

PLATAFORMA MULTISENORES DE SOLO: PROPOSTA E TESTES INICIAIS

MATEUS T. EITELWEIN¹, RODRIGO G. TREVISAN¹, LEONARDO F. MALDANER¹, ROBIN GEBBERS², JOSÉ P. MOLIN³

¹ Eng^o Agrônomo, Pós-graduando do Programa de Engenharia de Sistemas Agrícolas, Depto. de Engenharia de Biossistemas, ESALQ, USP, Piracicaba – SP, Fone: (19) 3447 8509, mateus_eitelwein@usp.br; rodrigoagronomia@hotmail.com; maldanerlf@hotmail.com

² Eng^o Agrônomo, Doutor, Cientista Sênior do Instituto Leibniz de Engenharia Agrícola, ATB, Potsdam – Alemanha, rgebbers@atb-potsdam.de

³ Eng^o Agrícola, Prof. Doutor, Depto. Engenharia de Biossistemas, ESALQ, USP, Piracicaba – SP, Fone: (19) 3447 8502, jpmolin@usp.br

Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2016
Goiânia, Goiás, 4 a 6 de outubro de 2016

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi montar e realizar os primeiros testes de uma plataforma multisensores de solo baseada em equipamentos comerciais com princípios de operação elétrico, eletroquímico e óptico. Para tanto, os equipamentos Veris MSP e Veris Vis-NIR Spectrophotometer foram combinados em uma mesma plataforma para aquisição de dados de condutividade elétrica aparente, pH e reflectância espectral (Vis-NIR) do solo. A fusão destes equipamentos possibilitou a coleta de dados em movimento com alta densidade. A plataforma mostrou-se totalmente operacional do ponto de vista de funcionamento simultâneo dos sensores. Algumas melhorias devem ser realizadas para operações em solos muito secos e compactados e com presença elevada de resíduos culturais. Este é um trabalho em andamento que tem o objetivo de avaliar o potencial de predição de atributos de solo utilizando esta plataforma.

PALAVRAS-CHAVE: sensoriamento proximal de solo, espectroscopia de solo, eletrodos ion seletivos

SOIL MULTISENSOR PLATFORM: PROPOSAL AND INITIAL TESTS

ABSTRACT: The objective of this work was to assemble and perform the first tests of a soil multisensor platform using commercial devices with electric, electrochemical and optical principles of operation. The Veris MSP and Vis-NIR Spectrophotometer devices were combined into a single platform for data acquisition of apparent electrical conductivity, pH and spectral reflectance (Vis-NIR). The fusion of these devices made it possible to collect data on-the-go with high density. The platform proved to be fully functional operating with all sensors simultaneously. Some structural improvements are necessary for operation in very dry and compacted soils and with presence of crop residues. This work in progress aims to assess the potential of predicting soil attributes using this platform.

KEYWORDS: proximal soil sensing, soil spectroscopy, ion selective electrodes

INTRODUÇÃO: A utilização de sensores de campo que possam coletar dados em alta densidade a um baixo custo tornou-se foco da pesquisa internacional, criando uma área no sensoriamento remoto designada como sensoriamento proximal de solo. A maioria dos equipamentos realiza análises não destrutivas e sem o uso de reagentes, essa característica contribui para a conservação do meio ambiente por meio da possibilidade de realocação correta dos fertilizantes minerais e não gerar resíduos laboratoriais. Uma das empresas que tem se destacado na fabricação desse tipo de equipamento é a Veris Technologies Inc. (Salina, KS, EUA) que iniciou com um equipamento para mapeamento da condutividade elétrica aparente do solo (CE_a) e nos últimos anos aumentou o número de equipamentos com a adição de outras técnicas de sensoriamento, como eletroquímica e óptica. O mapeamento da CE_a tem sido utilizado para caracterizar

principalmente salinidade, textura e umidade do solo (CORWIN e LESCH, 2005; MOLIN e RABELLO, 2011). Técnicas eletroquímicas utilizando eletrodos íon seletivos para mensuração de pH já são comerciais e foram avaliadas em solos de clima temperado nos EUA e Europa (ADAMCHUK et al, 2007; SCHIRRMANN et al, 2011). Os primeiros resultados das avaliações no Brasil têm se mostrado promissores; a técnica empregada é eficiente, no entanto, demanda a coleta de algumas amostras da área para a correta calibração com o valor de laboratório e pequenas alterações estruturais na plataforma para se adaptar aos solos brasileiros (EITELWEIN et al., 2015; EITELWEIN et al., 2016). A utilização de técnicas ópticas de mensuração da reflectância espectral de solos na região visível e infravermelho próximo do espectro eletromagnético não é algo recente. No entanto, com a melhora na tecnologia e consequente redução do tamanho e custo dos espectrômetros foi possível utilizar estes equipamentos diretamente no campo para avaliar o seu potencial em estimar atributos do solo. Nesse sentido, alguns grupos de pesquisa têm se dedicado no estudo desta técnica para estimar parâmetros importantes da fertilidade do solo diretamente no campo em plataformas móveis (MOUAZEN et al., 2007; KODAIRA e SHIBUSAWA, 2013). Apesar das várias técnicas de sensoriamento disponíveis, poucas são capazes de mensurar diretamente a disponibilidade dos elementos no solo, a maioria usa de algum princípio físico para estimar o atributo de interesse. Neste sentido, a integração de vários sensores em um único equipamento possibilitaria o levantamento de uma grande quantidade de dados gerando informações com uma alta densidade amostral em uma única operação. O objetivo deste trabalho foi montar e realizar os primeiros testes de uma plataforma multisensores de solo baseada em equipamentos comerciais com princípios de funcionamento elétrico, eletroquímico e óptico.

MATERIAL E MÉTODOS: O planejamento e montagem da plataforma multisensores de solo (PMS) foi realizado no Laboratório de Agricultura de Precisão da ESALQ/USP, em Piracicaba-SP. Para tanto, foram utilizados os equipamentos comerciais Mobile Sensor Platform (MSP) e Vis-NIR Spectrophotometer, ambos da empresa Veris Technologies (Salina, KS, EUA). Desta maneira, foi possível utilizar três princípios físicos para levantamento de dados de solo, sendo: a) Elétrico: condutividade elétrica aparente do solo (CE_a); b) Eletroquímico: eletrodos íon seletivos (ISE) para determinar o pH do solo; c) Óptico: espectroscopia de reflectância no visível e infravermelho próximo (Vis-NIR) que está relacionada com uma série de atributos do solo. A plataforma com todos os sensores (PMS) utilizou a estrutura original da MSP onde foram adaptados e fixados os equipamentos para aquisição dos dados espectrais do solo (Figura 1).



FIGURA 1. Plataforma multisensores de solo para aquisição de dados de condutividade elétrica, pH e espectroscopia de reflectância (Vis-NIR) do solo. **Soil multisensor platform to collect data of electrical conductivity, soil pH and spectral reflectance (Vis-NIR).**

A leitura e registro dos dados foi realizada de maneira independente para cada um dos sistemas, no entanto, é possível operar toda a plataforma a partir de um único computador. Para georreferenciamento de cada leitura utilizou-se um único receptor GNSS operando na frequência de 1Hz. Os dados das leituras de CE_a e pH foram armazenados em arquivos de texto (ASCII) em cartão SD e os dados de espectroscopia

diretamente no PC também em arquivos de texto. Os testes iniciais foram realizados na cidade de Campo Novo do Parecis – MT, em uma área de 138 hectares após a colheita da soja em março de 2016.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os testes da plataforma demonstraram que a operação dos três sistemas em conjunto na mesma estrutura é possível. A utilização em solos secos e compactados exige a adição de pesos na estrutura (Figura 2.1) para evitar a oscilação de profundidade dos discos de CE_a e da haste do espectrômetro. Como o amostrador de solo para mensurar o pH realiza ciclos e é forçado contra o solo a cada amostragem, pode suspender a plataforma em algumas situações. Ao mesmo tempo em que a adição de pesos mantém a estrutura fixa contra o solo, pode danificá-la caso o solo seja muito seco e compactado (Figura 2.2). De qualquer maneira, como o dimensionamento da estrutura foi planejado para suportar uma haste (pH) eram esperados alguns problemas estruturais com a adição da haste do espectrômetro. As aquisições espectrais em movimento mostram-se como o maior desafio do equipamento, onde a dinâmica da operação, desuniformidade do micro relevo e umidade do solo podem afetar diretamente a qualidade das leituras. Em situações de solo úmido e com alta concentração de argila (> 60%) podem ocorrer problemas de aderência do solo na janela de safira que realiza as leituras espectrais (Figura 2.3c). Um problema recorrente do amostrador de solo para as leituras de pH, sendo também relatado por Schirrmann et al. (2011) em solos da Alemanha, é o constante entupimento do orifício da haste de pH por onde o solo passa (Figura 2.4). Isso ocorre com maior frequência em áreas de plantio direto e quando há umidade na palhada, geralmente no início da manhã e final da tarde.

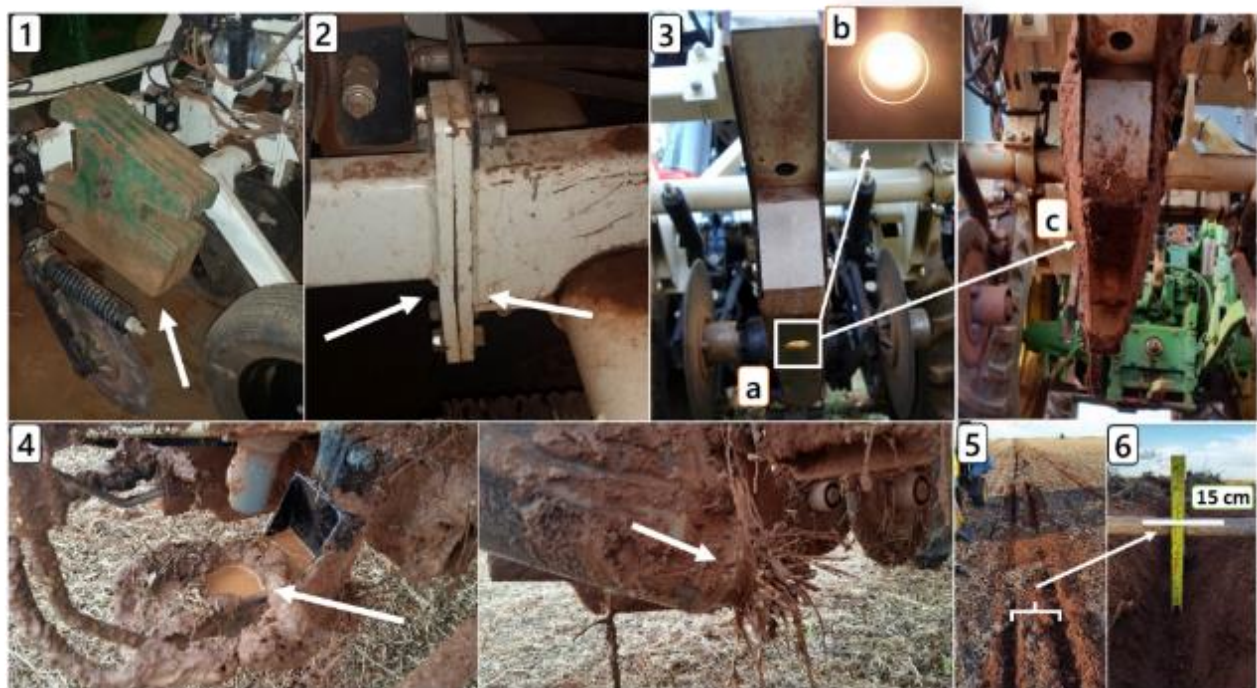


FIGURA 2. Visualização operacional e principais problemas enfrentados no campo com a plataforma multisensores de solo. 1- Adição de pesos na plataforma; 2 – Deformação da estrutura em virtude da adição de pesos e operação em solo seco e compactado; 3ab – Visualização da janela de safira onde são realizadas as leituras espectrais e; 3c - solo argiloso aderido à janela; 4 – Entupimento do orifício de entrada de solo no amostrador de pH; 5 – Sulcos deixados no solo pelas hastes da plataforma; 6 – Profundidade de operação das hastes. **Operational overview and main problems in the multisensor platform. 1- Adding weights to the platform; 2 – Structure deformation due the added weight and operation in dry compacted soil; 3ab - sapphire window view and 3c clay soil adhered to the window; 4 - Clogging of pH soil sampler; 5 - Platform tracks; 6 – Shank operating depth.**

As leituras realizadas pela plataforma permitem visualizar uma clara variabilidade na lavoura (Figura 3). Os dados de reflectância espectral e condutividade elétrica do solo estão sobretudo associados com as características físicas do solo, aparentemente ainda inalteradas por influência antrópica. Por outro lado, o pH apresenta um padrão diferenciado, acompanhando o sentido de operação da plataforma. A direção coincide com o sentido das operações de calagem e disposição dos terraços, indicando uma variabilidade possivelmente causada por operações realizadas ao longo dos 30 anos de cultivo na área.

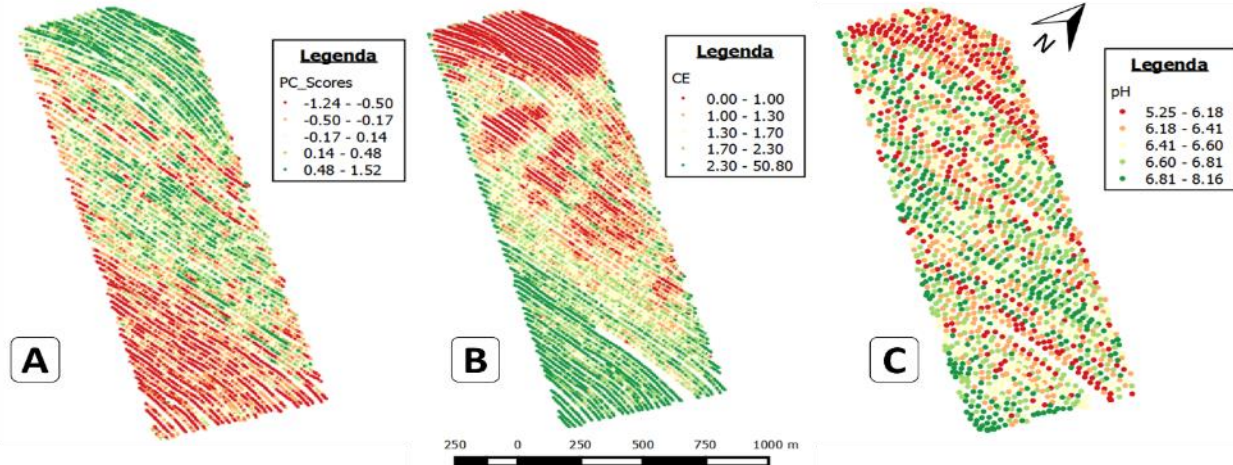


FIGURA 3. Visualização dos scores do segundo componente principal das leituras espectrais (A), condutividade elétrica aparente (0 – 30 cm; B) e pH do solo (C) em uma área de 138 hectares. **Data overview of second principal component scores of the spectral acquisitions (A), electrical conductivity (0 – 30 cm; B) and soil pH in a field of 138 hectares.**

CONCLUSÃO: A plataforma mostrou-se totalmente operacional do ponto de vista de funcionamento simultâneo dos sensores. Algumas melhorias devem ser realizadas para operações em solos muito secos e compactados com presença elevada de resíduos culturais. Este é um trabalho em andamento que tem o objetivo de avaliar o potencial de predição de atributos de solo utilizando esta plataforma.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) do Ministério da Ciência e Tecnologia por meio do Projeto PROSENSAP, ao CNPq (Processo número: 454180/2014-9) e FAPESP (Processo número: 2014/10737-3) pelo suporte financeiro, e ao grupo V-AGRO pelo suporte logístico e disponibilização da área para os testes.

REFERÊNCIAS: ADAMCHUK, V. I.; LUND, E. D.; REED, T. M.; FERGUSON, R. B. Evaluation of on-the-go technology for soil pH mapping. *Precision Agriculture*, v.8, n.3, p. 139-149, 2007.

CORWIN, D. L.; LESCH, S. M. Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, v.46, p.11-43, 2005.

EITELWEIN, M T.; TREVISAN, R. G.; COLAÇO, A. F.; RUDAN, M. V. I.; MOLIN, J. P. On-the-go measurements of pH in tropical soil. In: International Conference on Precision Agriculture, 13th, 2016, St. Louis – MO, USA.

EITELWEIN, M.T.; TREVISAN, R. G., HERNÁNDEZ, A. G.; RUDAN, M. V. I.; MALDANER, L. F.; MOLIN, J. P. Mapeamento do pH do solo em tempo real. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, XXXV, 2015, Natal-RN, Anais online.

KODAIRA, M.; SHIBUSAWA, S. Using a mobile real-time soil visible-near infrared sensor for high resolution soil property mapping. *Geoderma*, v. 199, p. 64-79, 2013.

MOLIN, J. P.; RABELLO, L. M. Estudos sobre a mensuração da condutividade elétrica do solo. *Engenharia Agrícola*, v.31, n.1, p.90-101, 2011.

MOUAZEN, A. M.; MALEKI, M. R.; DE BAERDEMAEKER, J.; RAMON, H. On-line measurement of some selected soil properties using a VIS–NIR sensor. *Soil & Tillage Research*, v. 93, n 1, p. 13–27, 2007.

SCHIRRMANN, M.; GEBBERS, R.; KRAMER, E.; SEIDEL, J. Soil pH Mapping with an On-the-Go Sensor. *Sensors*, v.11, n.1, p. 573-598, 2011.