

Comportamento espectral do solo *in situ* e *ex situ*

Bruno Fellipe Bottega Boesing¹

Alexandre ten Caten¹

José Lucas Safanelli¹

¹ Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC campus Curitibanos
Caixa Postal 101 - 895206-000 - Curitibanos - SC, Brasil
brunofellipebb@gmail.com, tencaten@gmail.com, zecojls@gmail.com

Abstract. The soil has a fundamental role in either anthropogenic or natural actions. Therefore, the knowledge of its characteristics has a paramount importance. The method for routine soil analysis is expensive, requires a lot of time and generates much residues. Due these facts, the use of techniques that could predict soil attributes with the same efficacy as conventional methods is increasing. The diffuse reflectance spectroscopy seems to be very promising in this scenario. The premise of this method is that the object interact with an amount of electromagnetic energy in different wavelengths, allowing the use of this data to estimate some properties, such as the soil attributes. This study aimed to verify the effectiveness of diffuse reflectance spectroscopy (ERD) in the prediction of attributes *in-situ* and *ex-situ* conditions. To assess the possible differences between the conditions, samples of soil were collected in 11 different sites from different depths in the soil's profiles. The ERD *ex-situ* was performed in a controlled environment. All samples were analyzed by conventional methods for further comparison with both ERD analysis. It was found that the *ex-situ* method could differentiate soils with different amounts of carbon (organic matter). Soils with higher amounts of carbon have lower reflectance. The principal component analysis showed differences between the ways of data acquisition, with only *in-situ* acquisition demonstrating a pattern distribution in the depth profile.

Palavras-chave: espectroscopia de reflectância difusa, sensoriamento proximal do solo, radiometria do solo, diffuse reflectance spectroscopy, proximal soil sensing, soil radiometry.

1. Introdução

O solo é um recurso natural heterogêneo, tanto em características físicas, quanto químicas e biológicas (Faria et al., 2009). Com o advento da agricultura moderna, o conhecimento sobre os atributos do solo se tornou cada vez mais necessário. Com isso, poder-se-á planejar o melhor uso, bem como as potencialidades e possíveis limitações para o solo. Conseguir-se, também, determinar o seu manejo a longo prazo, levando-se em consideração aspectos sociais, financeiros e de sustentabilidade ambiental (Guimarães Junior et al., 2013).

As análises de solo, por muitos anos, têm sido efetuadas de modo convencional, em laboratórios de rotina. Esse método gera rejeitos químicos, além de ser onerosa em custos e tempo. Hoje, outras técnicas mais sustentáveis são testadas e utilizadas (Brown et al., 2006; Dunn et al., 2002; Martins et al., 2014). Dentre as quais estão a Gamaespectrometria, a Susceptibilidade Magnética e a Espectroscopia de Reflectância Difusa (ERD). Todas essas técnicas são parte do Sensoriamento Proximal do Solo (SPS). O SPS é definido como a técnica que utiliza sensores para captar sinais do solo quando o aparelho se encontra em contato ou próximo ao solo, em uma distância de no máximo dois metros. Esses sinais diferem de acordo com as características e atributos dos solos (Viscarra Rossel; McBratney, 1998; Viscarra Rossel et al., 2011).

A ERD, também conhecida com espectrorradiometria, é uma técnica que leva em consideração o comportamento espectral dos objetos em relação à incidência de radiação. Baseia-se na premissa de que os diferentes atributos químicos, físicos e mineralógicos dos solos absorvem, refletem ou transmitem a energia eletromagnética em diferentes comprimentos de onda. Com isso, pode-se diferenciá-los entre si (Andronikov; Dobrovolskiy, 1991). Esse método, em ambiente controlado, se mostra extremamente eficiente (Viscarra Rossel et al., 2009; Volkan Bilgili et al., 2010), no entanto, *in situ*, poucos são os estudos desenvolvidos. Um deles foi proposto por Weiser et al. (2004). Para a predição de argila, o grupo obteve r^2 de 0,92 e *Root Mean Square Deviation* de 41 g kg^{-1} . Por isso, mais pesquisas ainda devem ser feitas, a fim de verificar a sua eficácia.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi contribuir cientificamente ao verificar a possibilidade de estimação de atributos do solo por meio da ERD *in situ*, comparando os resultados com dados obtidos pelo mesmo método *ex situ*.

2. Metodologia de Trabalho

Localizada na mesorregião Serrana do estado de Santa Catarina, a área de estudo encontra-se nas imediações das cidades de Curitiba, Brunópolis e Frei Rogério. Pertence a delimitação geográfica da bacia hidrográfica do Rio Marombas. Geologicamente, a área situa-se em uma zona de transição entre a Formação Serra Geral, composta por basaltos, e a Formação Botucatu, formada por arenitos. O clima da região é Cfb – Temperado (mesotérmico úmido e verão ameno) segundo a classificação de Köppen (Alvares et al., 2013).

Foram escolhidos 11 pontos distintos para coleta de dados (Figura 1a). Com o auxílio de enxada, pá de corte, cavadeira manual e facão, foram abertas trincheiras para descrição morfológica dos perfis de solos (Figura 1b). Cada uma possuía dois metros de profundidade. Coletou-se a reflectância radiométrica e amostras de solo nas profundidades de 0-5, 5-15, 15-30, 30-60, 60-100 e 100-200 cm (Figura 1c). Essa metodologia de amostragem seguiu o que é preconizado pelo consórcio <GlobalSoilMap.net> para o mapeamento de atributos do solo de todo o planeta. Parte do material retirado foi enviado até as dependências de uma instituição parceira, a Universidade Federal de Santa Maria, onde no Laboratório de Pedologia e Gênese do Solo foram realizadas as análises químicas e físicas de rotina. A outra parte foi encaminhada para as dependências da Universidade Federal de Santa Catarina – campus de Curitiba, ao Laboratório de Geomática.



Figura 1. Área do estudo, abertura de trincheira e coleta das amostras de solo a campo.

As coletas radiométricas *in situ* foram realizadas como auxílio de um espectrorradiômetro modelo FieldSpec® HandHeld 2TM ASD Inc. que faz a mensuração no comprimento de onda de 300 a 1100 nm. O seu posicionamento era de 90° em relação ao perfil do solo (Figura 2a). Anteriormente a cada coleta foi realizado a calibração do equipamento com uma placa Spectralon® que possuía 100% de reflectância (Figura 2b).



Figura 2. Mensuração da reflectância *in situ* e calibração do aparelho espectrorradiômetro.

A mensuração *ex situ* foi realizada com o mesmo aparelho nas dependências do Laboratório de Geomática da UFSC. Primeiramente as amostras foram secas ao ar (Figura 3a), maceradas e peneiradas em malha de 2 mm (Figura 3b). Com isso obteve-se um material homogêneo. No laboratório, o espectrorradiômetro foi posicionado sobre a abertura de uma caixa totalmente vedada e escura (Figura 3c). Dentro da caixa havia uma lâmpada alógena de

50 W, sendo a única fonte de radiação eletromagnética. Cada amostra de solo acondicionada em placa de petri foram coladas no campo de visão do aparelho (Figura 3d). A mensuração foi feita 4 vezes para cada amostra. Após cada leitura, a placa era rotacionada 90° em relação à posição anterior.



Figura 3. Metodologia e equipamentos utilizados na mensuração *ex situ*.

Com os dados de reflectância em mãos, foram confeccionadas as assinaturas espectrais dos solos via software Unscrambler X 10.3 (64 bit). Primeiramente, todos os dados obtidos via espectrorradiômetro foram importados no software. Em seguida, foi feita a média aritmética das quatro mensurações de cada amostra, semelhante ao que foi desenvolvido por Cezar et al. (2013). Visando diminuir o ruído das amostras, foi aplicado o filtro de suavização Savitzky Golay. Após esse procedimento e com intuito de diminuir o número de variáveis para melhorar o processamento dos dados, foi realizado a redução das variáveis no fator de divisão por 10.

As assinaturas foram analisadas e comparadas através de análise visual e pela análise de componentes principais (ACP) com o auxílio do mesmo programa computacional. A ACP é um método multivariado que tem por finalidade transformar variáveis correlacionadas entre si em um conjunto de dados não correlacionados e minimizados, visando evidenciar padrões de distribuição. O procedimento realiza a rotação dos sistemas originais formando novos eixos que fornecem as direções de máxima variabilidade (Johnson; Wichern, 1992). Também avaliou-se as assinaturas, comparando-as com os dados obtidos pela análise convencional do solo.

3. Resultados e Discussão

O carbono possui, em solos não revolvidos, a característica de estar em maiores concentrações nas camadas superiores do solo (Ciotta et al., 2003). Essa característica é

evidenciada, principalmente em locais de clima temperado, como é o caso de Curitiba. Com as baixas temperaturas anuais, a atividade microbiana é afetada e ocasiona menor decomposição da matéria orgânica (principal fornecedora de carbono para o solo), ficando, assim, em maior concentração nas camadas superficiais (Figura 4a).

Já a argila varia muito de acordo com o local, no entanto, tende a migrar da camada superficial para camadas inferiores (Machado et al., 2006). A área de estudo possui uma heterogeneidade grande em relação a estes atributos, e os resultados obtidos corroboraram com o que foi evidenciado pelos estudos anteriormente citados (Figura 4b). Essas características foram descritas pelos resultados da análise de rotina e radiométrica.

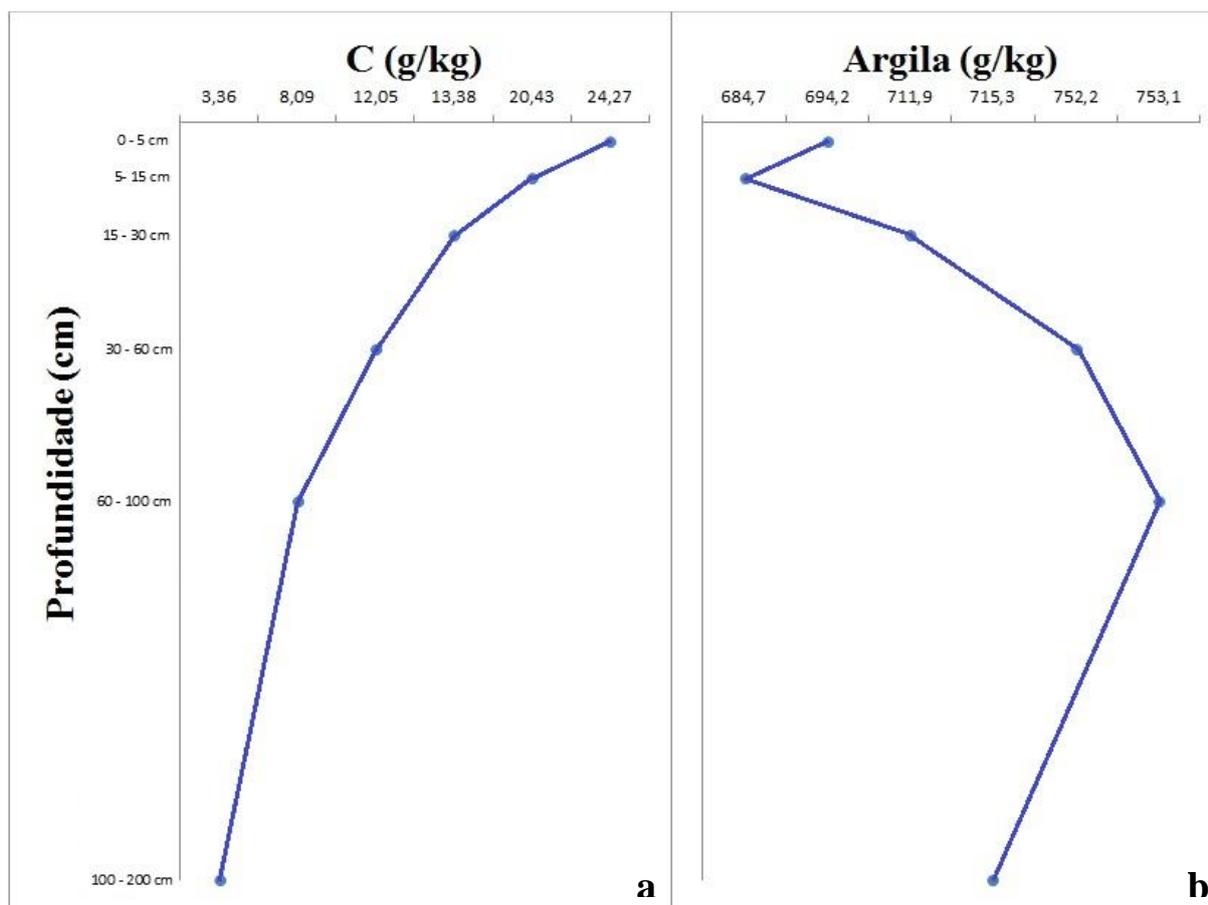


Figura 4. Variação dos teores de carbono e argila de acordo com a profundidade do perfil.

Ambas as análises radiométricas (*ex situ* e *in situ*) nos demonstraram uma série de informações. *Ex situ*, pôde-se verificar fidedignamente, através das assinaturas espectrais, a variação da reflectância do solo em virtude da quantidade de carbono (matéria orgânica). As amostras superficiais, com maior quantidade, possuem menor albedo decorrente do efeito escurecedor do solo (Figura 5a). Esse mesmo comportamento foi verificado no estudo proposto por Martins et al. (2014).

Nos dados obtidos *in situ*, mesmo após a aplicação dos métodos de suavização e redução, é difícil de concluir algo preciso em relação ao carbono, visto que os ruídos permaneceram constante. No entanto, ainda assim, observou-se um padrão de reflectância em virtude desse elemento. A camada de 0-5 cm possuiu menor reflectância do que a camada de 5-15 cm em quase todos os comprimentos de onda, e a camada de 100-200 cm possuiu maior reflectância que as demais. Nas outras camadas, essas informações não seguiram padrões (Figura 5b). Acredita-se que isso tenha ocorrido em função da influência de fatores ambientais de difícil controle na resposta espectral.

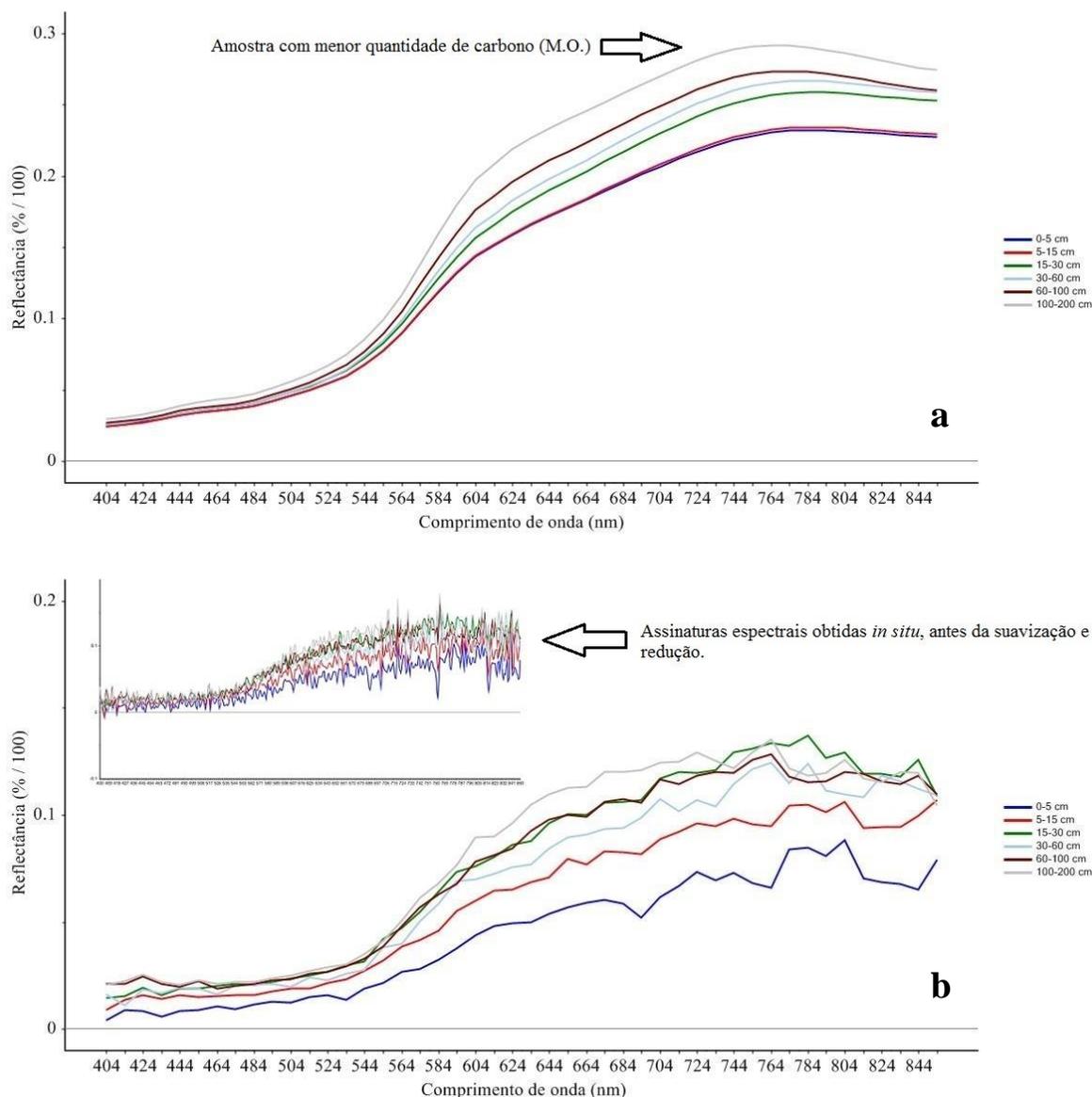


Figura 5. (a) Assinaturas espectrais *ex situ*; (b) Assinaturas espectrais *in situ* antes da suavização e redução e após o tratamento.

A análise de componentes principais revelou que 99,9% das informações se inseriram no primeiro componente. Na radiometria de solos, esse comportamento foi esperado em virtude da alta correlação entre os comprimentos de onda. Observou-se que os dados *in situ* possuíram uma variação gradativa entre o eixo da segunda componente, demonstrando que há realmente variação entre seus atributos e consequentemente em sua resposta espectral. O mesmo não foi observado nos valores *ex situ*, que apresentaram uma distribuição heterogênea em relação aos dois eixos (Figura 6). Percebeu-se, no entanto, que os dois métodos de coleta ficaram distribuídos de forma diferente no eixo dos *scores* dos dois primeiros componentes, evidenciando que a variação dos comprimentos de onda foram diferentes (Figura 6).

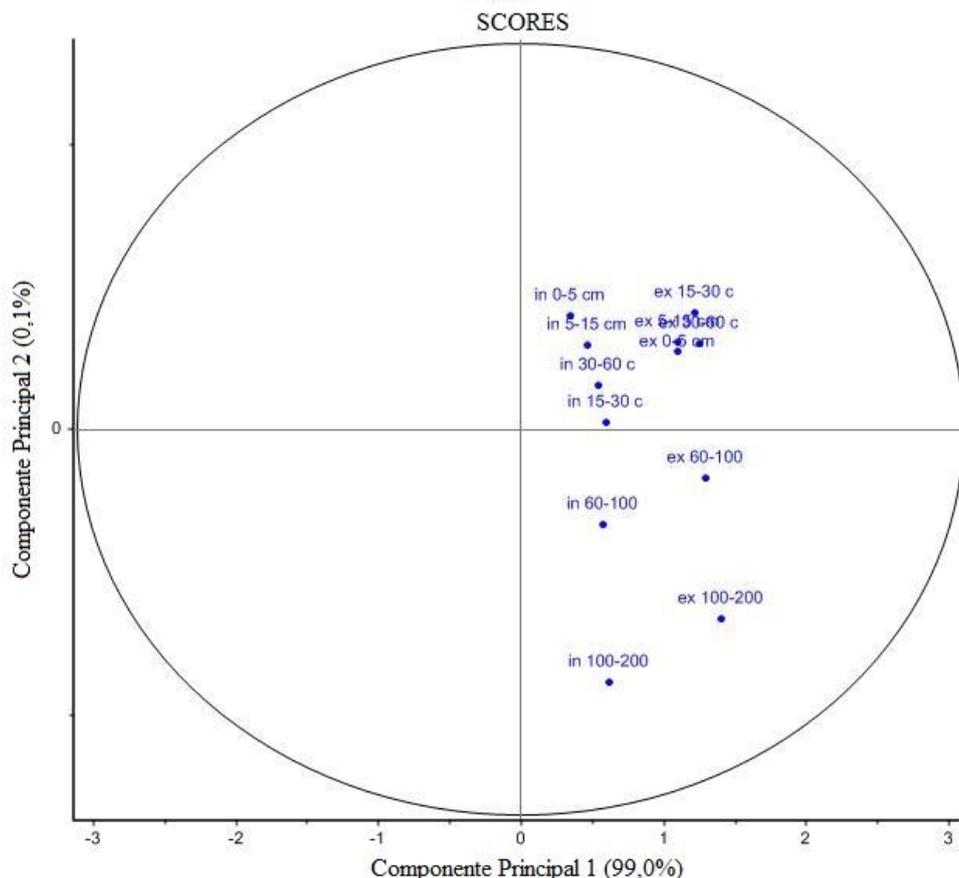


Figura 6: Análise de componentes principais dos dados coletados *ex situ* e *in situ*.

O estudo continua em andamento a fim de otimizar o uso da ERD aplicado aos solos. A ERD *in situ*, aplicada a solos, ainda é pouco difundida no Brasil e há muito que se explorar. A sociedade carece de tecnologias de fácil manejo, menos laboriosas e mais sustentáveis para serem utilizadas na geração de informações sobre os solos. Espera-se com esse trabalho uma contribuição acerca dos princípios e resultados encontrados para a área de sensoriamento proximal dos solos.

4. Conclusão

A utilização da Espectroscopia de Reflectância Difusa se mostra promissora na determinação de atributos do solo. As informações coletadas *in situ* demandam o desenvolvimento de um procedimento de pré-tratamento das assinaturas espectrais com vistas a extração de informações pedológicas desses dados.

A análise de componentes principais, aplicada em dados de ambas as coletas, revelou um padrão de variação gradativa nas amostras coletadas *in situ*. Essa diferenciação não foi vista no outro método de análise e por isso deve ser mais estudada.

Agradecimento

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Santa Catarina pelos recursos para a compra dos equipamentos e ao CNPq pela concessão das bolsas de estudos aos discentes.

Referências Bibliográficas

Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Gonçalves, J. L. M.; Sparovek, G.. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

- Andronikov, V. L.; Dobrolvshiy, G. V. Theory and methods for the use of remote sensing in the study of soils. **Mapping Science and Remote Sensing**, v. 28, p. 92-101, 1991.
- Brown, D. J.; Sheperd, K. D.; Wlasek, M. G.; Mays, M. D.; Reinsch, T. G. Global soil characterization with VNIR diffuse reflectance spectroscopy. **Geoderma**, v. 132, n. 3-4, p. 273-290, 2006.
- Cezar, E.; Nanni, M. R.; Demattê, J. A. M.; Chicati, M. L. C.; Oliveira, R. B. Estimativa de atributos do solo por meio de espectrorradiometria difusa. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, v. 37, n. 4, p. 858-868, 2013.
- Ciotta, M. N.; Bayer, B.; Fontoura, S. M. V.; Ernani, P. R.; Albuquerque, J. A. Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sob plantio direto. **Ciênc. Rural**, v. 33, n. 6, p. 1161-1164, 2003.
- Dunn, B. W.; Beecher, H. G.; Batten, G. D.; Ciavarella, S. The potential of near-infrared reflectance spectroscopy for soil analysis - A case study from the Riverine plain of south eastern Australia. **Aust. J. Exp. Agric.**, Austrália, v. 42, n. 5, p. 607-614, 2002.
- Faria, G. E.; Barros, N. F.; Novais, R. F.; Silva, I. R. Características químicas do solo em diferentes distâncias do tronco de eucalipto e em diferentes profundidades. **Rev. Árvore**, v. 33, n. 5, p. 799-810, 2009.
- Guimarães Júnior, M. P. A.; Santos, A. C.; Araújo, A. S.; Oliveira, L. B. T.; Rodrigues, M. O. D.; Martins, A. D. Relação Ca: Mg do corretivo da acidez do solo e as características agronômicas de plantas forrageiras. **Rev. Bras. de Saúde e Produção Animal**, v. 14, n. 3, p. 460-471, 2013.
- Johnson, R. A.; Wichern, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. New Jersey: Prentice Hall, 1992. 642 p.
- Machado, P. L. O. A.; Bernardi, A. C. C.; Valencia, L. I. O.; Molin, J. P.; Gimenez, L. M.; Silva, C. A.; Andrade, A. G.; Madari, B. E.; Meirelles, M. S. P. Mapeamento da condutividade elétrica e relação com a argila de Latossolo sob plantio direto. **Pesq. Agrop. Bras., Brasília**, v. 41, n. 6, p. 1023-1031, 2006.
- Martins, J. A.; Fiorio, P. R.; Demattê, J. A. M.; Miranda, J. H.; Lelis Neto, J. A. Sensoriamento remoto na determinação de atributos de um nitossolo sob aplicação de vinhaça. **Rev. Bras. de Ciência do Solo**, v. 38, n. 3, p. 959-971, 2014.
- Viscarra Rossel, R. A.; Cattle, S. R.; Ortega, A.; Fouad, Y. In situ measurements of soil colour, mineral composition and clay content by vis - NIR spectroscopy. **Geoderma**, v. 150, n. 3-4, p. 253-266, 2009.
- Viscarra Rossel, R. A.; McBratney, A. B. Laboratory evaluation of a proximal sensing technique for simultaneous measurement of clay and water content. **Geoderma**, v. 85, n. 1, p. 19-39, 1998.
- Viscarra Rossel, R. A.; Adamchuk, V. I.; Sudduth, K. A.; McKenzie, N. J.; Lobsey, C. Proximal soil sensing: an effective approach for soil measurements in space and time. In: Sparks, D. L. **Advances in Agronomy v. 113**. Amsterdam: Editora Elsevier, 2011. cap 5, p. 237-283.
- Volkan Bilgili, A.; van Es, H. M.; Akbas, F.; Durak, A.; Hively, W. D. Visible-near infrared reflectance spectroscopy for assessment of soil properties in a semi-arid area of Turkey. **Journal of Arid Environments**, v. 74, n. 2, p. 229-238, 2010.
- Waiser, T. H.; Morgan, C. L. S.; Brow, D. J.; Hallmark, C. T. In situ characterization of soil clay content with visible near-infrared diffuse reflectance spectroscopy. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v. 71, n. 2, p. 389-396, 2007.