



Condutividade elétrica aparente no mapeamento da textura do solo

**Matheus Zulato de Borba⁽¹⁾; Onã da Silva Freddi⁽²⁾; Rodrigo Gonçalves Trevisan⁽³⁾;
Mateus Tonini Eitelwein⁽³⁾; José Paulo Molin⁽⁴⁾.**

⁽¹⁾ Graduando em Agronomia; Universidade Federal do Mato Grosso – Campus Universitário de Sinop (UFMT/CUS); Sinop, Mato Grosso; matheuszulatodeborba@gmail.com; ⁽²⁾ Professor Adjunto III; UFMT/CUS; ⁽³⁾ Pós-graduando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo (ESALQ – USP); ⁽⁴⁾ Professor Associado III; ESALQ – USP.

RESUMO: A condutividade elétrica aparente do solo tem sido utilizada como uma ferramenta de mapeamento que se correlaciona satisfatoriamente com os atributos físicos e químicos do solo. O trabalho teve como objetivo avaliar a capacidade da condutividade elétrica aparente em estimar a textura e auxiliar no mapeamento do solo. Os dados de textura do solo e de condutividade elétrica aparente, obtidos pelo sensor Veris 3100[®], foram submetidos à análise de regressão linear simples. As medidas de condutividade elétrica aparente do sensor se relacionaram satisfatoriamente com as frações argila e areia do solo, com R^2 de 0,88 e 0,92, respectivamente. Com isso a condutividade elétrica aparente do solo pode ser utilizada para gerar mapas de textura, sem a necessidade de coleta e análise de grande número de amostras de solo.

Termos de indexação: Sensores de solo, variabilidade espacial, agricultura de precisão.

INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca mundialmente como uma grande potência produtora na área agrícola. A crescente exigência de que se produza mais e com maior qualidade na área já utilizada impulsiona a busca por novas práticas de gerenciamento das lavouras. Nesse contexto a agricultura de precisão (AP) vem sendo adotada, buscando a otimização dos recursos produtivos a partir do conhecimento da variabilidade espacial.

A AP preconiza que o manejo das lavouras pode ser melhor conduzido se a variabilidade espacial da produtividade e dos fatores a ela relacionados forem conhecidos (Molin et al., 2005). Segundo Andrade et al. (2005), a caracterização da variabilidade espacial é essencial para o entendimento das inter-relações entre atributos do solo e para a adoção da AP.

A condutividade elétrica aparente do solo (CE_a), é uma propriedade que se relaciona indiretamente com diversos atributos do solo. É crescente o seu uso para caracterizar a variabilidade espacial com aplicações em AP, por ser de fácil uso e apresentar alta confiabilidade (Corwin & Lesh, 2003).

A mensuração da CE_a pode ser feita por contato direto, geralmente utilizando-se de discos de corte, que penetram o solo, como eletrodos de fluxo de corrente elétrica, captando a condutividade elétrica aparente do solo a uma profundidade diretamente proporcional à distância entre os discos; ou sem contato com o solo, por indução eletromagnética (Molin & Rabello, 2011). Sudduth et al. (2005) constataram boas correlações entre a CE_a e a argila, observando correlações positivas com coeficientes de determinação de até 74%.

Becegato (2005) verificou, em solos de diferentes texturas, correlação negativa entre a argila e a resistividade elétrica do solo, deixando evidente que quanto maiores os teores de argila, maior é a facilidade com que a corrente elétrica transita, ao contrário do solo mais arenoso, que impõe maior resistência à passagem da corrente.

A CE_a determinada com o uso de equipamento móvel, associada a sistemas de navegação global por satélites (GNSS), permite amostragem rápida e com maior número de leituras por área quando comparada com outros métodos que descrevem a variabilidade espacial, economizando tempo e produzindo um melhor detalhamento da área (Machado et al., 2006).

A grande estabilidade temporal torna a textura um elemento de grande importância na descrição, identificação e classificação do solo (Luchese et al., 2002). Atributos com essas características são preferidos para a definição de unidades de gerenciamento diferenciado dentro dos talhões (Castro & Molin, 2004).

Contudo, como a CE_a está relacionada a diferentes atributos do solo como compactação, mineralogia, umidade e textura, faz-se necessária a calibração local dos dados de CE_a com valores conhecidos dos atributos a serem mapeados (Adamchuck, 2004).

Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar a capacidade da CE_a em estimar a textura e auxiliar no mapeamento do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em áreas comerciais de produção de grãos e fibras localizadas em Campo Verde – MT. Utilizou-se



três talhões, com uma área total de 500 ha. O primeiro talhão apresenta predominantemente solo do tipo Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, de textura média, enquanto que nos outros dois talhões há predominância de Neossolos Quartzarênicos (EMBRAPA, 2013).

Os dados de condutividade elétrica aparente do solo (CE_a) foram coletados em janeiro de 2015, usando-se o sensor modelo Veris 3100®. Adotou-se o espaçamento de 12 m entre as faixas, velocidade de 4 m s⁻¹ e taxa de aquisição de 1 Hz. Os dados coletados referem-se a camada de 0 – 0,30 m e foram georreferenciados com auxílio de um receptor GNSS, o que produziu cerca de 200 pontos ha⁻¹.

Os dados brutos foram filtrados para remoção de erros e interpolados por krigagem, usando o pacote gstat no software estatístico R (R Core Team, 2015). Após a elaboração dos mapas, alocou-se 30 pontos na área, que representassem toda a variabilidade exibida na CE_a .

As amostras de solo foram coletadas com trado holandês, na profundidade 0-0,30 m, com três subamostras em um raio inferior a 5 m e enviadas ao Laboratório de Solos da Universidade Federal do Mato Grosso, Campus de Sinop.

Após o recebimento e triagem das amostras, estas foram secadas e peneiradas com malha de 2 mm de diâmetro. Em seguida procedeu-se a análise granulométrica segundo o método descrito em Embrapa (1997).

Os dados foram submetidos à análise de regressão linear simples, considerando a CE_a como variável independente e cada uma das três classes granulométricas como variáveis dependentes. A predição da distribuição espacial das frações granulométricas do solo foi realizada utilizando-se os mapas de distribuição espacial da CE_a e as equações estabelecidas nas análises de regressão linear.

Adotou-se como parâmetros da qualidade do ajuste os valores do coeficiente de determinação (R^2) e da raiz quadrada do erro quadrático médio (RMSE). Todas as análises foram executadas com o auxílio do software estatístico R, versão 3.1.3 (R Core Team, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de argila apresentaram amplitude de mais de 400 g kg⁻¹, com desvio padrão de 114 g kg⁻¹ (Tabela 1), evidenciando que nas áreas estudadas estão presentes solos de diferentes classes texturais.

Tabela 1 – Análise descritiva dos dados das frações texturais e da condutividade elétrica dos solos estudados em Campo Verde – MT.

Variável ⁽¹⁾	Média	Mín.	Máx.	D.P.	C.V. (%)
Areia (g kg ⁻¹)	770	428	912	134	17
Silte (g kg ⁻¹)	62	17	141	28	46
Argila (g kg ⁻¹)	168	51	465	114	68
CE_a (mS m ⁻¹)	2,72	0,43	7,34	2,08	76

⁽¹⁾ CE_a : condutividade elétrica aparente do solo; Mín: Mínimo; Máx: Máximo; D.P.: Desvio Padrão; C.V.: Coeficiente de variação.

Os resultados das análises de regressão linear entre os valores das frações texturais e os de condutividade elétrica aparente apresentaram coeficientes de determinação de 0,92 para areia, 0,88 para argila e 0,58 para silte.

A relação entre o teor de areia e a CE_a foi negativa (Figura 1), pois o aumento no teor de areia provoca a redução dos valores de CE_a . Resultados semelhantes também foram observados por Sudduth et al. (2005) ao estudarem a correlação entre textura e CE_a .

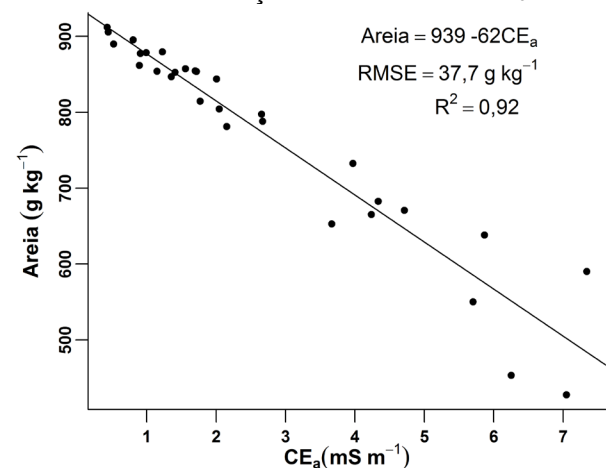


Figura 1 – Resultado da análise de regressão linear entre o teor de areia e a condutividade elétrica aparente do solo (CE_a).

A relação entre a condutividade elétrica aparente e o teor de argila foi positiva (Figura 2), ou seja, quanto maior o teor de argila maior é o valor da CE_a , sendo que 88 % da variação no teor de argila pode ser explicada pela variação na CE_a . Machado et al. (2006) também constataram em seus estudos que a condutividade elétrica apresentou boa relação com os valores de argila de um Latossolo Vermelho distrófico.

É importante ressaltar que as equações de regressão apresentadas são válidas apenas nas condições em que os dados foram coletados, não devendo ser extrapoladas para outras situações. Nas condições deste trabalho, observa-se que o valor máximo de areia que o sensor foi capaz de detectar foi de 939 g kg⁻¹, e o valor mínimo de

argila foi de 27 g kg^{-1} , obtendo-se valores nulos de CE_a fora desses limites.

Pode-se observar que a dispersão dos pontos em torno da reta ajustada é pequena nos menores valores de CE_a e que existem pontos mais distantes da reta quando os valores de CE_a aumentam. Essa dispersão pode estar associada aos outros fatores já citados que influenciam na CE_a , principalmente umidade e compactação do solo, que apresentam variações mais evidentes nos solos com maior teor de argila.

Mesmo com a presença de alguns pontos distantes da reta ajustada, os valores da raiz quadrada do erro quadrático médio foram inferiores a 40 g kg^{-1} para areia e argila, o que confirma a qualidade das predições realizadas pela CE_a .

O desempenho inferior observado na predição do teor de silte está relacionado ao baixo desvio padrão dessa variável em comparação com as demais, ou seja, o teor de silte foi relativamente constante se comparado ao teor de areia ou argila.

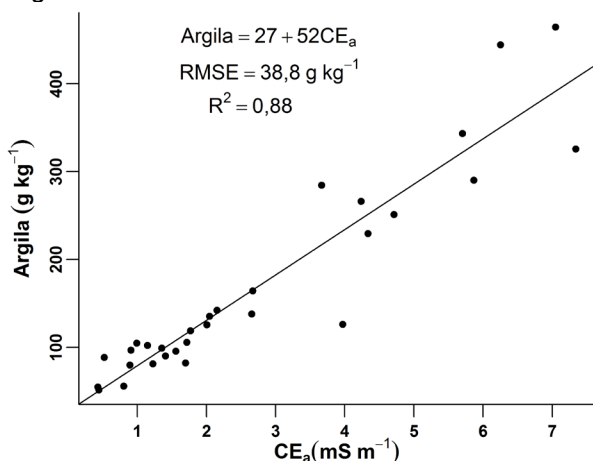


Figura 2 – Resultado da análise de regressão linear entre o teor de argila e a condutividade elétrica aparente do solo (CE_a).

Além disso, o método de análise laboratorial utilizado não apresenta a mesma exatidão para a fração silte, pois ao obter o valor da silte por diferença, não distribui o erro experimental entre todas as frações, acabando por superestimar a fração silte (Ruiz, 2005).

Observa-se que os mapas produzidos são ricos em detalhes (**Figura 3**), tornando evidente a presença de variabilidade espacial em diferentes escalas, desde a grande porção de solos com teor de argila inferior a 80 g kg^{-1} na parte superior direita da **figura 3.c**, até as pequenas regiões com teor de argila superior a 160 g kg^{-1} no restante da mesma área.

No talhão cujo solo é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo (**Figura 3.a**), observa-se que apesar do predomínio de textura média, existem regiões com textura argilosa e até

mesmo muito argilosa, o que traz implicações para o manejo desse talhão e reforça a importância de se conhecer a variabilidade espacial presente na área.

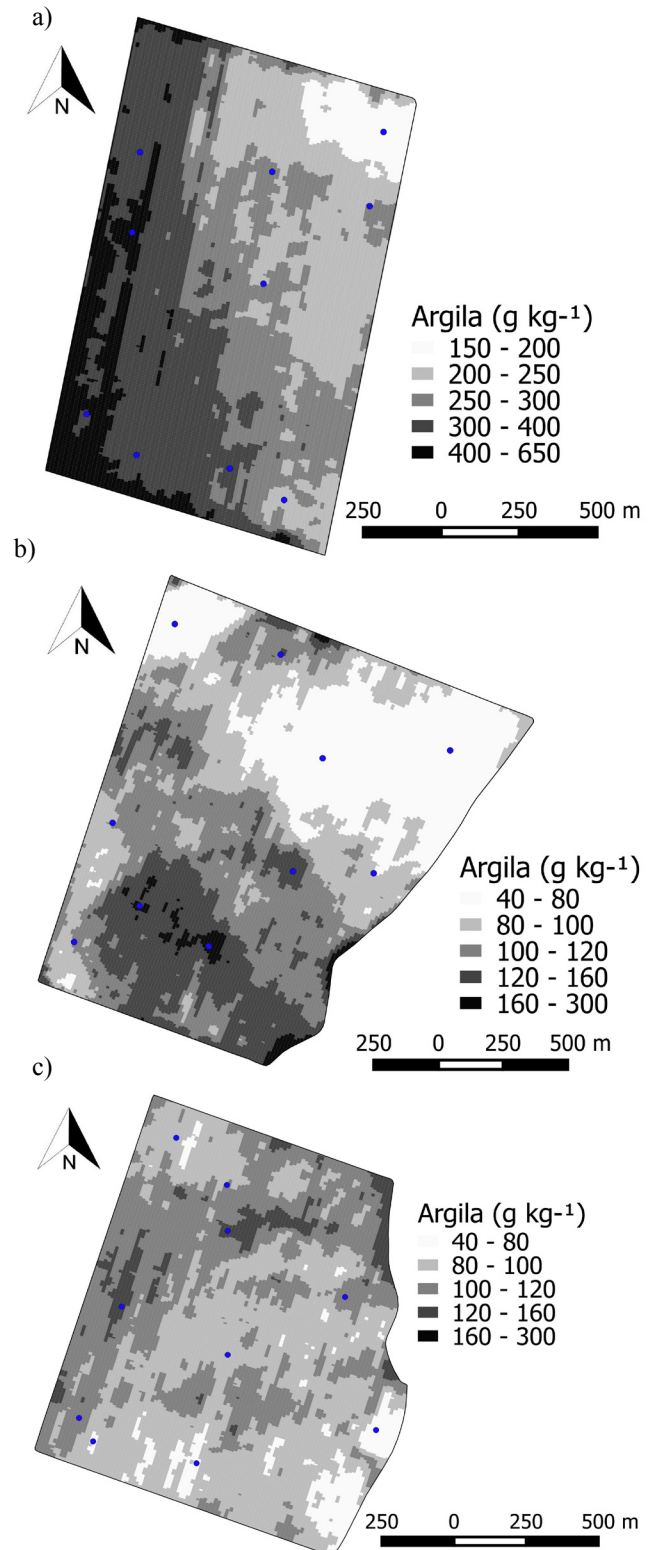


Figura 3 – Mapas da variabilidade espacial dos teores de argila e localização dos pontos amostrais, em azul, nas áreas estudadas em Campo Verde – MT.



CONCLUSÕES

A condutividade elétrica aparente do solo foi capaz de explicar 92 e 88% da variação observada nos teores de areia e argila, respectivamente, podendo ser utilizada como variável auxiliar para o mapeamento da textura do solo em alta densidade.

AGRADECIMENTOS

Ao Grupo Bom Futuro pela disponibilização das áreas e apoio na realização dos experimentos.

REFERÊNCIAS

ADAMCHUK, V. I.; HUMMEL, J. W.; MORGAN, M. T. et al. On-the-go soil sensors for precision agriculture. In: FOSTER, M. A. et al. ed. Computers and electronics in agriculture, 44(1): 71-91, 2004.

ANDRADE, A. R. S.; GUERRINI, I. A.; GARCIA, C. J. B. et al. Variabilidade espacial da densidade do solo sob manejo da irrigação. In: CIÊNCIA AGROTECNOLOGIA. Minas Gerais: Lavras, 29(2): 322-329, 2005.

BECEGATO, V. A. Aplicação de técnicas geofísicas e geoquímicas em duas glebas agrícolas do noroeste do estado do Paraná e suas relações com fertilizantes fosfatados. Tese de doutorado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2005. 198p.

CASTRO, C. N. & MOLIN, J. P. Definição de unidades de gerenciamento do solo através da sua condutividade elétrica e variáveis físico-químicas utilizando classificação Fuzzy. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, Piracicaba, 2004.

CORWIN, D. L. & LESCH, S. M. Application of soil electrical conductivity to precision agriculture. Agronomy Journal, 95(3):455-471, 2003.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Embrapa, 1997.

LUCHESE, E. B.; FAVERO, L. O. B. & LENZI, E. Fundamentos da química do solo. 2.ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2002. 159 p.

MACHADO, P. L. O. de.; BERNARDI, A. C. C.; VALENCIA, L. I. O. et al. Mapeamento da condutividade elétrica e relação com a argila de Latossolo sob plantio direto. Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira, 41:1023-1031, 2006.

MOLIN, J. P.; GIMENEZ, L. M.; PAULETTI, V. et al. Mensuração da condutividade elétrica do solo por indução e sua correlação com fatores de produção. Revista Engenharia Agrícola, 25:420-426, 2005.

MOLIN, J. P. & RABELLO, L. M. Estudos sobre a mensuração da condutividade elétrica do solo. Revista Engenharia Agrícola, 31:90-101, 2011.

RUIZ, H. A. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (silte + argila). Revista Brasileira de Ciências do solo, 29:297-300, 2005.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2015.

SUDDUTH, K. A.; KITCHEN, N. R.; WIEBOLD, W. J. et al. Relating apparent electrical conductivity to soil properties across the north-central USA. Revista Computers and Electronics in Agriculture, 46(1):263-283, 2005.