrapa, de coleta e análise de dados na forma de rede colaborativa) [5], objetivando o estabelecimento de um ambiente de troca de dados rápido e preciso, desde a coleta até a colaboração na análise multi-usuário do acervo.

de onda.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Sistema AgroTag

O AgroTag é uma ferramenta gratuita desenvolvida pela Embrapa para identificação espacial e caracterização do uso e cobertura das terras [5]. O sistema é formado por um aplicativo para coleta de dados georreferenciados em campo (app para dispositivos móveis), tendo como base um formulário detalhado sobre uso e cobertura das terras aliado a fotos georreferenciadas para caracterização das áreas de interesse, e a interface online WebGis para acesso aos dados coletados <<https://www.agrotag.cnptia.embrapa.br>> (Figura 1). Na elaboração, da biblioteca espectral de soja, foram usadas duas funcionalidades do sistema. Em campo, o app foi usado nas coletas mais recentes para aquisição dos dados georreferenciados (Fig. 2a), permitindo a transmissão das informações para o módulo WebGis do sistema, em tempo quase real, eliminando etapas no pré- processamento dos dados (Fig. 2b). O módulo da biblioteca espectral foi usado para armazenamento e compartilhamento das assinaturas (Fig. 2b) (ver item 2.3).

2.2. Coleta dos espectros da soja

Os espectros foram coletados na região de Londrina, norte do estado do Paraná, enquanto importante pólo produtor nacional de soja. As coletas foram realizadas entre os anos de 2012 e 2021, em parcelas controladas, no âmbito, principalmente dos Projetos: AgSpec, AgMip e MIP_Soja [6,7].

Para a coleta de dados espectrorradiométricos das folhas de soja foi utilizado o espectrorradiômetro ASD Fieldspec High Res. e High. Res. NG (Analytical Spectra Devices, Inc., Boulder, CO, USA) (350-2500 nm - Visível-Infravermelho Próximo-Infravermelho de ondas curtas), considerando valores multigrandezas: digital number, absorvância, reflectância, transmitância e calibrações segundo recomendação do fabricante (placa Spectralon - white reference).

De acordo com a característica de cada experimento e objetivo do estudo, foram empregadas diferentes metodologias, dados esses constantes no conjunto de metadados da biblioteca espectral. Sobretudo, ao tratar-se de coletas em dossel de soja sob condições externas, onde a localização de plantas é dado fundamental para estudos de pragas, a associação de coordenadas nos metadados mostrou-se extremamente eficaz :

i) Ambiente de cultivo: na obtenção de espectros coletados no campo em dossel de soja foram considerados: fase fenológica da soja, qualidade/intensidade de iluminação, geometria de aquisição e localização da coleta, sendo esse último, parâmetro fundamental em alguns estudos de soja sob ataque de pragas [6].

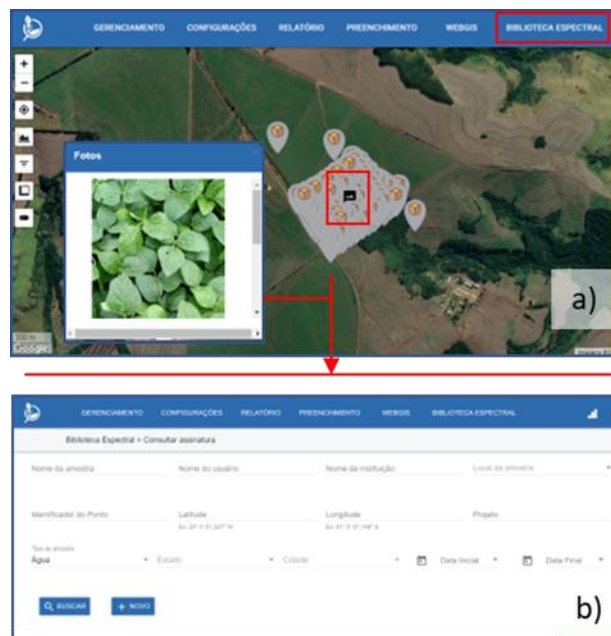


Figura 1. Interface Agrotag WebGis, considerando consulta de dados coletados em campo (a) (e.g. coordenadas, dados de soja, fotos) e interface da biblioteca espectral (b).

As medidas foram tomadas em horários entre 10h30min e 15h, em dias com baixa cobertura de nuvens (Figura 1.a). Para coleta de dossel, foi utilizada a pistola com campo de visão de 25°, posicionada em um ângulo de 90° em relação ao alvo. Em dias com alta nebulosidade, foi conectada ao espectrorradiômetro a sonda de contato para plantas, combinada ao prendedor de plantas (*leaf clip*) (Figuras 2.b e 3). A sonda de contato é dotada de iluminação própria, composta por uma lâmpada halógena de baixa intensidade que não danifica o tecido vegetal. O prendedor de plantas é equipado com fundo branco Spectralon. A utilização destes acessórios tem como objetivo eliminar as incertezas relacionadas à radiação difusa do ambiente [8].



Figura 2. Ambiente de cultivo. a) medidas tomadas em condições ambientais adequadas. b) medidas tomadas em condições de alta nebulosidade, com destaque (quadrado em vermelho) para uso do App AgroTag.

ii) Laboratório: os espectros medidos em laboratório foram coletados com a sonda de contato para plantas e o leafclip. Foram empregadas duas metodologias principais. Na primeira, as medidas foram tomadas em folhas coletadas

em campo, conservadas de acordo com a metodologia adequada para posterior processamento bioquímico, e transportadas para o laboratório, onde o espectro foi coletado em seguida (Figura 3.a). Posteriormente, as folhas coletadas foram submetidas a análises bioquímicas, que serviram para validação de feições espectrais. Na segunda, os espectros foram coletados de plantas envasadas (Figura 3.b).



Figura 3. Coletas em laboratório.

Após a aquisição e armazenamento dos espectros, foram realizadas as seguintes etapas de pré-processamento no software ViewSpec: (i) detecção de potenciais anomalias espúrias, (ii) remoção dos artefatos gerados pelo deslocamento entre os detectores do aparelho (filtro splice correction); (iii) médias dos espectros para obtenção de assinaturas de referência, devidamente validadas por métodos laboratoriais químico-destrutivos analíticos.

2.3. Biblioteca espectral do sistema AgroTag

O sistema AgroTag tem entre suas funcionalidades a função da biblioteca espectral, que permite armazenar, analisar e consultar espectros e seus respectivos metadados <https://www.agrotag.cnptia.embrapa.br/webgis/plataforma/>.

A partir do projeto AgMip as coletas de campo ou laboratório tiveram seus dados de localização e identificação, tais como: coordenadas e variáveis inerentes ao alvo, como presença de praga) registradas in loco no App para uso em dispositivos móveis do sistema AgroTag. Após as análises dos espectros foi realizada a inserção dos dados em forma de tabelas contendo registros dos espectros e análises laboratoriais de referência, de forma integrada, tornando possível a consulta e análise conjunta dos dados on-line. A estrutura da biblioteca espectral do AgroTag foi elaborada de forma a compor um banco de metadados detalhado, sendo que, para cada espectro o sistema contém campos para inserção de informações específicas de cada amostra (Fig. 2b).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A biblioteca espectral da soja foi formada pelos espectros coletados entre os anos de 2012 a 2021, totalizando 7.884 amostras. A grande quantidade de amostras coletadas garante a variabilidade, importante para a caracterização mais abrangente do alvo e respectiva aproximação às condições

reais, pois na natureza o alvo é caracterizado pela mistura de feições variadas. Desta forma, tal variabilidade contribui para a obtenção de espectros de referência de qualidade.

Ilustra-se neste trabalho duas categorias de espectros de referência obtidos. A primeira agrega assinaturas de diferentes variedades de soja por 5 variedades componentes do banco de dados (Figura 4.a).

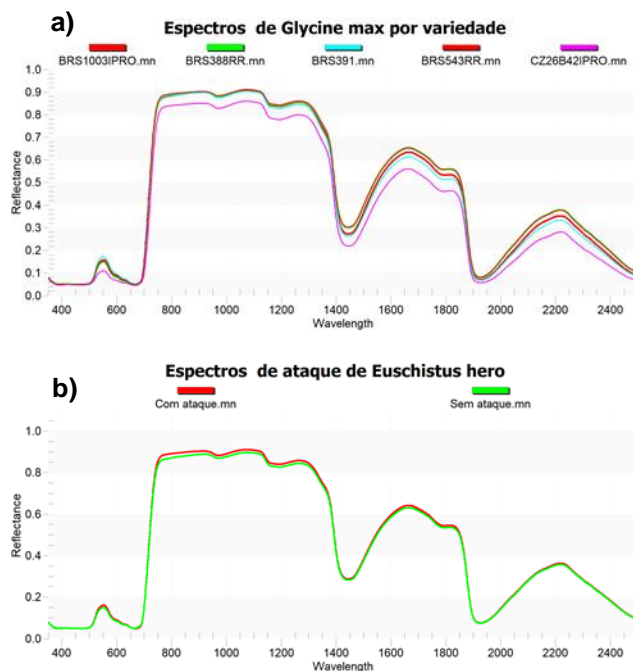


Figura 4. Exemplos de assinaturas espectrais de referência componentes da biblioteca: a) espectros representativos de folhas para diferentes variedades de soja, e b) espectros representativos de folhas de soja com ataque da praga *Euschistus hero* e sem ataque (controle).

É possível observar que embora sejam da mesma espécie, as assinaturas têm diferenças aparentes, destacando-se as bandas do visível (~0,5 a 0,6 μm) e red edge, que contém informações sobre clorofilas na planta e possíveis diferenças fenológicas entre variedades. Os resultados obtidos nesta categoria são consonantes com resultados encontrados em estudos anteriores [9,10].

A segunda categoria faz parte do grupo de pragas e doenças da soja, composta por espectros de folhas com e sem ataque do percevejo (*Euschistus hero*) (Figura 4.b). O percevejo é um dos principais causadores de prejuízos econômicos para a cultura [11]. A partir destas assinaturas, foi possível diferenciar plantas atacadas e não atacadas segundo as alterações em bandas espectrais vs compostos físico-químicos da planta (artigo no prelo). Estudos utilizando espectroscopia para diagnóstico e monitoramento de pragas e doenças, têm representado progressos significativos em termos de eficiência e sustentabilidade na direção da agricultura 4.0 [12].

Os espectros resultantes foram carregados na biblioteca espectral do AgroTag em formato .xls, com 7.884 espectros individuais de folhas de soja, compondo as categorias: variedades, pragas e doenças, manejo e localização. Dentro das categorias, foram gerados, até o momento, 22 espectros de referência, devidamente validados pelo controle dos experimentos e análises químicas e bioquímicas

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, foi apresentada a proposta de uma biblioteca espectral da soja cultivada na região de Londrina/PR, compartilhada on-line pelo sistema Agrotag. O app AgroTag permitiu a aquisição e transferência dos metadados de forma segura, tornando o processo mais preciso e rápido, bem como plenamente acessível e rastreável.

Em virtude das coletas serem realizadas em experimentos controlados, foi possível obter assinaturas com características típicas, oferecendo assim, uma biblioteca com metadados robustos e de qualidade.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos colegas de trabalho da Embrapa Soja pela parceria e apoio logístico.

6. REFERÊNCIAS

- [1] S. K. Meerdink, S. J. Hook, D. A. Roberts, E. A. Abbot. The ECOSTRESS spectral library version 1.0. *Remote Sensing of Environment*, v. 230, pp.1-8, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.05.015>.
- [2] R. F. Kokaly; R. N. Clark, G. A. Swayze, E. Livo, T. M. Hoefen, N. C. Pearson, R. A. Wise, W. M. Benzel, H. A. Lowers, R. L. Driscoll, A. J. Klein. *USGS Spectral Library Version 7. Geological Survey Data Series 1035*, 61 p., 2017. <https://doi.org/10.3133/ds1035>.
- [3] J. C. Zhang, Y. B. Huang, R.L. Pu, P. Gonzalez-Moreno, L. Yuan, K. H. Wu, W. J. Huang. Monitoring plant diseases and pests through remote sensing technology: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 16,5 104943201, 2019. DOI:10.1016/j.compag.2019.104943
- [4] J. A. M. Demattê et al. The Brazilian Soil Spectral Library (BSSL): A general view, application and challenges, *Geoderma*, v. 354, 113793, 2019.
- [5] L. Spinelli-Araujo, L. E. Vicente, C. V. Manzatto, L.A. Skorupa, D. de C. Victoria, A. R. Soares. Agrotag: um sistema de coleta, análise e compartilhamento de dados de campo para qualificação do uso e cobertura das terras no Brasil. Disponível em <<https://proceedings.science/sbsr-2019/papers/agrotag--um-sistema-de-coleta--analise-e-compartilhamento-de-dados-de-campo-para-qualificacao-do-uso-e-cobertura-das-ter>>. Acesso em: 12 set. 2022.

[6] Agspec <https://www.embrapa.br/en/busca-de-projetos/-projeto/201229/agspec-26--integracao-de-dados-multissensor-e-espectroscopia-de-reflectancia-aplicados-ao-mapeamento-de-alvos-estrategicos-da-agricultura-tropical>

[7] L. Morales, M. T. B. Silva. Desafios do MIP Soja na região sul do Brasil e o plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 4., 2006, Londrina. Anais... Londrina: Embrapa Soja, p.134-139. 2006.

[8] ASD FieldSpec. Brochure. Malvern Panalytical, 2022. <<https://www.malvernpanalytical.com/en/products/product-range/asd-range/fieldspec-range/fieldspec-4-standard-res-spectroradiometer>

[9] B. S. Christenson, W. T. Schapaugh Jr, N. AN, K. P. Price, A. K. Fritz. Characterizing Changes in Soybean Spectral Response Curves with Breeding Advancement. *Crop Science*. v. 54, pp. 1585-1597, 2014. <https://doi.org/10.2135/cropsci2013.08.0575>.

[10] L. G. T. Crusiol, M. R. Nanni, R. H. Furlaneto et al., Classification of Soybean Genotypes Assessed under Different Water Availability and at Different Phenological Stages Using Leaf-Based Hyperspectral Reflectance. *Remote Sensing*. v. 13, pp. 21-24, 2021. <https://doi.org/10.3390/rs13020172>

[11] L. M. Vivan and P. E. Degrande. Pragas da soja. *Fundação MT Boletim de Pesquisa de Soja*, v.11: pp.239-297, 2011.

[12] P. J. Zarco-Tejada, T. Poblete, C. Camino, V. Gonzalez-Dugo, R. Calderon, A. Hornero, R. Hernandez-Clemente, M. Román-Écija, M. P. Velasco-Amo, B. B. Landa, P. S. A. Beck, M. Saponari, D. Boscia, J. A. Navas-Cortes. Divergent abiotic spectral pathways unravel pathogen stress signals across species. *Nature*, v. 12, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-26335-3> | www.nature.com/naturecommunications