

CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DO SOLO E SUA RELAÇÃO COM OS ATRIBUTOS QUÍMICOS E A PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO MILHO

LUAN PIERRE POTT¹, TELMO JORGE CARNEIRO AMADO², DOUGLAS DALLA NORA³
FABIANO MAURÍCIO TABALDI⁴, LUIZ HENRIQUE MORO ROSSO⁵

1 Graduando em Agronomia UFSM, Santa Maria, RS, luanpierreott@hotmail.com

2 Professor Titular do Curso de Pós-Graduação em Ciências do Solo, UFSM; - Bolsista CNPq, RS, florestatel@hotmail.com;

3 Pós-graduando em Ciência do solo, UFSM; douglasdnpg@gmail.com

4 Pós-graduando em Agricultura de precisão, UFSM; fabianotabaldi@gmail.com

5 Graduando em Agronomia UFSM, Santa Maria, RS, lhmrosso@gmail.com

Apresentado no

Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2014
14 a 17 de setembro de 2014- Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO: O solo é um sistema aberto, frágil e coloidal, havendo uma elevada variabilidade espacial dependente de uma série de fatores que atuam conjuntamente. Nesse contexto, o presente trabalho teve o objetivo de determinar a condutividade elétrica de um Latossolo manejado sob plantio direto consolidado através do uso de um sensor e relacionar esse índice com os atributos químicos do solo e com a produtividade da cultura do milho (*Zea mays*). A condutividade elétrica foi avaliada com uso do sensor Veris[®] 3100, para as profundidades de 0-30 cm e 0-90 cm. As avaliações edáficas foram realizadas no ano agrícola de 2012/13. As amostras de solo foram coletadas a partir de uma malha amostral de dois ha utilizando o software FarmWorks (Trimble[®]), totalizando 23 amostras de solo. Os parâmetros químicos do solo e a condutividade elétrica foram comparados pelo método de regressão múltipla do tipo 'stepwise'. A variação da CE e da produtividade do milho foi determinada por regressão. A CE da área para a camada de 0-30 cm foi explicada pelos fatores V% e Mg e para a camada de 0-90 cm pelo fator soma de base (SB). O aumento da produtividade da área apresentou ajuste quadrático com o aumento da CE em ambas as profundidades avaliadas.

PALAVRAS-CHAVE: Latossolo, Veris[®] 3100, saturação por bases

ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF THE SOIL AND ITS RELATIONSHIP WITH CHEMICAL ATTRIBUTES AND YIELD OF MAIZE

ABSTRACT: Soil is an open, fragile and colloidal system, with a high spatial variability dependent on a number of factors acting together. In this context, the present study aimed to determine the electrical conductivity of a consolidated Latossolo managed under no-tillage through the use of a sensor and correlate this index with soil chemical properties and productivity of maize (*Zea mays*). The electrical conductivity was measured using the Veris[®] 3100 sensor to depths of 0-30 cm and 0-90 cm. The soil evaluations were carried out in the agricultural year 2012/13. Soil samples were collected from a sample grid two ha using FarmWorks software (Trimble[®]), totaling 23 soil samples. Chemical parameters of the soil and the electrical conductivity were compared by means of multiple regression of type 'stepwise'. The variation of EC and corn yield was determined by regression. The EC area for the 0-30 cm layer was explained by factors base saturation (V%) and Mg and the layer of 0-90 cm by the factor sum of base (SB). The increased productivity of the area showed a quadratic fit with increasing EC at both depths evaluated.

KEYWORDS: Oxisol, Veris[®] 3100, base saturation

INTRODUÇÃO: Na agricultura atual, busca-se cada vez mais a utilização de equipamentos que permitam obter dados mais precisos e com maior eficiência para correlaciona-los a outras propriedades de difícil obtenção, visando à redução de gastos, tempo e aumento de produtividade. Nesse contexto, tem crescido o interesse por métodos que permitam determinar a variabilidade espacial de atributos do solo de maneira rápida e barata, de forma a proporcionar a obtenção de um grande número de medidas por unidade de área, como a condutividade elétrica do solo (CE) (MACHADO et al., 2006). A CE é medida pela indução eletromagnética dos solos, podendo ser realizada com contato ou sem contato com o mesmo (MOLIN et al., 2005). O sistema por contato direto, penetra no solo geralmente utilizando eletrodos de fluxo de corrente elétrica através de discos de corte lisos que captam a condutividade elétrica a uma profundidade diretamente proporcional aos espaçamentos entre os eletrodos. Um equipamento que utiliza esse princípio de funcionamento é o Veris[®] 3100 (Veris Thecnologies, Salina, KS, EUA) que fornece valores de condutividade elétrica sem nenhuma calibração (MACHADO et al., 2006). Este equipamento realiza simultaneamente medições nas profundidades de 0-30 e 0-90 cm, armazenando os dados em $mS\ m^{-1}$. Neste contexto o presente trabalho teve como objetivo determinar a condutividade elétrica de um Latossolo pelo uso de um sensor e relacionar esse índice com os demais parâmetros químicos do solo juntamente com a produtividade da cultura do milho.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi conduzido no município de Carazinho, cujas coordenadas geográficas são $28^{\circ}19'1.5''S$; $52^{\circ}43'30''W$; em torno de 560 metros de altitude, na área comercial da Fazenda Estância Nova. A área vem sendo manejadas por mais de 20 anos no Sistema de Plantio Direto (SPD) com a rotação das culturas de trigo e aveia preta no inverno; e soja e milho no verão. O clima do local corresponde à subtropical úmido (Cfa), segundo a classificação de Köppen. O solo predominante é Latossolo Vermelho, com textura argilosa (Embrapa, 2006). As avaliações foram realizadas durante a safra agrícola de 2012/13 na cultura do milho, com área total do experimento de 42 ha. O mapeamento de condutividade elétrica foi realizado no dia 13 de maio de 2013 com o equipamento VERIS 3100 (Veris[®] Technologies, EUA) o qual realiza uma leitura por segundo. Para este trabalho utilizou-se a largura aproximada de 15 metros entre faixas, resultando em um acumulado de 3200 pontos de leitura, média de 76 pontos ha^{-1} . As amostras de solo para correlação com CE foram estipuladas a partir de uma malha amostral de dois ha utilizando o software FarmWorks (Trimble), sendo coletadas na profundidade de 0-15 cm. Ao total foram 23 amostras de solo compostas de oito subamostras distantes cinco metros ao entorno do ponto central. As amostragens foram realizadas com trado calador utilizando de um GPS Garmin como georreferenciador dos pontos amostrais. Para a obtenção do mapa de produtividade do milho, foi utilizado o Sensor de produtividade (Stara S/A) associado ao receptor GPS Novatel[®] com sinal diferencial Omnistar[®]. Todo o sistema de monitoramento foi instalado sobre uma colhedora New Holland TC59 que realiza a leitura de 170 pontos ha^{-1} . A data de colheita da cultura foi 27 de fevereiro de 2013. A análise de regressão múltipla pelo método “stepwise” foi realizada pelo procedimento PROC REG do programa SAS (2009) para verificar as associações e interdependências entre a condutividade elétrica e o grupo de variáveis relacionadas a parâmetros químicos do solo. O grau de significância para o F foi de 15% de probabilidade para a inclusão das variáveis no modelo. A relação entre a CE nas diferentes profundidades e a produtividade do milho foi comparada por meio de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A variação da CE está relacionada, principalmente, aos atributos químicos e físicos do solo, são eles: teor de argila, umidade do solo, elementos químicos, presença de sais, teor de matéria orgânica, entre outros. No experimento a CE na camada de 0-30 cm apresentou coeficientes de regressão positivos significativos com os fatores saturação por bases e teor de magnésio, esses fatores explicaram 83% da variação da CE ao longo da área experimental (Tabela 1). Analisando os fatores V% e Mg isoladamente, foi observado aumento linear altamente significativo entre esses componentes e a CE da camada de 0-30 cm (Figura 1). A CE da camada de 0-90 cm apenas apresentou coeficiente de regressão positivo significativo com o fator soma de bases do solo, este fator explicou 78% da variação da CE na profundidade de 0-90 cm (Tabela 1). Observando os resultados apresentados na Figura 2, nota-se que o aumento da CE ocorre de forma linear com o aumento da soma de bases do solo. Foi verificada relação significativa entre o aumento da produtividade de milho com o aumento da CE em ambas as camadas avaliadas pelo sensor (Figura 3). As equações ajustadas, para ambas as profundidades de leitura da CE, seguiram modelos quadráticos.

Entretanto, a relação da produtividade com a CE da camada de 0-90 cm apresentou o maior coeficiente de determinação ($R^2 = 0,68$).

Tabela 1. Coeficientes de regressão múltipla pelo método “stepwise” entre os atributos químicos do solo e a condutividade elétrica das camadas de 0-30 e 0-90 cm.

Prof. da CE	Intercepto	pH	Al	H+Al	Ca	Mg	K	CTC efetiva	CTC pH 7	SB	P	V	m	Argila	MO	Teste F	R ² modelo
					cmol _c dm ⁻³						mg dm ⁻³	%		g.Kg ⁻¹			
	a	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	b9	b10	b11	b12	b13	b14		
0-30 cm	-2,575	-	-	-	-	0,1	-	-	-	-	-	2,1	-	-	-	3,65*	0,83
R ² parcial		-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	0,8	-	-	-		
0-90 cm	-0,973	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	13,17*	0,78
R ² parcial		-	-	-	-	-	-	-	-	0,8	-	-	-	-	-		

Al- Alumínio; H+Al- Ácidez potencial; Ca- Cálcio; Mg- Magnésio; K- Potássio; SB- Soma de bases; P- Fósforo; V%- Saturação por Bases; m%- Saturação por Al; MOS- Matéria Orgânica do Solo; R²- Coeficiente de determinação; *Significativo a 5% de probabilidade; CE = a + b₁pH + b₂Al + b₃H+Al + b₄Ca + b₅Mg + b₆K + b₇CTC_{efetiva} + b₈CTC_{pH7,0} + b₉SB + b₁₀P + b₁₁V% + b₁₂m% + b₁₃Argila + b₁₄MOS

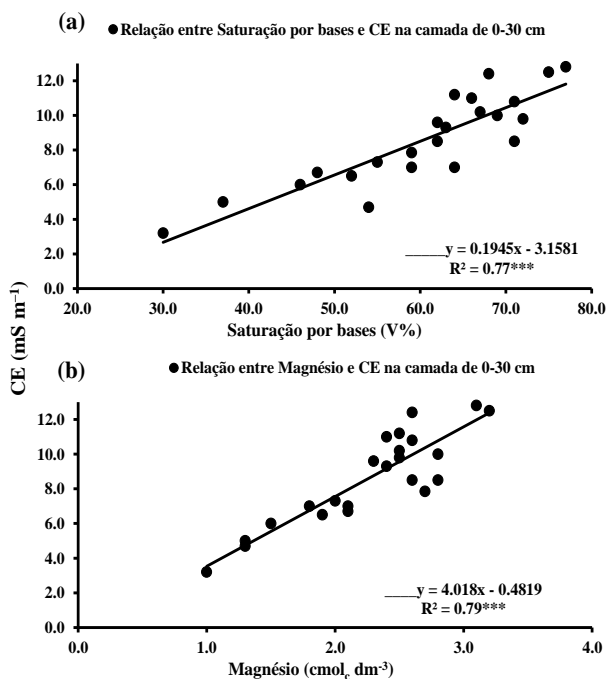


Figura 1. Relação entre a condutividade elétrica ($mS m^{-1}$) na camada de 0-30 cm com a Saturação por bases (V%) e o teor de magnésio do solo.

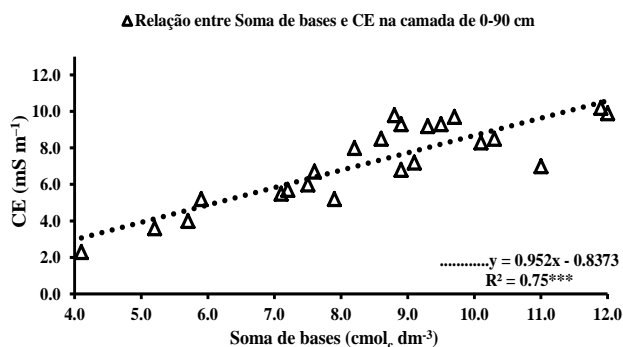


Figura 2. Relação entre a condutividade elétrica ($mS m^{-1}$) da camada de 0-90 cm com a soma de bases do solo (SB).

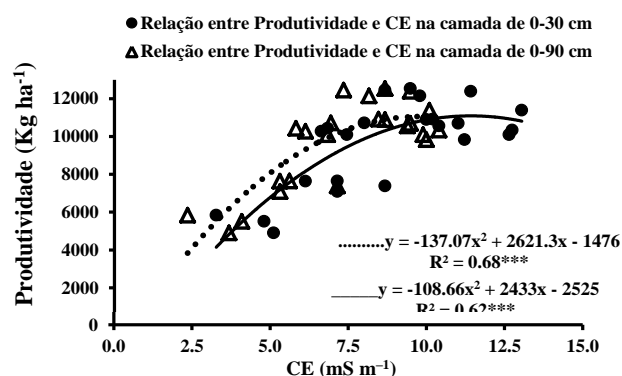


Figura 3. Relação entre a produtividade do milho (Kg ha^{-1}) e a condutividade elétrica (mS m^{-1}) do solo na camada de 0-30 cm e na camada de 0-90 cm.

CONSIDERAÇÕES FINAIS: O mapeamento da CE é adequado para delinear a variabilidade espacial de características do solo. Em um solo com baixa variação espacial dos teores de argila, esse parâmetro não explica a variação da CE, entretanto ela passa a ser explicada pelos cátions trocáveis do solo e sua saturação na CTC. A variação da condutividade elétrica nas camadas de 0-30 cm e 0-90 cm de profundidade, explicaram a alteração da produtividade do milho no experimento estudado.

REFERÊNCIAS

- 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, 2004, Piracicaba. Piracicaba: USP/ESALq, 2004.
- DORIA FILHO, U. **Introdução a bioestatística:** para simples mortais. São Paulo: Negócio, 1999, 152 p.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 2 ed. Embrapa- CNPS, Rio de Janeiro, RJ, Brazil. 2006.
- FAULIN, G. C. **Variabilidade espacial do teor de água e sua influência na condutividade elétrica do solo.** 2005. 52 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.
- MACHADO, P.L.O.A. et al. Mapeamento da condutividade elétrica do solo e relação com os teores de argila de um Latossolo Vermelho sob plantio direto no Paraná. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, n.6, p.1.023-1.031, 2006.
- McBRIDE, R.A.; GORDON, A.M.; SHRIVE, S.C. Estimating forest soil quality from terrain measurements of apparent electrical conductivity. *Soil Science Society of American Journal*, v. 54, p. 290-3, 1990.
- MOLIN, J.P.; CASTRO, C.N. Establishing management zones using soil electrical conductivity and other soil properties by the fuzzy clustering technique. *Scientia Agricola*, v.65, p.567-573, 2008.
- MOLIN, J.P. et al. Mensuração da condutividade elétrica do solo por indução e sua correlação com fatores de produção. *Engenharia Agrícola*, v. 25, n. 2, p. 420-426, 2005.
- RABELLO, L.M. **Condutividade elétrica do solo, tópicos e equipamentos. Embrapa 2009.** In: Instrumentação Agropecuária São Carlos, SP, 2009, (Boletim Técnico, 43)
- SAS INSTITUTE. SAS/SAT: **user's guide:** version 9.2. Cary, 2009. 1848 p.
- SIRI-PRIETO, G. et al. The world's oldest cotton experiment: relationships between soil chemical and physical properties and apparent electrical conductivity. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 37, p. 1-20, 2006.