

**RESPUESTA ESPECTRAL EN SUELOS DEL SEMIÁRIDO SOMETIDOS A
DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO**

**SPECTRAL RESPONSE IN SOILS OF THE SEMI-ARID REGION SUBJECTED TO
DIFFERENT MANAGEMENT SYSTEMS**

Lic. Higo Batista Ferreira. (1)

MSc. Tainã Cadija Almeida de Mamede. (2)

Igor Sodré Santana. (3)

Lic. Pedro Schmidt de Brito. (4)

Dr. C. Raphael Bragança Alves Fernandes. (5)

Dr. C. Deorgia Tayane Mendes de Souza. (6)

1.Universidade Estadual de Feira de Santana. Brasil. higoferreira8@gmail.com

2.Universidade Estadual de Feira de Santana. Brasil. tcamamede@uefs.br

3.Universidade Estadual de Feira de Santana. Brasil. sodre12igor@gmail.com

4.Universidade Estadual de Feira de Santana. Brasil. brito.ps@outlook.com

5.Universidade Federal de Viçosa. Brasil. raphael@ufv.br

6.Universidade Estadual de Feira de Santana. Brasil. deorgiasouza.geo@gmail.com

Resumen

Los análisis espectrales han sido ampliamente utilizados para la caracterización de áreas e intervenciones en sistemas de manejo de suelos, lo deorgiasouza.geo@gmail.com cual ha favorecido el aumento de datos en la biblioteca espectral de suelos en Brasil. Con el objetivo de evidenciar las respuestas espectrales en locales con diferentes manejos en una región semiárida de Bahía, se analizaron muestras de suelos mediante espectrorradiometría de reflectancia. Para esto, se obtuvieron muestras (0-20cm) en un sistema de manejo regenerativo (policultivo) y en un área de manejo convencional (cultivo de mandioca) en la región de Tucano, Bahía. En el laboratorio, las muestras fueron preparadas y sometidas a un espectrorradiómetro, para posteriormente interpretar las firmas espectrales obtenidas. Los resultados alcanzados evidenciaron características relacionadas con la manifestación de materia orgánica, caolinita y el grupo OH de la molécula de agua adsorbida a los argilominerales. El análisis espectral fue capaz de diferenciar los efectos de los distintos manejos del suelo.

Palabras claves: Firma espectral, Pedología, Sensoramiento proximal

Abstract

The spectral analyzes have been widely used to characterize areas and interventions in soil management systems. Due to this, there is increased data from the spectral library of soils in Brazil. In order to investigate the effects of management in different systems in a semi-arid region of Bahia, soil samples were analyzed by reflectance spectroradiometry. For this, samples (0-20cm) were collected in a regenerative management system (polyculture) and in a conventional management area (cassava cultivation) in the region of Tucano - BA. In the laboratory, the samples were prepared and submitted to a spectroradiometer, with subsequent interpretation of the spectral signatures obtained. The results obtained showed characteristic features of the manifestation of organic matter, kaolinite and the OH group of the water molecule adsorbed to clay minerals. Spectral analysis was able to differentiate the effects of different soil managements.

Keywords: Spectral signature; Pedology; Proximal Sensing.

Recibido: 10/01/2024

Aprobado:22/02/2024

Introducción

El suelo es un recurso natural que contribuye de manera decisiva en la preservación de la vida y equilibrio de la biosfera. Los estudios sobre su calidad son cada vez más necesarios, especialmente en las regiones destinadas a la producción de alimentos, donde desempeñan un papel crucial para el mantenimiento de los agroecosistemas (Marin, 2002).

Según Neves et al. (2007), la productividad de los cultivos depende fundamentalmente de las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo, que cuando se encuentran en condiciones adecuadas, muestran niveles de fertilidad favorables e influyen en diversos procesos bioquímicos y fisiológicos de las plantas, siendo crucial, en el crecimiento y desarrollo de las plantas cultivadas.

Desde la perspectiva de la escala de tiempo humana, el suelo es un recurso natural finito no renovable, ya que está sujeto a la degradación debido principalmente a las actividades humanas. Las prácticas agrícolas inapropiadas son las principales responsables de los impactos negativos en el suelo, como la erosión, compactación y salinización (Lal, 2015; FAO, 2011).

El manejo agrícola convencional se vuelve intensivo, como resultado del empleo de sistemas con monocultivos asociados al uso de insumos químicos a gran escala, tanto para la fertilización del suelo como para el control de plagas, enfermedades y plantas invasoras (Borlachenco; Gonçalves, 2017).

Este método de cultivo puede tener efectos positivos en la productividad de las cosechas a corto plazo; sin embargo, la creciente dependencia de los agroquímicos es contraproducente desde los preceptos de la sostenibilidad. Por un lado, el sesgo de

inviabilidad económica ha traído como consecuencia el aumento de los costos de producción con la mayor cantidad de insumos externos que son adquiridos por los productores, y por otro el desequilibrio ecológico y la degradación ambiental que se genera con el uso de estos insumos (Pinheiro; Aurvalle; Guazzelli, 1985; Altieri, 1989).

En cambio, los cultivos de base agroecológica buscan mantener agroecosistemas equilibrados, con potencial para generar alimentos de alto valor biológico a partir de plantas saludables originadas en un suelo también saludable (Primavesi, 2002).

Uno de los principios de la agricultura sostenible que contrasta con los sistemas agrícolas convencionales es la adopción del policultivo como forma de simular los ecosistemas naturales, donde la diversidad de especies botánicas promueve una relación simbiótica entre el suelo y la planta. Cada planta cultivada interactúa con grupos específicos de microorganismos del suelo, los cuales, a su vez, ayudan en los procesos de descomposición de materia orgánica, ciclado y movilización de nutrientes en el suelo (Socarrás; Izquierdo, 2014).

Además de beneficios para las propiedades químicas del suelo generados por la mesofauna edáfica, el cultivo conjunto de diferentes especies promueve mejoras en las condiciones físicas, en la medida en que los sistemas radiculares de las diferentes especies interfieren en la estructura del suelo, alterando la fracción porosa y mejorando la circulación de agua y aire (Gómez et al., 2014).

Dado que el agua y los nutrientes (minerales y materia orgánica) disponibles en el suelo son dos factores que influyen de manera considerable en la productividad de los cultivos, las condiciones climáticas y las clases de suelos que varían regionalmente, orientan el rendimiento productivo de diferentes cultivos implementados en cada región y, en consecuencia, determinan el grado de interferencia humana en los agroecosistemas a través del manejo agrícola (Cravo; Smyth; Souza, 2016).

Por esta razón, en general, en las regiones Sur, Sudeste y Centro-Oeste del país, debido a una mejor disponibilidad de agua y la presencia de suelos que, aunque tienen baja fertilidad natural, se corrigen adecuadamente con fertilizantes, se observan rendimientos más altos en los cultivos en comparación con el Norte y Nordeste (Falesi, 1986). Aunque en el Norte hay una buena oferta de agua durante casi todo el año, prevalecen suelos ácidos y limitados en disponibilidad de nutrientes para las plantas. En el Nordeste, el patrón climático es muy variable, desde el clima cálido y seco en la región semiárida (que ocurre en la mayoría de las áreas) hasta el clima cálido y húmedo en otras áreas, con suelos de fertilidad natural media a alta que satisfacen bien las necesidades nutricionales de la mayoría de los cultivos (Santos; Câmara, 2002). Sin embargo, el suministro de agua necesario para la mayoría de los cultivos se ve muy afectado en la región.

Ante lo expuesto, evaluar cómo los diferentes sistemas de manejo en diferentes regiones pueden afectar la calidad del suelo es de vital importancia, principalmente al considerar algunos componentes que influyen en la fertilidad y productividad agrícola, como la textura, la materia orgánica (MO), la mineralogía y los óxidos de hierro. A su vez, los métodos convencionales de análisis de suelo son en su mayoría destructivos y generadores

de residuos, además de requerir considerable tiempo y recursos (Demattê et al., 2016; Fiorio et al., 2014).

Algunos componentes pedológicos pueden ser identificados e incluso semi-cuantificados mediante la interacción del suelo con la energía electromagnética. De esta manera, la espectrorradiometría de reflectancia se vuelve viable para analizar estos atributos, y puede ser empleada en estudios para discriminar clases y diferenciar horizontes en los perfiles del suelo (Dick et al., 2008; Nanni; Demattê, 2006).

La espectroscopía de reflectancia es la ciencia que analiza la interacción de los objetos de interés con la energía electromagnética, con el objetivo de conocer el nivel de energía reflejada por el material. Esto permite la identificación de sus propiedades a través de las variaciones en las características de absorción y la intensidad de reflectancia en la curva espectral resultante de la mencionada interacción (Demattê et al., 2015). Además de presentarse como una tecnología complementaria a las técnicas tradicionales de análisis pedológico, la espectroscopia puede contribuir al proceso de formación de profesionales en el campo, capacitándolos para el uso de geotecnologías, especialmente en sensores remotos y proximales, preparándolos para futuras exigencias de precisión, rapidez y eficiencia en el análisis de datos y la toma de decisiones.

En este sentido, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el potencial de la espectrorradiometría de reflectancia para diferenciar dos sistemas de manejo agrícola distintos en suelos de la región semiárida de Bahía: el policultivo en el sistema de agricultura regenerativa y el monocultivo de mandioca en el sistema de agricultura convencional.

Metodología

El área de estudio está localizada en el municipio de Tucano, en la parte central de la cuenca hidrográfica del río Itapicuru, en el noreste del estado de Bahía. Se evaluaron dos sistemas de manejo del suelo, uno regenerativo y otro convencional.

El suelo de la zona fue descrito y clasificado como un Neossolo Quartzarênico Distrófico (> 90% de arena), que se sitúa sobre un relieve suavemente ondulado, en el tercio medio de la ladera y se origina a partir de sedimentos arenosos de la Formación Marizal.

La zona destinada al sistema de manejo regenerativo se llama Jardins Marizá, y es una iniciativa que comenzó en 2003 por Marsha Hanzi, pionera de la permacultura en Brasil. Esta agricultora y experimentadora se dedica a la agricultura regenerativa adaptada a las condiciones ambientales de la región semiárida. Las técnicas de manejo utilizadas en la zona incluyen: cobertura viva del suelo con especies rústicas y/o nativas, pastoreo rotativo de animales, uso de compost orgánico y agricultura en policultivos.

El manejo convencional evaluado fue en un área contigua a la anterior, en una propiedad vecina y de uso frecuente para el cultivo irrigado de la mandioca. En el manejo regenerativo, se recopilaron muestras de suelo (0 a 20 cm) en un área de policultivo con un historial de 10 años de descanso seguido de siembra diversificada (maíz, frijoles, mijo, sésamo, girasol, nabo forrajero) con pastoreo rotativo de animales y sin insumos externos. En el manejo

convencional, la mandioca se cultiva con fertilización (NPK) granulada. En la porción central de cada una de estas dos áreas (tratamientos), se delimitaron cuatro subáreas para componer las repeticiones. En cada subárea, se recogió una muestra compuesta de suelo, formada a partir de cinco muestras simples.

En el laboratorio, las muestras de suelo fueron tamizadas con una malla de 2 mm y secadas durante 24 horas a 45 °C, siguiendo los protocolos de Ben-Dor (2015). Posteriormente, se recogieron las firmas espectrales con un espectrorradiómetro ASD FieldSpec® 4 Hi-Res, que abarca el rango de 350 a 2500 nm. Las interpretaciones de las firmas espectrales y la identificación de sus características diagnósticas se llevaron a cabo con la ayuda del software Envi 5.3 (64 bits), con el apoyo de la biblioteca espectral del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).

Resultados y discusión

Diferentes características diagnósticas fueron identificadas en las muestras de las áreas de manejo regenerativo (policultivo - POL) y convencional (mandioca - MAND) (Figura 1). La morfología de las curvas espectrales en 1400, 1900 y 2200 nm en ambos tratamientos reveló la presencia de caulinita, un argilomineral del tipo 1:1, que se caracteriza por los siguientes rasgos espectrales: intensas, agudas y dobles entre 1400 y 2200 nm, e inexistentes o débiles, amplias y simples a 1900 nm. Estas características pueden destacarse mediante la aplicación del continuo eliminado, que normaliza los espectros de reflectancia en una línea de base común (Baptista; Madeira Netto; Souza, 2019) (Figura 1).

La presencia de caulinita es frecuente en suelos brasileños, teniendo en cuenta su origen a partir de diversos minerales y su asociación con la eliminación parcial de cationes básicos y de sílice del sistema, situación común en climas cálidos y húmedos (Ker et al., 2012). La caulinita influye en varios procesos físico-químicos del suelo, que incluyen la formación de agregados, porosidad, retención de agua, reacciones de intercambio iónico, entre otros (Melo & Alleoni, 2009).

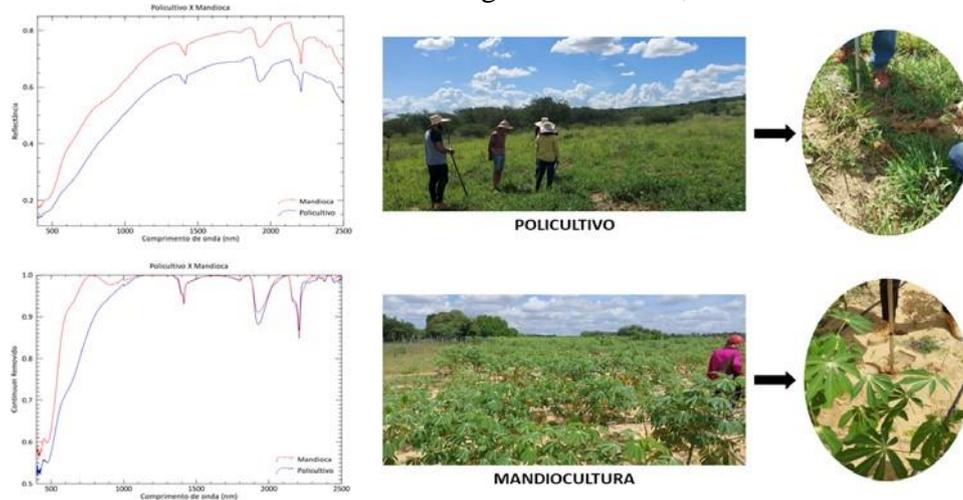
Aunque en el semiárido hay una disminución en la presencia de argilominerales caoliniticos, estos están comúnmente presentes. Las áreas en estudio se encuentran sobre la formación Marizal de la cuenca de Tucano, que está compuesta por rocas sedimentarias (Clavijo, 2017). Según Brazil (1948), esta formación está compuesta por un conjunto de areniscas micáceas, medianas y gruesas, así como guijarros y gravas, siendo las areniscas micáceas las más comunes, aunque la cantidad de mica en las areniscas puede variar (Santos, 2010).

Santos et al. (2010) también resaltan la estratificación de las areniscas en esta área, que varían en granulometría y color, siendo este último atributo asociado a niveles de color claro y una mayor cantidad de matriz arcillosa. El material de origen puede explicar en parte las características de los suelos locales, clasificados como Neossolos Quartzarênicos, dada la geología formada por sedimentos arenosos de la formación mencionada anteriormente, así como las posibles transformaciones químicas de los grupos micáceos propicias para la formación de caulinita.

En el rango de 1400 y 1900 nm de las firmas espectrales, se observa la vibración molecular de los grupos de OH (hidroxilos) de la molécula de agua, cuyas variaciones en su cantidad,

pueden expresarse en los espectros con mayor o menor pronunciamiento/absorción (Baptista; Madeira Netto; Souza, 2019). Esto es más perceptible en la característica centrada en 1900 nm del continuo eliminado, donde se observa un aumento en la absorción en el área de POL en comparación con el área de MAND.

Figura 1: Firmas espectrales de los suelos en diferentes áreas de policultivo y cultivo de mandioca en la región de Tucano, BA



Fuente: autores (2023)

La actividad de la materia orgánica fue otro factor destacado en las firmas espectrales, especialmente en el área POL. Según Baptista, Netto y Souza (2019), la materia orgánica (MO) del suelo está compuesta por una mezcla de compuestos de carbono con diversas características físico-químicas, resultado de residuos vegetales y animales en diferentes etapas de descomposición. Aunque la MO no tenga una característica específica de absorción, es posible percibir su presencia a través de características cóncavas y convexas en las bandas del VNIR (400 a 1100 nm) debido a su predisposición para reducir la reflectancia de otros constituyentes, como las arcillas oxídicas, ocultando así su presencia. La presencia de la MO tiene una implicación directa en la reflectancia de la muestra, ya que el aumento de este componente del suelo se asocia con la reducción de la reflectancia entre 600 y 1100 nm. Esto se verificó en la presente investigación, corroborando los estudios de Silva (2020), que evaluó diferentes intensidades de reflectancia en muestras con diferentes concentraciones de MO.

Conclusiones

Fue posible evidenciar las respuestas espectrales de las diferentes áreas de manejo a partir de las curvas de reflectancia de la materia orgánica (MO), la caulinita y el grupo OH de la molécula de agua. El uso del espectrorradiómetro puede ayudar en la toma de decisiones para la evaluación de sistemas de manejo, a través de un análisis rápido, sin residuos y con bajo costo. Además, también puede servir como complemento a las técnicas tradicionales de análisis y caracterización pedológica.

Agradecimientos

A la CAPES, al CNPq y a la FAPESB, por el apoyo financiero; a los agricultores, por la ayuda, receptividad y cesión de las áreas; al Laboratorio de Espectrorradiometría y Teledetección (LABESPECTRO/PPGM/UEFS), por el apoyo y los equipos; al Nuevo Grupo PET

Geografia Agronomia/UEFS, por la contribución y la asistencia en la ejecución de las campañas de campo; y a la Universidad Federal de Viçosa (UFV), por el apoyo y la asistencia en los análisis.

Referencias bibliográficas

ALTIERI, M. A. (1989). **Agroecologia: as bases científicas da agricultura alternativa**. Edição em Língua Portuguesa. Federação de órgãos para Assistência Social e Educacional. Projeto Tecnologia Alternativa. Rio de Janeiro, p. 237. Disponível em: https://arca.furg.br/images/stories/producao/agroecologia_short_port.pdf. Acesso em: 11 jun. 2023.

BAPTISTA, G. M. de M.; MADEIRA NETTO, J. da S.; SOUZA, D. T. M. de. (2019). Reflectância dos Solos. In: MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. de; BAPTISTA, G. M. de M. **Reflectância dos materiais terrestres: análises e interpretações**. (pp. 163-187). São Paulo: Oficina de Textos.

BEM-DOR, E., ONG, C., y LAU, I. C. (2015). Reflectance measurements of soils in the laboratory: Standards and protocols. **Geoderma**, v. 245 (246), 112-124. Disponível em: http://143.107.213.227/layout/_en/Artigos/Ben-Dor_etal-2015.pdf. Acesso em: 16/08/2023.

BORLACHENCO, N. G. C.; GONÇALVES, A. B. (2017). Expansão agrícola: elaboração de indicadores de sustentabilidade nas cadeias produtivas de Mato Grosso do Sul. **INTERAÇÕES**, v. 18 (1), 119-128. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/inter/a/XcQCNYVMTyQGLKvVXbK5pyq/abstract/?lang=pt>. Acesso: 11 jun. 2023.

BRAZIL, J. J. **Estado da Bahia**. (1948). In: BRASIL. Conselho Nacional do Petróleo. *Relatório de 1947*. Rio de Janeiro, p. 91-182.

CLAVIJO, M. P. R. (2017). **Avaliação de porte de um sistema entrelaçado na Formação Marizal (Aptiano, Bacia do Tucano) a partir de análises de paleosinuosidade e paleohidráulica** (tese de mestrado). Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44141/tde-22082017-134657/en.php>. Acesso em: 17 jul. 2023.

CRAVO, M. S., SMYTH, T. J., y SOUZA, B. D. L. (2016). **Calagem e adubação para a cultura da mandioca**. In: MODESTO JÚNIOR, M. S., ALVES, R. N. B. *Cultura da mandioca: aspectos socioeconômicos, melhoramento genético, sistemas de cultivo, manejo de pragas e doenças e agroindústria*. Brasília: Embrapa.

DEMATTÊ, J. A. M., ARAÚJO, S. R., FIORIO, P. R., FONGARO, C. T., y NANNI, M. R. (2015). VIS-NIR-SWIR spectroscopy in soil evaluation along a toposequence in Piracicaba. **REVISTA CIÊNCIA AGRONÔMICA**, v. 46 (4), 679-688. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/YzFkyw8D5fBnk8LfrnHGTRs/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 13 jun. 2023.

DEMATTÊ, J. A. M., BELLINASSO, H., ARAÚJO, S. R., RIZZO, R., y SOUZA, A. B. (2016). Spectral regionalization of tropical soils in the estimation of soil attributes. **REVISTA CIÊNCIA AGRÔNOMICA**, v. 47 (4), 589 -598. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/sNxHKtfYCGVsBqLLtTbxDtj/?lang=en>. Acesso em: 11 jun. 2023.

DICK, D. P., SILVA, L. B. da, INDA, A. V., y KNICKER, H. (2008). Estudo comparativo da matéria orgânica de diferentes classes de solos de altitude do sul do Brasil por técnicas convencionais e espectroscópicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32 (6), 2289–2296. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/45jLjVgwRsK9XZ63kMfL8nM/?lang=pt>. Acesso em: 11 jun. 2023.

FAO. (2011). **The state of the world's land and water resources for food and agriculture: managing systems at risk**. Rome: Food and Agriculture Organization of The United Nations.

FALESI, I. C. (1984). Estado atual de conhecimento dos solos da Amazônia brasileira. *In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO* (pp. 168-191). Belém, PA: EMBRAPA-CPATU.

FIORIO, P. R. et al. (2014). In situ separation of soil types along transects employing Vis-NIR sensors: a new view of soil evaluation. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 45 (3), 433–442. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/vWWNTLNfvMRSLGdjf9wh3wH/?lang=en>. Acesso em: 17 jul. 2023.

GÓMEZ, I. et al. (2014). Effect of polycropping on the establishment of three tropical grasses, on a Vertisol soil of the Cauto Valley. **Pastos y Forrajes**, v. 37 (1).

KER, J. C.; CURTI, N.; SCHAEFER, C. E. G. R.; VIDAL-TORRADO, P. (ed.). (2012). **Pedologia: fundamentos**. Viçosa, MG. SBCS.

LAL, R. Restoring soil quality to mitigate soil degradation. (2015). **Sustainability**, v. 7 (5), 5875-5895. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su7055875>. Acesso em: 13 nov. 2022.

MARIN, A. M. P. (2002). **Impactos de um Sistema Agroflorestal com Café na Qualidade do Solo** (tese de doutorado). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Brasil. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/154>. Acesso em: 28 jul. 2023.

MELO, V.F.; ALLEONI, L.R. (2009). **Química e mineralogia do solo**. Parte I - Conceitos básicos. Viçosa, MG. SBCS, p. 665.

NANNI, M. R.; DEMATTÊ, J. A. M. (2006). Comportamento da linha do solo obtida por espectrorradiometria laboratorial para diferentes classes de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30 (6), 1031–1038. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/bQcmjMh3TvhLD9WcmShdwMb/?lang=pt>. Acesso em 11 jun. 2023.

NEVES, C. M. N.; SILVA, M.L.N.; CURTI, C.; CARDOSO, E. L.; MACEDO, R. L. G.; FERREIRA, M. M.; SOUZA, F. S. de. (2007). Atributos indicadores da qualidade do solo em sistema agrossilvopastoril no noroeste do estado de Minas Gerais. **Scientia Forestalis**,

n. 74, 45– 53. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr74/cap05.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2023.

PINHEIRO, S.; AURVALLE, A. E.; GUAZZELLI, M. J. (1985). **Agropecuária sem veneno**. Porto Alegre. L&PM Editores.

PRIMAVESI, A. (2002). **Manejo ecológico do solo**: A agricultura em regiões tropicais. Barueri, Brasil. 1. ed. Nobel. 568 p. ISBN 978-85-2130-004-5.

SANTOS, C.C.; REIS, C.; PEDREIRA, A. J. (2010). **Projeto Bacia do Tucano Central: Folha Ribeira do Pombal – S.24-Z-A-I; Folha Cícero Dantas SC-24. Z.A.V.** Estado da Bahia e Sergipe. Salvador: CPRM. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/10912>. Acesso em: 16 ago. 2023.

SANTOS, T. C. C.; CÂMARA, J. B. D. (Org.). (2002). **GEO BRASIL 2002**: perspectivas do meio ambiente no Brasil. Brasília, DF. IBAMA. p. 447. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/>. Acesso em: 19 ago. 2023.

SILVA, L.L. (2020). **Modelagem de carbono orgânico no solo por espectrorradiometria de refletância em Morro do Chapéu – Ba** (dissertação de mestrado). Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana, Brasil. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1wksw8DVWkE1qOKRjKDxfbM8NqhlutzKY/view>. Acesso em: 16 ago. 2023.

SOCARRÁS, A., IZQUIERDO, I. (2014). Evaluation of agroecological systems through biological indicators of the soil quality: edaphic mesofauna. **Pastos y Forrajes**, v. 37 (1), 109114.