

## AVALIAÇÃO DO USO DA ELETROCONDUTIVIDADE NA DETERMINAÇÃO DE ATRIBUTOS FÍSICOS DE DIFERENTES CLASSES DE SOLOS DO NOROESTE DO ESTADO DO PARANÁ.

Roney Berti de Oliveira <sup>1</sup>, Mariana Nunes de Paula <sup>2</sup>, Marcos Rafael Nanni<sup>2</sup>, Marcelo Luiz Chicati <sup>1</sup>,  
Mônica Sacioto Chicati <sup>2</sup> e Everson César <sup>2</sup>

1 Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Civil, Av. Colombo, 5790, Maringá-PR,  
rboliveira@uem.br, mlchicati@uem.br;

2 Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Agronomia, Av. Colombo, 5790, Maringá-PR,  
marianagronomi@gmail.com, mrnanni@uem.br, monicasacioto@gmail.com, eversoncezar@yahoo.com.br,

### 1. INTRODUÇÃO

#### RESUMO

A condutividade elétrica aparente (CEa) do perfil do solo pode ser utilizada como um indicador indireto de grande número de propriedades físicas e químicas dos solos. Vários sensores de CEa, comercialmente disponíveis podem ser eficientes e com baixo custo, obter grande quantidade de dados espacialmente definidos para descrever no campo a variabilidade espacial dos atributos, principalmente utilizados na atual agricultura de precisão. O objetivo desta pesquisa foi de relacionar os dados obtidos por um eletrocondutímetro EM38 com atributos físicos e químicos de 3 classes de solos representativos da região transicional entre as formações do Arenito Caiuá e Serra Geral no Noroeste do estado do Paraná. Por tanto foram realizadas várias leituras em transeptos que identificaram as variações na condutividade elétrica e as propriedades dos solos.

**Palavras-chave** — Condutividade elétrica, atributos do solo, EM-38

#### ABSTRACT

*The electrical conductivity (CEa) of the soil profile can be used as an indirect indicator of the great number of physical and chemical properties of soils. Several CEa sensors, commercially accessible can be useful and inexpensive, get large amount of spatially selected data to describe there is no spatial variable, the attributes, are currently used today. The objective of this study was to investigate the data of an EM38 electroconductor with physical and chemical attributes of 3 soil classes representative of the transitional region between the Caiuá Sandstone and Serra Geral Formations in the Northwest of the state of Paraná. Therefore, several readings were made in transects that identified the variations in the electrical conductivity and the properties of the soils*

**Keywords** — Electrical conductivity, soil attributes, EM-38

Métodos eficientes e com qualidade de exatidão para a leitura de propriedades de solo são importantes na atual contextualização da chamada agricultura de precisão. Sensores que possam coletar uma grande quantidade de dados em campo, sejam em um único ponto ou na forma de transeptos, podem ter grande vantagem sobre os métodos tradicionais que envolvem coleta e análise de amostras de solo. As vantagens podem incluir redução de custos, aumento da eficiência homem/hora além de obtenção de resultados de forma mais rápida. Segundo Sudduth<sup>[1]</sup> adiciona-se a esses fatos, o aumento da habilidade de obtenção de dados em quantidade maior de pontos amostrados quando comparados com métodos tradicionais de amostragens. Isso eleva a capacidade de obtenção e aumento da acurácia quando comparada com as medidas individuais realizadas no campo. A condutividade elétrica aparente (CEa) do perfil de solo é uma medida baseada no uso de sensores que podem fornecer um indicador indireto importantes propriedades físicas e químicas dos solos. Atualmente, conteúdo de argila, capacidade de troca de cationica (CTC), salinidade de solo, mineralogia de argila, tamanho e distribuição de poros, teores de umidade, compactação e conteúdo de sais solúveis são algumas das propriedades dos solos que são analisadas pelo uso da CEa [1, 2, 3, 4] uma vez essas propriedades interferem direta ou indiretamente na condutividade elétrica do solo. Existem, atualmente, vários tipos de sensores de CEa portáteis de campo que estão comercialmente disponíveis para na agricultura, sendo que alguns deles podem ser baseados em sistemas de eletrodos que necessitam entrar em contato com o solo e outros que utilizam a indução eletromagnética (IEM), não havendo portanto contato com o solo [5]. O EM38, basicamente é composto por uma barra de madeira projetada para conter dois polos que geram uma corrente eletromagnética indutora, fácil de ser transportada que possibilita a leitura de CEa diretamente no equipamento. Para implementar a aquisição de dados com esta unidade, pode ser acoplado um sistema automatizado de leitura digital que, além de registrar os dados, possibilita, desde que acoplado a um sistema de posicionamento global, a localização geográfica de cada leitura podendo ser

posteriormente construído mapas de CEa. A CEa pode ser utilizada para a estimativa indireta de diferentes propriedades dos solos que interferem na corrente eletromagnética. Em alguns casos, segundo Sudduth [5] as variações de CEa em uma determinada área agrícola pode ser específica a uma propriedade do solo predominando, desta forma, obter-se curvas de calibração para a propriedade específica. Portanto, este trabalho tem como objetivo a utilização de um eletrocondutivímetro portátil na possibilidade da estimativa e produção de mapas de distribuição de propriedades físicas e químicas dos solos em 3 classes de solos representativos do noroeste do Estado.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para este trabalho foram escolhidas quatro áreas de estudos em 2 locais distintos. A primeira área de estudo está localizada na Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI) da Universidade Estadual de Maringá (UEM), no município de Maringá, região noroeste do estado do Paraná (Latitude 23° 21' S e Longitude 52° 03' W). Os solos presentes na área de estudo foram classificados como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, ARGISSOLO VERMELHO Distrófico típico. O material de origem deste solo provém de resíduos intemperizados do Arenito Caiuá da Série São Bento no período Cretáceo. A outra área está localizada no Centro Técnico de Irrigação do Departamento de Agronomia (CTI), também localizada no noroeste do Estado, nas coordenadas (Latitude 23° 23' 57" S e Longitude 51° 57' 03" W). Os solos predominantes nesta área foram classificados como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico e NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico. Nas regiões de estudo, o tipo climático dominante é o Cfa na classificação de Köppen. O relevo é praticamente plano ou suave ondulado, com altitudes variando de 350-550 m [6].

Para aquisição dos dados foi utilizado um Condutivímetro Eletromagnético modelo EM 38 da Geonics Limited realizando mil leituras na vertical próximas aos solos, sendo todas armazenadas por um datalogger interligado. Cada área amostrada apresentou aproximadamente dez metros quadrados para representar a região das amostras de solos coletadas.

Para a aquisição dos dados na análise química, foram retiradas amostras de solo na profundidade de 0-20cm, ao longo das leituras, possibilitando maior confiabilidade nos dados. Após encaminhada ao laboratório devidamente identificados.

A determinação do teor de umidade do solo foi obtida conforme descrito por Embrapa [7]. A amostra não deformada coletada em uma estrutura de alumínio, com peso conhecido. Após sua pesagem, a amostra foi seca em estufa a uma temperatura de 105°C por 24 horas. Em seguida a este processo, uma nova pesagem foi realizada, identificando a umidade com base na diferença entre os pesos.

O teor de argila dispersa em água foi obtido colocando 50g do solo coletado em um recipiente de 250mL. Na sequência adicionado 125mL de água e o conteúdo foi agitado, deixando-o em repouso por 8 horas. Logo após, o conteúdo foi levado ao agitador e em seguida passou por uma peneira de 0,05mm, o conteúdo retido na peneira foi lavado até completar 1000mL de volume. O conteúdo foi agitado por 20 segundos, e posteriormente sifonado por 1 hora e meia e efetuada a leitura por um densímetro [7].

Com intuito de identificar a capacidade de troca catiônica (CTC) utilizou-se o método do KCl. Para tanto, 7,5g de solo foi pesado, colocando-o em erlenmeyer de 250mL e adicionando 150mL de KCl. O erlenmeyer foi vedado com uma rolha de borracha e agitado várias vezes ao dia em movimentos circulares.

Após a última agitação, o montículo formado na parte central no fundo do erlenmeyer foi desfeito e passará por repouso por uma noite. Posteriormente, foi pipetadas duas alíquotas de 50mL da parte sobrenadante da solução para um erlenmeyer de 200mL. Dessa forma, foi possível determinar o alumínio extraível, cálcio + magnésio e cálcio trocáveis [7].

Para verificar se houve a existência de uma relação funcional entre as leituras do condutivímetro e leituras das análises utilizou-se o software Sisvar para construção de modelos de regressão ajustado. O modelo foi definido pela variável dependente  $y$  como as propriedades físicas dos solos (teores de silte, argila, areia, umidade e matéria orgânica) e químicas (sais solúveis) e tendo-se como variável independente ( $x$ ) os valores de IEM obtidas pelo eletrocondutivímetro. Para estudar a existência de possíveis associações entre a condutividade elétrica medida em campo com o aparelho EM-38 e as propriedades físicas e químicas do solo, foram realizadas correlações de acordo com o PROC CORR [8].

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As coletas de amostra de solos foram realizadas nas entre linhas da cultura, para que a influência da adubação rotineira fosse a mínima possível, e para tanto foi aguardado um período de sem chuvas. As amostras representativas da área foram coletadas com profundidade de 0-20 cm com o trado.

No mesmo período das coletas de solos, também foi realizada a coleta de umidade de solo por meio de anel volumétrico utilizando-se da metodologia da Embrapa [7] e concomitantemente realizado a leitura utilizando o EM38 que é um sensor que faz a leitura da condutividade elétrica (Figura 1), sendo usado horizontalmente atingindo uma profundidade de leitura de até 40 cm no solo. O equipamento foi acoplado junto ao datalogger (coletor digital) para fazer a armazenagem dos dados que são gerados no mesmo, possibilitando assim um armazenamento mais confiável e organizado dos dados, além disso, o aparelho possibilita o acompanhamento das curvas geradas, já analisando a condutividade elétrica do solo.



Figura 1: EM38 (Adaptado VALERO, 2011) [9]

Foram realizadas 5423 leituras com o EM-38 acoplado no Datalog, assim na área 1 obteve 1429 leituras no solo classificado como Latossolo que estava anteriormente sendo cultivado por mandioca, sendo que nesta área o aparelho passou rente ao solo. Entretanto na área 2 com um solo classificado como Argiloso, com uma camada densa de argila, obteve-se 1126 leituras. Na área 3, de transição entre o Basalto e o Arenito alcançou 1720 leituras, e na área 4 o solo classificado como Nitossolo atingiu 1148 leituras. Observa-se a condutividade no solo no modo DMV e DMH, para se determinar qual material será o mais condutivo, ou se as leituras forem as mesmas chega-se a conclusão de que o solo é uniforme até a profundidade de aproximadamente 1,5 metros. Com o resultados das leituras obtidas temos uma média para definir a homogeneidade da área, porém o Datalog realiza em pouco tempo uma ampla variedade de leituras.

Na figura 2 é apresentado a correlação entre o teor de argila e a condutividade elétrica no solo.

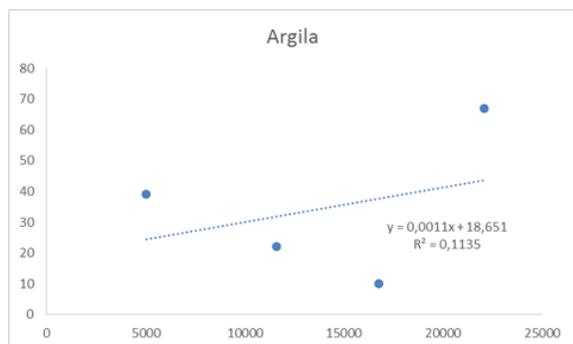


Gráfico 2- correlação de argila com a condutividade elétrica. Eixo x-representa a quantidade de amostra; Eixo y-representa o teor encontrado nas amostras

Conforme apresentados nos graficos acima, identificou-se uma baixa correlação dos atributos e a condutividade elétrica, conforme Valero [9], devido a classificação do solo e sua quantidade de água que nas particulas apresentaram baixa quantidade.

Na tabela 1 estão apresentadas as correlações entre condutividade elétrica e os atributos físicos e químicos do solo.

Tabela 1 – Correlação entre atributos do solo e a condutividade elétrica.

Atributos químicos e físicos	Equação	R <sup>2</sup>	r
Argila	y = 104,27x + 10031	0,1233	0,336889
Areia	y = -91,505x + 19318	0,1044	-0,31151
Silte	y = -667,75x + 15876	0,025	-0,205
pH Cacl	y = 1E-05x + 4,7035	0,0388	0,196904
Hidrogênio+ Alumínio	y = -3E-05x + 4,9374	0,0176	-0,1326305
Alumínio	y = -2E-05x + 0,5108	0,481	-0,69354
Cálcio	y = 3E-05x + 3,0511	0,1273	0,356823
Magnésio	y = 3E-05x + 0,5888	0,2634	0,513249
Potássio	y = 1E-05x + 0,3223	0,1185	0,34424
Carbono	y = 0,0002x + 7,7318	0,1434	0,378617
Fosforo	y = -0,0017x + 78,043	0,0309	-0,1759
Matéria orgânica	y = 0,0005x + 12,072	0,1943	0,440827
CTC efetiva	y = 6E-05x + 4,4731	0,0853	0,2920615
Saturação por Alumínio	y = 8E-05x + 3,9623	0,1826	0,419051
Soma de bases	y = 0,0004x + 47,299	0,1756	0,42735

R<sup>2</sup>- Coeficiente de determinação; r- Coeficiente de correlação.; x- condutividade elétrica do solo; y-atributos físicos e químicos do solo.

Conforme apresentado na tabela acima, baixos coeficientes de correlação foram obtidos para atributos físicos, sendo argila o atributo que apresentou maior coeficiente de correlação (r = 0,33). A falta de um modelo e de uma correlação que melhor descrevam os dados obtidos foi observada também por Valero [9]. Os maiores coeficientes de correlação foram obtidos para os atributos alumínio e magnésio (r = -0,69 e 0,51, respectivamente).

#### 4. CONCLUSÕES

Diante dos resultados, não foi possível a obtenção de um modelo de determinação, devido a não correlação entre a condutividade elétrica do EM-38 e os atributos físicos e químicos do solo.

#### 5. REFERÊNCIAS

[1] Sudduth, K.A., Hummel, J.W., Birrell, S.J., 1997. Sensors for site-specific management. In: Pierce, F.J., Sadler, E.J. (Eds.), The State of Site-Specific Management for Agriculture. ASA/CSSA/SSSA, Madison, WI, 183–210.

[2] McNeill, J.D., 1992. Rapid, accurate mapping of soil salinity by electromagnetic ground conductivity meters. In: Topp, G.C., Reynolds, W.D., Green, R.E. (Eds.), Advances in Measurement of Soil Physical Properties: Bringing Theory Into Practice. Spec. Publ. 30. SSSA, Madison, WI, 209–229.

[3] Rhoades, J.D., Corwin, D.L., Lesch, S.M., 1999. Geospatial measurements of soil electrical conductivity to assess soil salinity and diffuse salt loading from irrigation. In: Corwin, D.L., Loague, K., Ellsworth, T.R. (Eds.), Assessment of Non-point Source Pollution in the Vadose Zone. Geophysical Monograph 108 American Geophysical Union, Washington, DC, pp. 197–215.

[4] Cezar E. Nanni, M. R.; Demattê, J. A.; Chicati, M.; Oliveira, R. B. Estimativa de atributos do solo por meio de espectrorradiometria difusa. Rev. Bras. Ciê. Solos., 2009.

[5] Sudduth, K.A., Kitchen, N.R., 2005. Relating apparent electrical conductivity to soil properties across the north-central USA. *Comput. Elect. Agric.* 46, 263-283.

[6] EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). *Levantamento de Solos do Estado do Paraná*. Rio de Janeiro, 1984.

[7] EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, 1997. 1v.

[8] Statistica Analysis System Institute. SAS, software: user's guide, version 6.0, Cary, 1992.291p.

[9] VALERO, NINY J. V Ms. Universidade Estadual de Maringá, março de 2011. *Indução eletromagnética (iem) para estimar atributos de um Argissolo Vermelho distrófico*.