

## VARIABILIDADE ESPACIAL DOS NÍVEIS DE pH DO SOLO E SUA INFLUÊNCIA NA PRODUTIVIDADE DA CULTURA DE SOJA

JUAN JOSE BONNIN<sup>1</sup>, RUBEN FRANCO IBARS<sup>2</sup>, PEDRO ANIBAL VERA OJEDA<sup>3</sup>,  
MARIA GLORIA CABRERA<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Doutor, Faculdade de Ciências Agrárias/UNA, Fone 595-985-229-061, jose.bonnin@hotmail.com

<sup>2</sup> Mestre, Faculdade de Ciências Agrárias/UNA, Fone 595-971-151-445, rubenf27@yahoo.mx

<sup>3</sup> Mestre, Faculdade de Ciências Agrárias/UNA, Fone 595-992-686193, pedrovera20@gmail.com

<sup>4</sup> Doutora, Faculdade de Ciências Agrárias/UNA, Fone 595-982-899-727, ayacabreara@hotmail.com

Apresentado no

XLV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2016  
24 a 28 de julho de 2016 - Florianópolis - SC, Brasil

**RESUMO:** O presente trabalho teve por objetivo estudar a variabilidade espacial dos níveis de pH do solo e a sua influência na produtividade da cultura da soja, em lavoura comercial com plantio direto consolidado, em um Luvissole, localizado no Distrito de Villeta (Paraguai). Foi realizada uma amostragem de solo georeferenciada, numa superfície de 21,03 ha, coletaram-se 30 amostras compostas, a uma profundidade de 0,00-0,20 m. Os dados de pH coletados através do trado foram enviados no laboratório. As produtividades, foram coletadas em células amostrais de 3 m<sup>2</sup>, nas mesmas coordenadas geográficas dos pontos das amostras do pH. Para analisar os dados, realizou-se, uma análise exploratória a fim de descrever os parâmetros estatísticos, também foi realizada uma análise de correlação de Pearson e uma análise espacial (CR-Campeiro<sup>7</sup>), para se identificar a estrutura da dependência espacial entre as amostras, através do semivariograma experimental ajustado. Não foi possível detectar uma correlação entre os valores de pH e a produtividade da soja. As variáveis estudadas apresentavam dependência espacial moderada. Na avaliação do pH, verificou-se que 55,83% da área em estudo, apresentava uma classificado de solo muito ácido e a produtividade mais representativa foi de 3.335,14 a 4.267,17 kg.ha<sup>-1</sup>, em 43,89% da área total.

**PALAVRAS-CHAVE:** Soja, potencial hidrogeniônico, agricultura de precisão.

## SPATIAL VARIABILITY OF PROFITABILITY AND PRODUCTIVITY FOR SOYBEAN CULTURE

**ABSTRACT:** The study was conducted in order to study the spatial variability of soil pH levels and the influence of these on soybean yield in a commercial crop in established no-tillage, in Alfisol, located in the district of Villeta (Paraguay). Georeferenced soil sampling was performed on an area of 21.03 there is collected composite samples is 30, a depth of 0.00 to 0.20 m. The pH data collected directly by means of auger and sent to the laboratory. Yields were collected in sample cell 3 m<sup>2</sup>, in the same geographical coordinates of the sampling points of the pH. To analyze the data, it was held an exploratory analysis to describe the statistical parameters was also performed Pearson correlation analysis and spatial analysis (CR-Campeiro<sup>7</sup>) to identify the structure of spatial dependence among samples by adjusted semivariogram. It was not possible to detect a correlation between the pH and soy productivity. The variables studied had moderate spatial dependence. At pH evaluation, it was found that 55.83% of the area under study had a rated very acidic soil and the most representative yield was 3335.14 to 4267.17 kg / ha in 43.89% of total area.

**KEYWORDS:** Soybean, hydrogen potential, precision agriculture

**INTRODUÇÃO:** O potencial hidrogeniônico (pH) é um importante indicador das condições químicas do solo, pois possui a capacidade de inferir na disposição de vários elementos químicos essenciais ao desenvolvimento vegetal, favorecendo ou não suas liberações (BARRETO et al. 2012). Solos ácidos apresentam problemas para o desenvolvimento das plantas gerando uma produtividade baixa. O pH ideal para o desenvolvimento radicular da soja está entre 5,4 a 6,5 (Moderadamente ácido), tendo assim, boas condições de assimilação de nutrientes, como N, P e K e valores de pH por acima pode ocorrer redução na disponibilidade de alguns nutrientes, como  $Zn^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ , B e  $Fe^{2+}$  (KORNDÖRFER, 2002). Devido ao alto custo das amostragens e análises laboratoriais, os produtores realizam dosagens constantes no talhão, o que traz como consequência quantidades excessivas em certos locais do talhão e dosagens além das necessárias em outras regiões, ocasionando toxicidade e escassez (CAVALCANTE et al. 2011). Neste contexto a utilização de técnicas geoestatísticas e amostragens em grade podem fornecer uma base confiável para a identificação da variabilidade espacial e mapeamento de atributos químicos do solo e das plantas (MOTOMIYA et al. 2012). Assim, objetivou-se neste trabalho avaliar a variabilidade espacial dos níveis de pH do solo e a sua influência na produtividade da soja, em lavoura comercial com plantio direto consolidado.

**MATERIAL E MÉTODOS:** A pesquisa foi realizada durante a safra 2014-2015 na cultura de soja, na Fazenda Querencia, localizada no Distrito de Villeta, Departamento de Central (Paraguai). Com coordenadas geodésicas de 25°33'23" latitude Sul, 57°26'51" longitude Oeste, e uma altura de 102 msnm (Datum WGS 84). O solo da área experimental está classificada como Luvisolo, de acordo com LÓPEZ et al. (1995). A cultura de soja objeto de análise foi da variedade Syn 1161RR. A implantação da cultura foi numa área de 21,03 ha, com sistema de semeadura direta com 10 anos de consolidação. O manejo de fertilização, plantas daninhas, doenças e pragas foram realizadas de acordo às recomendações e necessidades da cultura. Para a determinação da produtividade e o pH do solo, foi realizada uma amostragem em malha, de forma a configurar uma melhor distribuição espacial dos pontos, totalizando assim 30 pontos de colheita. A localização e distribuição geográfica de todos os pontos da amostragem foi através do programa Fram Works Mobile, executado através de um receptor GPS Trimble Juno-3B. Para a determinação do rendimento ( $kg\cdot ha^{-1}$ ), a colheita foi realizada em forma manual, previa à colheita mecanizada da área. Em cada ponto da amostragem foi delimitada uma superfície de 3 m<sup>2</sup>, dentro duma armação retangular, construída com duas barras de PVC e dois cordões de nylon, com 7,0x0,43 m, coincidente com a largura da plataforma de corte da colhedora New Holland modelo TC59 que foi a utilizada na área experimental. O pH do solo foi obtido na profundidade de 0 a 0,20 m, com auxílio de um trado manual. Cada amostra levantada do campo experimental foi devidamente identificada e impermeabilizada em sacolas plásticas, para mantê-las inalteradas para logo encaminhá-las ao laboratório de semente e ao de solo da FCA/UNA. Para a análise das variáveis estudadas foi realizada uma análise exploratória geral, sem considerar a posição geográfica de cada amostra coletada, através duma análise estatística descritiva do conjunto de dados. Logo os dados de produtividade e pH do solo foram submetidos a uma matriz de correlação. A análise espacial foi realizada sobre a óptica da geoestatística, onde considerou-se a posição de cada amostra coletada no campo. Nesta etapa, utilizou-se o software CR-Campeiro-7 para se identificar a estrutura da dependência espacial entre amostras, através, do semivariograma experimental ajustado. Seguido foram construídos os mapas temáticos das variáveis analisadas.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Na Tabela 1, pode-se observar a análise estatística para as variáveis estudadas. Todos os parâmetros apresentaram uma distribuição normal (Shapiro-Wilks). A produtividade média de grão de soja foi de 3.753,33  $kg\cdot ha^{-1}$ , superior à média

nacional de 2.498 kg.ha<sup>-1</sup> para a safra 2014/2015 segundo a CAPECO (2015). A produtividade mínima registrada foi de 1.471,33 kg.ha<sup>-1</sup>, também superior à média nacional. A máxima produtividade observada foi de 6.131,32 kg.ha<sup>-1</sup>, o dobro à média nacional. De acordo com KORNDÖRFER (2002), o pH ideal para a cultura de soja é de 5,4 a 6,5 (Moderadamente ácido). Ainda neste contexto, verificou-se uma média do pH do solo de 4,79 na área estudada em concordância com a EMBRAPA (2006), podendo-se classificar como um solo muito ácido que precisa ser corrigido. Os CV obtidos apresentaram uma variabilidade média (12%<CV<60%), conforme os limites propostos por WARRICK & NIELSEN (1980) para as duas variáveis analisadas.

**TABELA 1.** Estatística descritiva das variáveis analisadas.

Parâmetros Estadísticos	Produtividade (kg.ha <sup>-1</sup> )	pH do Solo
<b>Media</b>	3.753,33	4,79
<b>Mínimo</b>	1.471,08	4,13
<b>Máximo</b>	6.131,23	5,48
<b>DS</b>	1.113,32	0,60
<b>CV (%)</b>	29,66	12,52
<b>Assimetria</b>	0,25	0,13
<b>Curtose</b>	0,24	- 1,69

Na Tabela 2, pode se observar o modelo de semivariograma que melhor ajustou-se, que fora exponencial para a produtividade de grão de soja e para o pH do solo o modelo esférico. O Índice de Dependência Espacial para os dois parâmetros avaliados foi moderado, de acordo com a classificação proposta por CAMBARDELLA et al. (1994), a qual estabelece que quando o valor percentual do efeito pepita com relação ao valor máximo da semivariância está entre 25 a 75 % é moderada. Os valores do alcance apresentaram um comportamento diferenciado. O alcance foi superior ao utilizado no trabalho (80 m) para as duas variáveis analisadas.

**TABELA 2.** Parâmetros dos modelos teóricos ajustados aos semivariogramas

Variáveis Analisadas	Modelo	Efeito pepita Co	Meseta C1+Co	Alcance Ao (m)	Co/C1+Co (%)	Dep. Esp.
<b>Produtividade</b> (kg.ha <sup>-1</sup> )	Exponencial	397.469,50	1.239.471,00	101,77	32,07	Moderada
<b>pH do solo</b>	Esférico	0,112	0,250	300	44,83	Moderada

Utilizando-se como base os parâmetros anteriormente analisados para os dados que apresentaram continuidade espacial e patamar determinado, foi efetuada a interpolação e geração dos mapas através da krigagem. Não assim, para os dados de teor de água que não foram tabulados aos parâmetros do semivariograma, já que estes não apresentaram continuidade especial, motivo pelo qual foi feito uma interpolação dos dados utilizando-se o método do inverso a distância. Na Figura 1, pode se observar o mapa de produtividade, onde se destaca as áreas representativas, uma com 3.335, 14 a 4.267,17 kg.ha<sup>-1</sup> e outra com um rendimento de 2.403,11 a 3.335,14 kg.ha<sup>-1</sup>, que representam uma superfície de 9,23 e 5,90 ha respectivamente, e que somadas equivalem ao 71,94% da área total. Mesmo assim, existiu outra área representativa, pero com menor patamar de produtividade (2.403,11 a 3.335,14 kg.ha<sup>-1</sup>), correspondente a uma superfície 4,40 ha, equivalente ao 20,92% da área. O maior rendimento de grão esteve entre 5.199,20 a 6.131,23 kg.ha<sup>-1</sup>, em uma superfície 1,11 ha e a menor produção entre 1.471,08 a 2.403,11 ha, em 0,39 ha. Com regulação ao pH do solo, pode-se observar regiões extremadamente ácidas a fortemente ácida, bem definidas, variando somente a conformação das áreas e a intensidade da acidez. Embora o 55,837% da superfície total do talhão, apresentara um pH muito ácido (4,40 a 4,94). Já o 15,59 % foi

extremadamente ácida (4,13 a 4,40) e o 28,58 % da área restante foi fortemente ácida (5,21 a 5,48). Em função dos dados obtidos de pH da área, seria necessário fazer uma aplicação de cal agrícola, onde ideal seria elevar o pH a valores de 5,5 a 6,5.

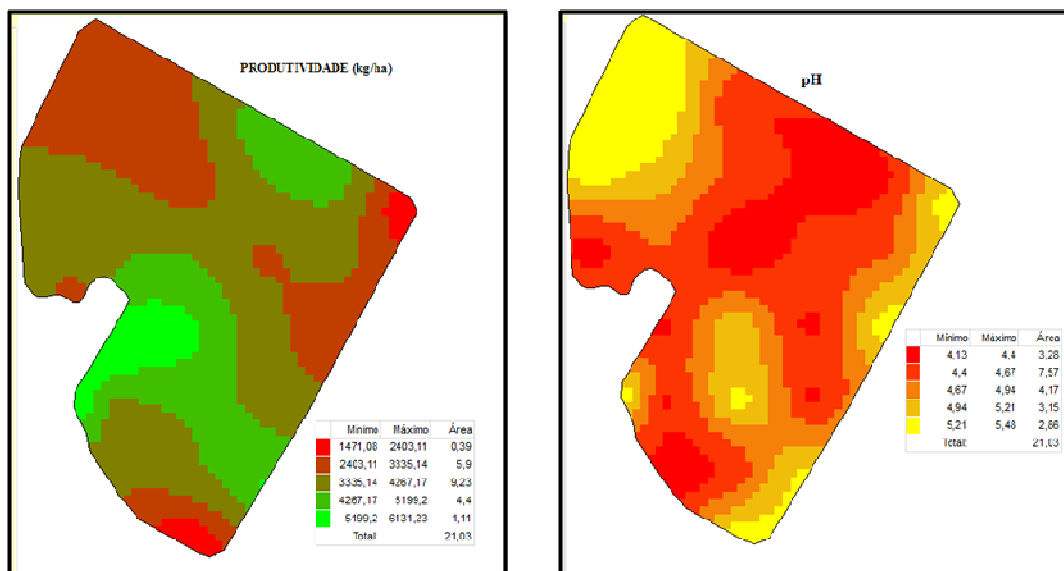


FIGURA 1. Mapas de Produtividade de grão de soja e pH de solo.

**CONCLUSÕES:** Não foi possível detectar uma correlação entre os valores de pH e a produtividade da soja. As variáveis estudadas apresentavam dependência espacial moderada. Na avaliação do pH, verificou-se que 55,83% da área em estudo, apresentava uma classificação de solo muito ácido e uma produtividade representativa de 3.335,14 a 4.267,17 kg.ha<sup>-1</sup>, em 43,89% da área total.

## REFERÊNCIAS

- BARRETO, H.; AMARAL, V.; LIRA, J.; MAIA, F.; MIRANDA, N. Distribuição espacial do pH e condutividade elétrica em um solo aluvial no Rio Grande do Norte. **Agropecuária científica no semiárido**, Patos, v. 8, n. 1, p. 28-33, jan/mar. 2012.
- CAVALCANTE, E.; ALVES, M.; SOUZA, Z.; PEREIRA, G. Variabilidade Espacial de atributos físicos do solo sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 3, p. 237-243, 2011.
- CAMBARDELLA, C.; MOORMAN, T.; NOVAK, J.; PARKIN, T.; KONOPKA, A. Field scale variability of soil properties in Central Iowa. **Soil Sci. Soc. Am. J.** p.1501-1511. 1994.
- CAPECO - Cámara Paraguaya de Exportadores y Comercializadores de Cereales y Oleaginosas. Disponível em: <<http://capeco.org.py>>. Acesso em: 10 dez. 2015.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 306 p.: il. ISBN 85-85864-19-2. 2006.
- KORNDÖRFER, G. H. **Correção do solo e adubação da soja nos cerrados**. Adubos e Adubação. 2002. Disponível em: <<http://www.dpv24.iciag.ufu.br/new/dpv24/Apostilas/Recom.%20Adu.SOJA%20CERRADO%202002.pdf>> Acesso em: 10 Jan. 2016.
- LÓPEZ, G. Clasificación de suelos de la región oriental. Paraguay MAG. Esc 1:500.000. 1995.
- MOTOMIYA, A. V. A.; MOLIN, J. P.; MOTOMIYA, W. R.; BAILO, F. H. R. Mapeamento do índice de vegetação da diferença normalizada em lavoura de algodão. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.42, p. 112-118, 2012.
- WARRICK, A.; NIELSEN, D. Spatial variability of soil physical properties in the field. 1980.