

QUANTIFICAÇÃO DE ARGILA UTILIZANDO SENSOR AEROTRANSPORTADO

MARIA EDUARDA B. DE RESENDE¹, LOUISE G. QUEIROZ², MERILYN T. A. AMORIM³,
JULIA VIEIRA⁴, ANDRÉ CARNIELETTO DOTTO⁵, JOSÉ A. M. DEMATTE⁶*

¹ Graduanda, Escola Superior “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo, (19) 3417-2128, eduardaresende@usp.br

² Graduanda, Escola Superior “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo, (19) 3417-2128, louise.queiroz@usp.br

³ Graduanda, Escola Superior “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo, (19) 3417-2128, merilyn.accorsi@usp.br

⁴ Graduanda, Escola Superior “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo, (19) 3417-2128, julia.souza.vieira@usp.br

⁵ PHD, Escola Superior “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo, (19) 3417-2128, andreced@usp.br

⁶ Professor, Escola Superior “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo, (19) 3417-2128, jamdemat@usp.br *Corresponding author

Apresentado no

XLVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2019
17 a 19 de setembro de 2019 - Campinas - SP, Brasil

RESUMO: O solo é um recurso natural que deve ser constantemente monitorado visando diminuir seu depauperamento. Dentre os principais componentes do solo, a argila é um dos mais importantes visto que tem relação direta com uma série de fatores tais como a capacidade de troca de cátions, retenção de água, entre outros. Assim, técnicas que visem o monitoramento e predição de atributos do solo, a exemplo do sensoriamento remoto, principalmente para áreas maiores são necessárias. O presente trabalho teve por objetivo quantificar os teores de argila da superfície do solo utilizando um sensor hiperespectral (AisaFENIX) transportado em uma aeronave. O estudo foi realizado no município de Piracicaba, onde foram coletadas 54 amostras de solo que posteriormente foram submetidas a análise física para obtenção dos valores de argila. Sobre a área de estudo foi realizado um único sobrevoo e obtida uma imagem hiperespectral com 357 bandas, compreendendo a faixa de 400-2500 nm. A imagem foi corrigida para refletância de superfície e extraídos os valores para cada ponto amostral. O modelo utilizando os dados espectrais para quantificação do teor de argila alcançaram uma alta performance (R^2 de 0,91). Com os resultados obtidos foi possível estimar o teor de argila em larga escala e com boa acurácia mesmo ao nível de avião. Tais dados podem gerar mapas de argila e correlacionados com vários aspectos como umidade do solo, zonas de manejo e produtividade agrícola.

PALAVRAS-CHAVE: Espectroscopia; sensor hiperespectral; sensoriamento remoto.

QUANTIFICATION OF CLAY USING AIRBORNE SENSOR

ABSTRACT: Soil is a natural resource that must be constantly monitored in order to reduce its depletion. Among the main components of the soil, clay is one of the most important because it is directly related to a number of factors such as cation exchange capacity, water retention, among others. Thus, techniques that aim at the monitoring and prediction of soil attributes, such as remote sensing, especially for larger areas are necessary. The objective of the present work was to quantify the clay content of the soil surface using a hyperspectral sensor (AISA PHENIX) transported in an aircraft. The study was carried out in the city of Piracicaba, where 54 soil samples were collected, which were then submitted to physical analysis to obtain the clay values. On the study area, a single overfly was performed and a hyperspectral image was obtained with 357 bands, comprising the range of 400-2500 nm. The image was corrected for surface reflectance and the values were extracted for each sampling point. The model using the spectral data to quantify the clay content reached a high performance (R^2 of 0.91). With the results obtained it was possible to estimate the clay content in a large scale and with good accuracy even at the plane level. Such data can generate clay maps and correlate with several aspects such as soil moisture, management zones and agricultural productivity.

KEYWORDS: Spectroscopy; hyperspectral sensor; remote sensing.

INTRODUÇÃO:

O tamanho de partícula do solo é geralmente determinado por um método descrito por Donagema et al. (2011). Os métodos recomendados para análises laboratoriais de rotina produzem erros (Ruiz, 2005). Além disso, Sousa Júnior et al (2011) afirmaram que a determinação da distribuição do tamanho de partículas em laboratórios de solo é muitas vezes onerosa e demorada, particularmente no caso de grandes volumes de amostras para análise. Com o avanço da tecnologia, métodos alternativos para avaliar o tamanho das partículas do solo foram desenvolvidos (Viscarrá Rossel et al., 2010). A espectroscopia de refletância é uma nova e promissora opção para a análise de solos, com vantagens como a facilidade de aquisição de dados de grandes quantidades de amostras, em menor tempo e sem envolver produtos

químicos perigosos para o meio ambiente (Viscarra Rossel et al., 2010; Sousa Júnior et al., 2011; Ramirez-Lopez et al., 2014). A espectroscopia de reflectância pode ser uma alternativa aos métodos atuais de análises de rotina, uma vez que o tamanho das partículas é uma das propriedades mais relevantes para a refletância espectral do solo (Dalmolin et al., 2005; Demattê e Terra, 2014). Melhorias são necessárias, principalmente em termos de precisão do modelo e de relações de dependência espacial, para estabelecer relações com o ambiente.

Como a reflectância espectral é diretamente influenciada pelo tamanho de partícula e pela propriedade da superfície e a textura do solo pode ser considerada como uma das propriedades mais explorada na radiometria. Em relação à textura do solo, os estudos estão focados na fração argila devido a sua importância e influência em várias propriedades físicas e químicas do solo. Dalmolin et al. (2005) encontrou bandas importantes relacionadas à presença de argila e a composição da mesma, mostrando a importância da espectroscopia de reflectância no estudo da fração argila no solo. Os teores de argila influenciam a região espectral entre 400 nm e 2500 nm, sendo que a fração argila pode ser identificada em algumas regiões específicas. Nas regiões de 520 e 600 nm, 1150 e 1300 nm e 2030 a 2035 nm estão definidas como as melhores regiões para estimar os teores de argila segundo alguns autores (Chang et al., 2001; Demattê et al., 2007; Viscarra Rossel et al., 2010). Stenberg (2010) utilizando um espectroradiômetro em laboratório afirmou que, a previsão do teor de argila é bastante variável, por exemplo, devido à diferença dos tipos de solos observados. Nesse estudo esse autor encontrou valores de R^2 variando de 0,86 a 0,93. Sousa Junior et al. (2011) estimaram propriedades químicas e físicas de solos, inclusive o teor de argila, gerados a partir da reflectância espectral obtendo um R^2 para previsão do teor de argila de 0,70 captadas por um espectroradiômetro em laboratório. Em nível orbital, esses autores obtiveram um valor de R^2 menor que 0,57 para estimar o teor de argila. Cohen et al. (2007) demonstraram que na espectroscopia de reflectância o erro na predição dos modelos era, em alguns casos, menor do que as taxas de erro da análise laboratorial tradicional.

Uma nova alternativa para predição da argila do solo utilizando a técnica de espectroscopia é utilizar o sensor AisaFENIX embarcado em uma aeronave. Esse sensor é uma ferramenta avançada de imagem hiperespectral para implementação eficiente que permite melhor a captação de dados do espectro eletromagnético, possuindo flexibilidade operacional para fornecer informações espacial e espectral detalhada em um curto espaço de tempo (Yule et al., 2015). Dados hiperespectrais também foram adquiridos a partir do uso do AVIRIS (Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer), da NASA/EUA, com 224 bandas e várias faixas de imageamento, no projeto SCAR -B (Smoke, clouds and radiation – Brazil) executado pela AEB, INPE e NASA, com o intuito de identificar materiais superficiais (CRÓSTA et al 1996).

Este trabalho tem como objetivo a utilização de sensor hiperespectral AisaFENIX para a predição de argila, visando a utilização de melhores ferramentas de sensoriamento remoto que possam ajudar na melhoria dos resultados da predição para grandes áreas.

MATERIAL E MÉTODOS:

Área de estudo e análise tradicional do teor de argila

A área de estudo localiza-se na região de Piracicaba, de 81 há, onde foram coletadas 54 amostras de solo (Figura 1), na camada de 0-20 cm. O valor de referência para o teor de argila foi obtido pelo método da pipeta (Donagema et al., 2011) no laboratório de análise de solo da Esalq.

Dados espectrais

Os dados espectrais foram adquiridos utilizando o sensor AisaFENIX, acoplado a uma aeronave. Este sensor é capaz de capturar imagens na faixa do vis-NIR-SWIR (400-2500nm) do espectro eletromagnético a cada 10 nm, dando como resultado 357 bandas e uma resolução espacial menor a 10m. A área de estudo foi sobrevoada no ano de 2017, a 600 metros de altura e uma vez obtida a imagem, esta foi corrigida para refletância de superfície. Os valores de refletância foram extraídos para cada ponto dentro da área de estudo, que posteriormente foram utilizados para a construção do modelo de predição da argila.

Modelagem espectroscópica do conteúdo de argila do solo

Para a predição do conteúdo de argila do solo foi utilizado o modelo de regressão Gaussiana (Gaussian process regression). Todas as bandas do sensor AisaFENIX foram utilizadas como variáveis independentes do modelo. O conjunto total de dados foi utilizado para modelagem aplicando a validação cruzada (cross-validation) com 10 amostras (10 folds). Essa estratégia busca a robustez do modelo pois utiliza amostras para calibrar como para validar o modelo. A construção do modelo e o processo de estimativa foram realizados na interface gráfica AlradSpectra (Dotto et al., 2019) no R (R Core Team, 2019). O desempenho do modelo foi avaliado para quantificar a imprecisão das estimativas, comparando

os valores preditos e observados com base no coeficiente de determinação (R^2) (Eq. 1), o erro quadrático médio (RMSE) (Eq. 2) e a razão entre o desempenho e a distância interquartílica (RPIQ) (Eq. 3).

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2} \quad (2)$$

$$RPIQ = \frac{(Q3 - Q1)}{RMSE} \quad (3)$$

Onde \hat{y} é o valor predito, \bar{y} é a média do valor observado, y é o valor observado, n é o número de amostras com i igual a 1, 2... n , QI é a diferença entre o terceiro e o primeiro quartil ($Q3 - Q1$). Posteriormente, os dados preditos e observados foram especializados via interpolação por krigagem (figura 3)

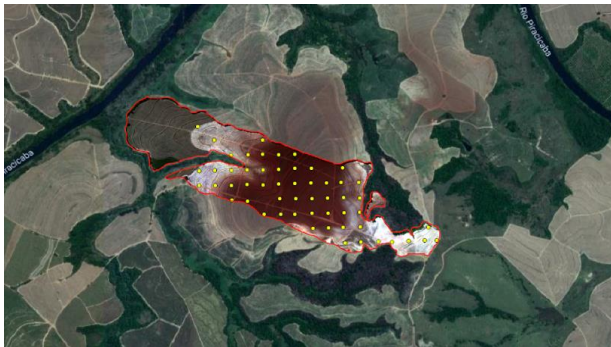


Figura 1. Imagem do Google Earth mostrando os pontos utilizados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

O resultado do modelo de regressão Gaussiana apresentou valores de R^2 de 0.91 (Figura 2). O modelo com 357 bandas espectrais mostrou uma alta capacidade preditiva para os valores de argila utilizando um sensor aéreo. O valor do erro ($RMSE = 3.94$) mostra que a variação do valor de argila pode variar 3,94% para mais ou para menos. Os valores de referência da argila juntamente com os valores preditos utilizando dados espectrais podem ser comparados por meio de mapas de argila em superfície. A figura 3 mostra os mapas comparando a distribuição dos teores de argila observado, que são os valores de referência, e os teores preditos pelo modelo utilizando dados espectrais. De maneira geral, os mapas mostram a mesma distribuição dos teores de argila, sendo que nas áreas centrais em vermelho estão os maiores valores de argila. Nas extremidades estão os locais com baixos teores de argila. Os dois mapas mostram a mesma tendência da variação da argila. Esse resultado mostra que é possível gerar mapas de argila com alta precisão mesmo utilizando uma técnica de quantificação por sensor.

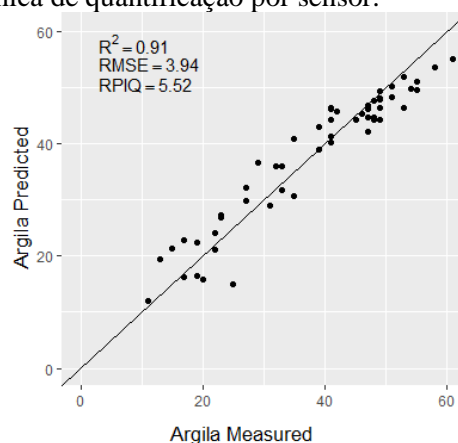


Figura 2. Valores do modelo de predição para a argila

De maneira geral, os mapas mostram a mesma distribuição dos teores de argila, sendo que nas áreas centrais em vermelho estão os maiores valores de argila. Nas extremidades estão os locais com baixos teores de argila. Os dois mapas mostram a mesma tendência da variação da argila. Esse resultado mostra que é possível gerar mapas de argila com alta precisão mesmo utilizando uma técnica de quantificação por sensor (figura 3).

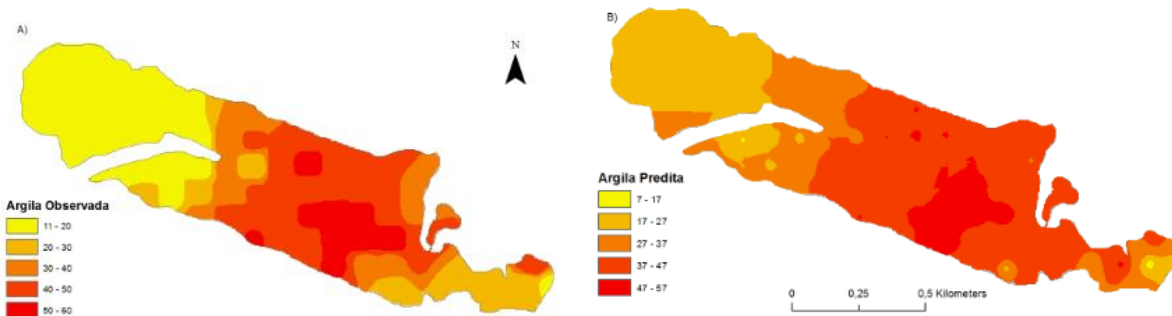


Figura 3. Mapas de argila utilizando valores de referência (observados) e valores preditos pelo modelo

CONCLUSÕES:

O uso do sensor embarcado em avião mostrou-se eficiente na quantificação de argila. Essa técnica melhora a aquisição de informações de maneira rápida proporcionando uma maximização da eficiência para produzir mapas de argila de acordo com a variabilidade espacial para um adequado manejo e utilização de insumos sem excessos danosos ao ambiente.

REFERÊNCIAS:

- Crósta, Alvaro P. Sensoriamento Remoto Hiperespectral Aplicado ao Mapeamento de Minerais de Alteração Hidrotermal nos Distritos Mineiros de Bodie e Paramount, Califórnia. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 8., 1996, Salvador. **Anais...** Salvador: Inpe, 1996. p. 623 - 628. Disponível em: <<http://mar.te.dpi.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/01.29.15.34/doc/T131.pdf>>. Acesso em: 08 jul. 2019.
- Dalmolin RSD, Gonçalves CN, Klamt E, Dick DP. Relação entre os constituintes do solo e seu comportamento espectral. *Cienc Rural*. 2005; 35:481-9. doi:10.1590/S0103-84782005000200042
- Demattê JAM, Terra FS. Spectral pedology: a new perspective on evaluation of soils along pedogenetic alterations. *Geoderma*. 2014;217/218:190-200. doi: 10.1016/j.geoderma.2013.11.012
- Demattê, J. A. M.; Nanni, M. R.; Formaggio, A. R.; Epiphanyo, J. C. N. Spectral reflectance for the mineralogical evaluation of Brazilian low clay activity soils. *International Journal of Remote Sensing*, v. 28, n. 20, p. 4537-4559, 2007.
- Donagema, G.K., Campos, D.V.B. de Calderano, S.B., Teixeira, W.G., Viana, J.H.M., 2011. Manual de métodos de análise de solo, 2 rev. ed, Embrapa Solos. <https://doi.org/1517-2627>
- Dotto AC, Dalmolin RSD, ten Caten A, Gris DJ, Ruiz LFC. AlradSpectra: a quantification tool for soil properties using spectroscopic data in R. *Rev Bras Cienc Solo*. 2019;43: e0180263. Doi: <https://doi.org/10.1590/18069657rbc20180263>
- R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria; 2019. Available from: <http://www.R-project.org/>.
- Ramirez-Lopez L, Schmidt K, Behrens T, Wesemael BV, Demattê JAM, Scholten T. Sampling optimal calibration sets in soil infrared spectroscopy. *Geoderma*. 2014;226-227:140-50. doi: 10.1016/j.geoderma.2014.02.002
- Ruiz HA. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (silte + argila). *Rev Bras Cienc Solo*. 2005; 29:297-300. doi:10.1590/S0100-06832005000200015
- Yule, I.T.; Pullanagari, R.R.; Irwin, M.; Mcveagh, P.; Kereszturi, G.; White, M.; Manning, M. Mapping nutrient concentration in pasture using hyperspectral imaging. *Journal of New Zealand Grasslands*. V 77, P 47-50. ISSN 2463-2880, 2015.