

## Unidades de manejo em sistema de agricultura de precisão na cultura da soja

RAMPIM, L.<sup>1\*</sup>; LANA, M.C.<sup>2</sup>; FEIDEN, A.<sup>2</sup>; KLEIN, J.<sup>3</sup>; SARTO, M.V.M.<sup>4</sup>; ROSSET, J.S.<sup>1</sup>; DAL MOLIN, P.V.<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Doutorando em Produção Vegetal, Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Rua Pernambuco 1777, Caixa Postal 91, CEP 85960-000, Marechal Cândido Rondon/PR. E-mail: [rampimleandro@yahoo.com.br](mailto:rampimleandro@yahoo.com.br); [jsrosset@hotmail.com](mailto:jsrosset@hotmail.com). \*Autor para correspondência

<sup>2</sup>Professor Associado, Centro de Ciências Agrárias, UNIOESTE, Caixa Postal 91, CEP 85960-000, Marechal Cândido Rondon/PR, Brasil. E-mail: [maria.lana@unioeste.br](mailto:maria.lana@unioeste.br)

<sup>3</sup>Pós-doutorando, UNIOESTE, Caixa Postal 91, CEP 85960-000, Marechal Cândido Rondon/PR. E-mail: [jefersonklein@yahoo.com.br](mailto:jefersonklein@yahoo.com.br)

<sup>4</sup>Mestrando em Produção Vegetal, UNIOESTE, Caixa Postal 91, CEP 85960-000, Marechal Cândido Rondon/PR. E-mail: [marcos\\_sarto@hotmail.com](mailto:marcos_sarto@hotmail.com)

<sup>5</sup>Acadêmico do Curso de Agronomia da UNIOESTE, Caixa Postal 91, CEP 85960-000, Marechal Cândido Rondon/PR. E-mail: [Paulo\\_vi7or@hotmail.com](mailto:Paulo_vi7or@hotmail.com)

### RESUMO

É crescente a utilização da divisão em malhas de amostragem de solo para realizar a recomendação de corretivos e fertilizantes em um sistema de agricultura de precisão na região oeste do Paraná, desprezando o relevo ondulado. Dessa forma, o trabalho teve como objetivo avaliar a variabilidade da fertilidade do solo e a produtividade de soja em uma propriedade agrícola no oeste do Paraná, cultivada em sistema de semeadura direta, previamente dividida em unidades de manejo em um sistema de agricultura de precisão. O trabalho foi executado no município de Guaíra (PR), em uma propriedade de 17,80 ha, em Latossolo Vermelho eutroférrico de textura muito argilosa, cultivado com soja na safra 2010/11. O mapeamento da propriedade foi executado por meio da coleta de coordenadas geográficas em pontos-chaves por meio de aparelho GPS, sendo realizada amostragem do solo em oito unidades de manejo definidas pelo conhecimento agrônomo da propriedade. Posteriormente, foram utilizadas as variáveis pH CaCl<sub>2</sub>, Al<sup>+3</sup>, H+Al, Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, K<sup>+</sup>, P, P-rem, C, Cu, Zn, Fe, Mn, SB, CTC efetiva, CTC, V%, Ca/Mg, Ca/K, Mg/K, (Ca+Mg)<sup>2</sup>/K e K/raiz<sup>2</sup>(Ca+Mg) para elaborar a matriz de dissimilaridade e em seguida construir o mapa da propriedade com as unidades de manejo que são mais semelhantes. Também foi avaliada a produtividade das oito unidades de manejo com quatro repetições em delineamento inteiramente casualizado, totalizando 32 unidades amostrais. A definição de unidades de manejo com a utilização de conhecimentos agrônômicos e as condições edafoclimáticas regionais permite capturar a variabilidade da fertilidade do solo. Verificou-se a formação de quatro grupos de manejo baseado na dissimilaridade: grupo I, (unidade de manejo 1 e 2); grupo II (3 e 4); grupo III (5 e 8) e grupo IV (6 e 7). Não há diferença na produtividade da cultura da soja nas oito unidades de manejo.

**Palavras-chave:** geoprocessamento, variabilidade espacial, fertilidade do solo, amostragem do solo, geoestatística.

### ABSTRACT

#### Management units in precision agriculture system in the soybean crop

There has been an increasing use of soil sampling grids for basing the recommendation of lime and fertilizers in a precision agriculture system in the west of Paraná, despising the undulating topography. Thus, this study aimed to evaluate the variability of soil fertility and the soybean yield on a farm in the west of Paraná which uses no-till system, previously divided into

Trabalho selecionado durante a VI Semana de Ciências Agrárias (VI SECIAGRA), realizada de 01 a 03/10/2012

experiment was conducted in eutroferic  
Scientia Agraria Paranaensis  
Volume 11, número (suplemento), p.70-83, 2012

Oxisol characterized by being extremely loamy, in a property of 17.80 ha in Guaíra (Paraná, Brazil) cropped with soybeans in the 2010/11 season. The mapping of the property was done by collecting geographical coordinates at key points through GPS, and soil samples were collected in eight management units defined by agronomic knowledge of the property. Subsequently, the variables pH CaCl<sub>2</sub>, Al<sup>+3</sup>, H+Al, Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, K<sup>+</sup>, P, P-rem, C, Cu, Zn, Fe, Mn, SB, effective CTC, CTC, V% , Ca/Mg, Ca/K, Mg/K, (Ca+Mg)<sup>2</sup>/K and K/raiz<sup>2</sup>(Ca+Mg) were used to establish the dissimilarity matrix and build the map of the property arranging the most similar management units together. The productivity of the eight management units were also evaluated by using four replications in a completely randomized design, totaling 32 sampling units. The definition of management units by using agronomic knowledge and the regional edaphoclimatic conditions enable to capture the variability of soil fertility. There was the formation of four groups of management based on dissimilarity: group I (management units 1 and 2), group II (3 and 4), group III (5 and 8) and group IV (6 and 7). No difference in soybean yields was observed in the eight management units.

**Keywords:** geoprocessing, spatial variability, fertility of soil, soil sampling, geostatistics.

## INTRODUÇÃO

A produção de soja para a safra 2012/13 no Brasil está estimada em 83 milhões de toneladas, com produtividade média de 3.031 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2012). De forma que a utilização de novas tecnologias como tratamento de sementes com aminoácidos (MOREIRA *et al.*, 2011), milho *Bt* (SCHIOCHETI & MARCHIORO, 2011), integração lavoura pecuária (MOREIRA *et al.*, 2012) e pesquisas para elevar a eficiência na utilização de fertilizante organomineral (MOREIRA *et al.*, 2011), fosfatos solúvel, reativo e natural (LUCHINI *et al.*, 2012), cama de aviário (PIANO & SEIDEL, 2012), gesso agrícola e enxofre (RAMPIM *et al.*, 2011; SOUZA *et al.*, 2012; PRIMO *et al.*, 2012), cálcio no sulco de semeadura (MORETTO & VIECELLI, 2012), fungicida em soja RR INOX e soja RR (VENDRAMINI *et al.*, 2011), controle de ferrugem asiática na soja com a aplicação de molibdênio e fosfito de potássio (GASPARIN *et al.*, 2012), população de plantas (LUDWING *et al.*, 2011) e relação entre o tamanho e a qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja (PICCIN *et al.*, 2012) buscam incrementar a produtividade das culturas no oeste do Paraná, diretamente relacionado à sistemas com agricultura de precisão. Tal situação ganha destaque na sojicultura, principalmente em momento com excelentes preços (CONAB, 2012).

A agricultura de precisão prioriza a variabilidade espacial e temporal (MACHADO *et al.*, 2007) e conforme Manzatto *et al.* (1999), aplicar os insumos no local correto, no momento adequado e em quantidades ideais para áreas cada vez menores e mais homogêneas, tanto quanto a tecnologia e os custos permitam. Para Molin (2001), é o gerenciamento da produção agrícola com tecnologias tendo como elemento chave o conhecimento da variabilidade. Assim, Carvalho *et al.* (2008) demonstram a possibilidade de identificar e quantificar as exigências locais quanto ao solo.

Por outro lado, a necessidade média de insumos promove o uso de doses iguais de fertilizantes. Como consequência, há desbalanço no uso, comprometendo o rendimento e elevando os custos, além de prejudicar o ambiente com o excesso. A resposta ao tradicional manejo uniforme de uma área é diferenciada em função do histórico da área, advindo de erosões, compactações, erros na aplicação de insumos com sub ou super-fertilizações e exportação de nutrientes (AMADO *et al.*, 2007). Manzatto *et al.* (1999) comentam que o conhecimento da variabilidade da nutrição de plantas e da produtividade também fornecem subsídios à racionalização de insumos e auxiliam no manejo da fertilidade do solo.

De maneira geral, o processo da agricultura de precisão inicia-se com uma amostragem programada e criteriosa com o intuito de captar a variabilidade espacial da fertilidade do solo (COELHO, 2003), sendo necessário aliar o número mínimo de pontos com a máxima

representação do local, otimizando o esquema de amostragem e reduzindo os custos (MONTANARI *et al.*, 2005). A definição de pelo menos oito amostras simples de solo é número suficiente para formar uma amostra composta em uma unidade aparentemente homogênea em Latossolo Amarelo (SANTOS *et al.*, 2009). Silva *et al.* (2003) detectaram 14 subamostras o suficiente para ter boa amostragem, com exceção para o P. Além disto, é importante conhecer o tipo de amostrador utilizado, visto que, segundo Rosolem *et al.* (2010), em alguns casos encontraram resultados diferentes entre amostradores de solo como os trados e a pá de corte.

De posse de informações geradas a partir da amostragem, parte-se para o tratamento direcionado da fertilidade do solo, com a aplicação de corretivos e fertilizantes a taxas variáveis, sanando problemas de falta ou excesso de nutrientes que possam depreciar a qualidade e a produtividade da lavoura (MENEGATTI & MOLIN, 2004).

Ragagnin *et al.* (2010) ao estudaram a variabilidade e a dependência espacial de variáveis de solo e o efeito sobre a recomendação de corretivo de três intensidades simuladas de amostragem, obtiveram diferença especialmente na distribuição espacial das doses. Entretanto, mesmo considerando correta a recomendação com maior número de amostras, pela redução de custos e diferença considerada aceitável entre as recomendações, foi viável a utilização da menor intensidade de amostragem.

Segundo Marques Júnior & Lepsch (2000), verificaram a importância de investigar as causas da variabilidade de propriedades do solo em unidades definidas da paisagem, utilizando a influência exercida pelo manejo das culturas, pois podem influenciar a locação dos limites entre classes de solos e a compreensão do verdadeiro potencial produtivo. SOUZA *et al.* (2004) também verificaram que pequenas variações das formas do relevo condicionam variabilidade aos atributos do solo.

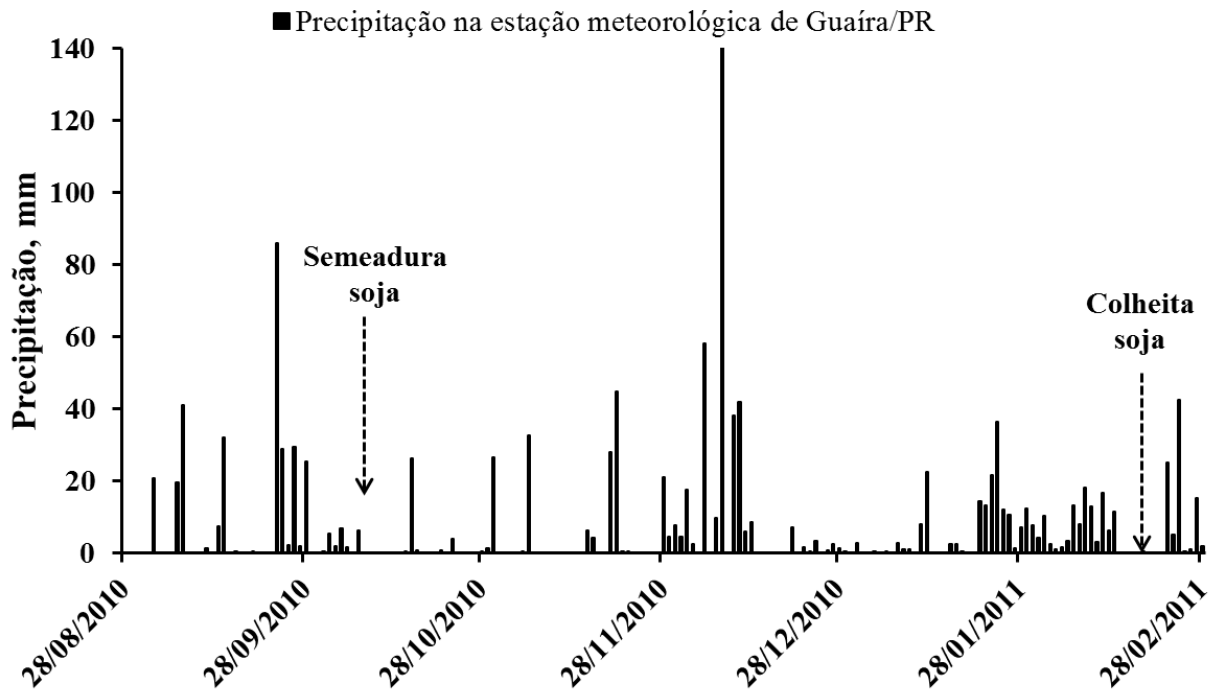
Na agricultura do oeste paranaense, a maior parte das áreas de produção de grãos são consideradas homogêneas quanto a variabilidade química do solo. Contudo, o relevo ondulado e as características edafoclimáticas regionais podem interferir na variabilidade da fertilidade do solo e na produtividade das culturas. Por outro lado, é crescente a divisão das propriedades em malhas de amostragem de solo para realizar a recomendação de corretivos e fertilizantes.

Desta forma, o trabalho teve como objetivo avaliar a produtividade de soja em uma propriedade agrícola no oeste do Paraná cultivada em sistema de semeadura direta, previamente divididas em unidades de manejo em um sistema de agricultura de precisão.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi executado no município de Guaíra, oeste do estado do Paraná, em uma propriedade de 17,80 ha, localizada a 29° 09' S e 54° 14' W, com altitude de 280 metros, durante a safra de soja 2010/11. A propriedade rural utiliza sistema de semeadura direta há 20 anos em sucessão de culturas, utilizando soja no verão e trigo/milho no inverno, em solo classificado como Latossolo Vermelho eutroférico de textura muito argilosa (EMBRAPA, 2006). Em outubro de 2010 e fevereiro de 2011 foi cultivado soja na propriedade adotando tratos culturais de acordo com recomendações técnicas para as culturas de soja (EMBRAPA, 2010).

As características granulométricas do solo da propriedade são: 730 g.kg<sup>-1</sup> de argila, 204 g.kg<sup>-1</sup> de areia e 66 g.kg<sup>-1</sup> de silte. Neste local, a precipitação pluviométrica anual é de 1700 mm e segundo Koppen, o clima da região é do tipo Cfa, subtropical com chuvas bem distribuídas durante o ano e verões quentes (CORREA, 1982) (Figura 1).



**FIGURA 1** - Precipitação pluviométrica (mm) referente ao cultivo de soja na safra 2010/11 na propriedade rural no período de 28/08/2010 a 28/02/2011, na estação meteorológica da cidade de Guaíra/PR (AGRITEMPO, 2012).

O mapeamento da propriedade foi executado após a coleta de coordenadas geográficas em pontos chaves por meio de aparelho GPS para navegação, modelo GPS 12 Personal Navigator – GARMIN®. Foi delimitado unidades de manejo também com o uso do GPS, as quais foram previamente definidas baseadas nos conhecimentos agrônômicos da propriedade como o histórico de produtividade, adubações, calagem, gessagem, topossequência, tipos de solo, com destaque para os terraços, oriundo do declive existente na propriedade.

Posteriormente, em setembro de 2010, foi realizada amostragem de solo em oito unidades de manejo estabelecidas com auxílio de amostrador elétrico SACI® com broca helicoidal, na profundidade de 0-0,20 m, perfazendo 20 amostras simples por unidade de manejo (RAIJ, 1991). Em seguida foi realizado a homogeneização em um recipiente pra obter uma composta de cada unidade de manejo, a qual foi embalada e identificada.

O resultado da análise química do solo realizado segundo Embrapa (2009) foi tabulado, ao passo que as variáveis utilizadas na avaliação foram pH CaCl<sub>2</sub>, Al<sup>+3</sup>, H+Al, Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, K<sup>+</sup>, P, P-rem, C, Cu, Zn, Fe, Mn, SB, CTC efetiva, CTC, V%, Ca/Mg, Ca/K, Mg/K, (Ca+Mg)<sup>2</sup>/K e K/raiz<sup>2</sup>(Ca+Mg).

Não obstante, foi avaliada a produtividade da cultura da soja, sendo coletada área útil de 0,9 m<sup>2</sup> em quatro pontos para cada unidade de manejo em fevereiro de 2011. Para realizar a diferenciação das unidades de manejo para a produtividade da cultura da soja foi utilizada a análise de variância considerando delineamento inteiramente casualizado, com oito tratamentos (oito unidades de manejo) e quatro repetições totalizando 32 unidades amostrais (CRUZ, 2006), visto que o intuito foi evidenciar as diferenças dentro e entre cada unidade de manejo, que interferem na produtividade média da propriedade.

As variáveis avaliadas no solo foram utilizadas para elaborar uma matriz de dissimilaridade utilizando a distância euclidiana média e posteriormente foi utilizado o método de agrupamento UPGMA (Ligação Média Entre Grupos) para agrupar as unidades de manejo, sendo apresentado em um dendograma (CRUZ, 2006). A partir dos grupos formados foi

elaborado o mapa da propriedade rural agrupando as unidades de manejo semelhantes quanto as variáveis estudadas com o auxílio do software QuantumGIS (QUANTUMGIS, 2012).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de 20 subamostras utilizado na coleta de solo para obter a amostra composta facilitou a organização e controle durante a amostragem. Assim como, também possibilitou captar as microvariações entre 0 - 0,05 m através da subamostra, mesovariação que ocorre entre 0,05 - 2m ao realizar coleta de duas subamostras em cada ponto de coleta e macrovariações existentes acima de 2 m ao realizar coleta em dez pontos de coleta, considerando o trabalho de James & Wells (1990), o qual demonstra as variações químicas existentes no solo.

De maneira que os resultados das análises química das amostras compostas referente as oito unidade de manejo especificadas na propriedade rural com área de 17,80 ha no município de Guaíra-PR estão apresentados na tabela 1.

**TABELA 1.** Análise química das oito unidades de manejo especificadas na propriedade rural com área de 17,80 ha no município de Guaíra/PR, setembro de 2010.

Var.	Unidade	Unidade de manejo							
		1	2	3	4	5	6	7	8
<b>pH<sup>(1)</sup></b>		5,20	4,70	4,60	4,80	5,00	5,40	5,20	5,20
<b>Al</b>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,00	0,31	0,38	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>H+Al</b>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	4,96	6,21	6,21	4,96	4,96	4,28	4,61	4,28
<b>Ca</b>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	4,27	3,57	3,18	4,04	4,70	6,10	5,57	5,08
<b>Mg</b>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	1,97	1,28	1,31	1,66	1,53	1,82	1,74	1,80
<b>K</b>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,51	0,15	0,33	0,38	0,43	0,28	0,35	0,29
<b>C</b>	g kg <sup>-1</sup>	15,58	13,36	15,96	14,10	12,62	14,84	14,84	11,87
<b>P</b>	mg dm <sup>-3</sup>	28,30	60,00	11,00	10,10	6,80	6,30	6,90	6,40
<b>P-rem</b>	mg dm <sup>-3</sup>	34,57	31,70	29,16	28,96	29,83	27,96	27,09	24,02
<b>Cu</b>	mg dm <sup>-3</sup>	6,70	5,70	6,00	9,80	11,90	13,30	17,70	20,30
<b>Mn</b>	mg dm <sup>-3</sup>	11,10	7,00	5,10	5,30	3,80	3,40	3,90	2,70
<b>Zn</b>	mg dm <sup>-3</sup>	40,00	47,00	42,00	45,00	33,00	22,00	34,00	35,00
<b>Fe</b>	mg dm <sup>-3</sup>	91,00	83,00	97,00	143,00	135,00	143,00	174,00	111,00
<b>SB</b>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	6,75	5,00	4,82	6,08	6,66	8,20	7,66	7,17
<b>CTC efetiva</b>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	6,75	5,31	5,20	6,16	6,66	8,20	7,66	7,17
<b>CTC pH7,0</b>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	11,71	11,52	11,41	11,12	11,62	12,48	12,27	11,45
<b>V</b>	%	57,64	43,40	42,24	54,68	57,31	65,71	62,43	62,62
<b>Ca/Mg</b>		2,17	2,79	2,43	2,43	3,07	3,35	3,20	2,82
<b>Ca/K</b>		8,37	23,80	9,64	10,63	10,93	21,79	15,91	17,52
<b>Mg/K</b>		3,86	8,53	3,97	4,37	3,56	6,50	4,97	6,21
<b>(Ca+Mg)<sup>2</sup>/K</b>		76,35	156,82	61,09	85,50	90,26	224,02	152,67	163,22
<b>K/raiz<sup>2</sup>(Ca+Mg)</b>		0,20	0,07	0,16	0,16	0,17	0,10	0,13	0,11

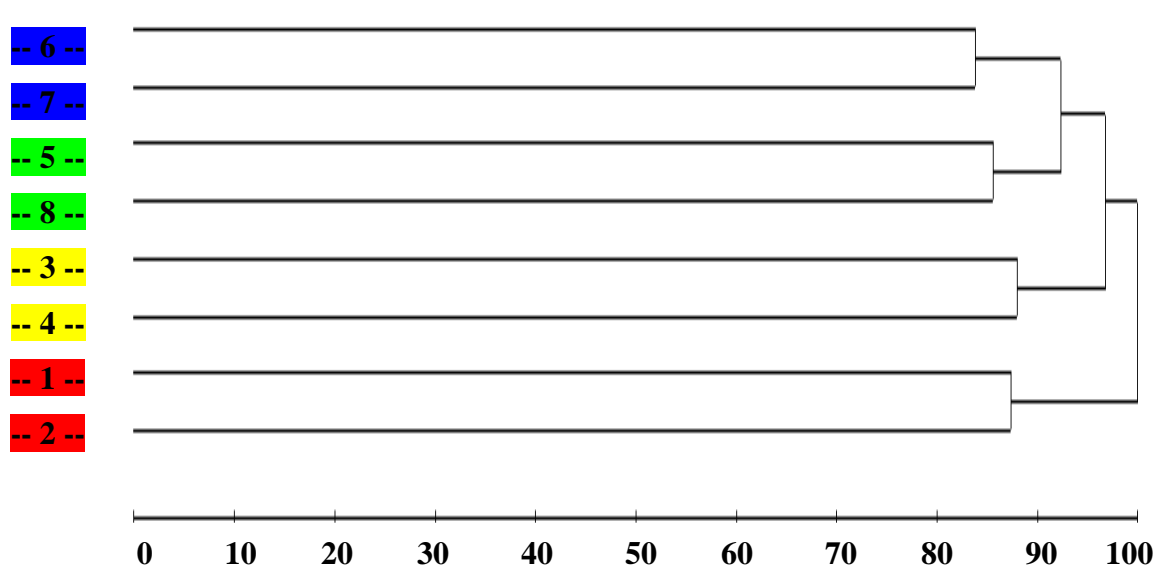
Com os resultados das variáveis apresentados foi calculado a distância euclidiana média e elaborou uma matriz de dissimilaridade entre as variáveis avaliadas (Tabela 2) e, posteriormente elaborado o dendograma, com o qual foi possível agrupar as unidades de manejo por meio das análises químicas de cada unidade de manejo (Figura 2).

**TABELA 2.** Matriz de dissimilaridade entre as variáveis do solo avaliadas com a distância euclidiana média entre as oito unidades de manejo especificadas na propriedade rural com área de 17,80 ha no município de Guaíra/PR, setembro de 2010.

	Unidades de manejo						
	1	2	3	4	5	6	7
2	6,151						
3	7,720	6,199					
4	7,400	7,351	6,198				
5	6,941	6,898	7,357	6,577			
6	6,784	6,346	6,769	6,825	6,537		
7	7,765	6,466	6,587	6,617	6,525	5,902	
8	7,694	6,968	6,952	6,870	6,029	6,651	6,308

No dendograma foi possível verificar a formação de quatro grupos de manejo ao realizar o corte de avaliação ao redor de 90% de dissimilaridade: grupo I, formado pelas unidade de manejo 1 e 2; grupo II, formado pelas 3 e 4; grupo III, formado pelas 5 e 8; grupo IV, formado pelas 6 e 7. Desta forma, ficou caracterizado que os integrantes de cada grupo apresentam características químicas do solo mais próximas. Com isto, a junção das unidades de manejo de cada grupo permitiu facilitar a avaliação da fertilidade química da propriedade, ao ponto que pode trazer benefícios no momento da realização das adubações de correções e manutenção necessárias nesta propriedade.

No mapa ilustrado na figura 2 foi colocado com cores iguais as unidades de manejo semelhantes segundo o método de agrupamento UPGMA, evidenciado pelo dendograma. Desta forma, o mapa permitiu realizar a visualização das unidades de manejo que podem ser manejadas conjuntamente quanto às características químicas do solo.



**FIGURA 2** - Dendograma elaborado pelo método de agrupamento UPGMA, com a matriz de dissimilaridade, oriunda da relação entre as variáveis do solo avaliadas previamente com a distância euclidiana média entre as oito unidades de manejo especificadas na propriedade rural com área de 17,80 ha no município de Guaíra/PR, setembro de 2010.

Segundo Weirch Neto *et al.* (2006), a amostragem de solo em malha retangular, formada por quatro linhas de quinze pontos equidistantes 40 metros, na região dos Campos Gerais do Paraná, pioneira no sistema plantio direto e com rendimentos elevados e alta tecnologia, observaram diferenças nas necessidades de calagem. É possível verificar a dificuldade de selecionar o tamanho da área a ser amostrada ao se utilizar malhas, devido à variabilidade espacial existentes no solo (JAMES & WELLS, 1990), a qual se torna mais intensa com o manejo das culturas, sendo necessário áreas pequenas para ter representatividade da variabilidade.

Desta forma, a possibilidade de utilizar a divisão de glebas homogêneas para a delimitação de áreas de amostragem (RAIJ, 1991) de solo é pertinente para o oeste do Paraná. De maneira que nesta região, devido ao relevo ondulado, para realizar a avaliação da variabilidade espacial da produtividade das propriedades, pode-se considerar os terraços, construídos para evitar a erosão do solo e água, aliado a semeadura em nível, durante a delimitação das áreas para a avaliação da fertilidade, perfazendo unidades de manejo (Tabela 1). Assim consegue-se aproveitar as informações existentes da propriedade para avaliar a variabilidade química do solo, que aliada à diferenciação regional nas características edafoclimáticas pode elevar a variabilidade da produtividade das culturas (Figura 3).

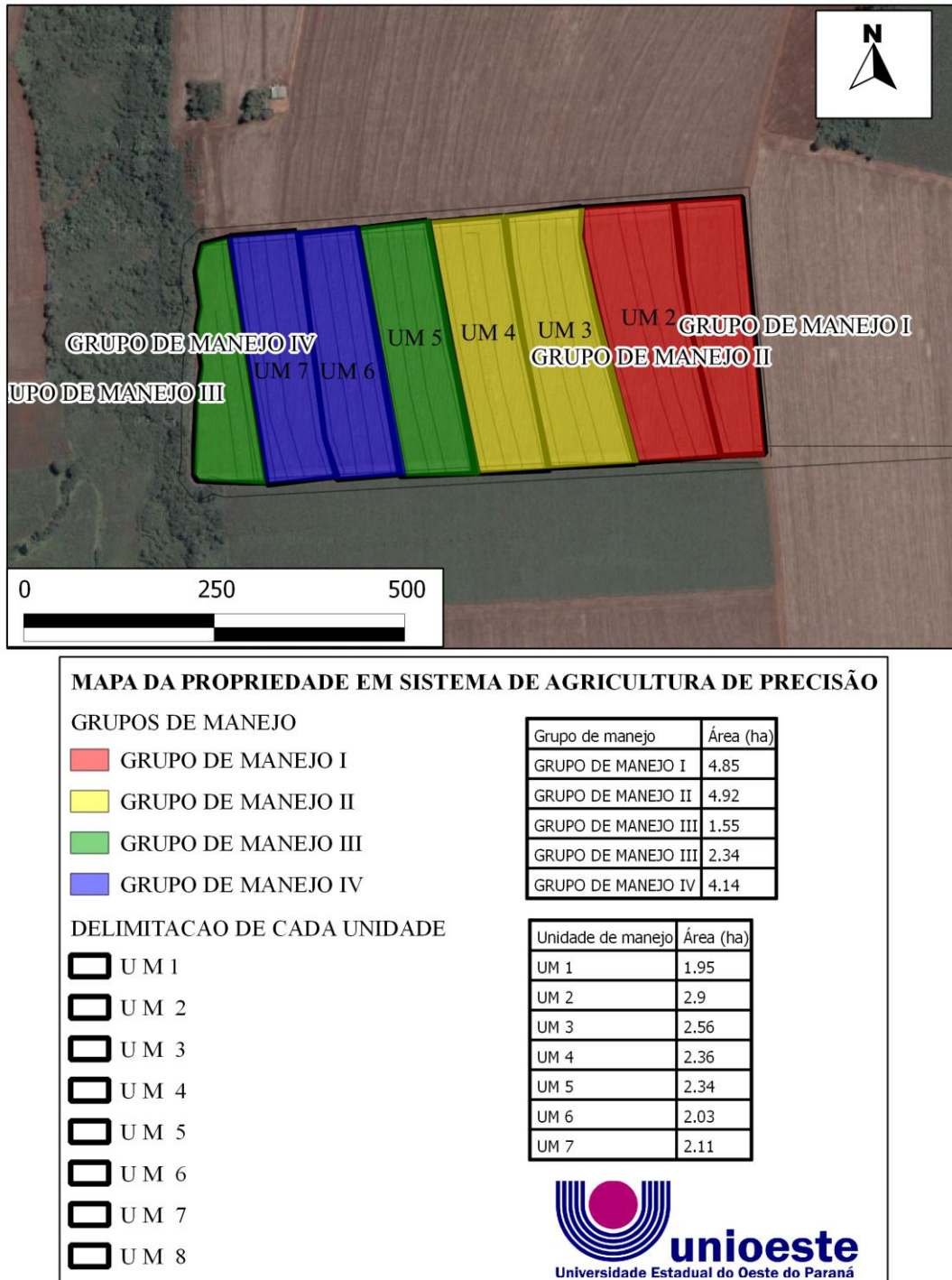
Kravchenko & Bullock (2000), ao estudarem as correlações das produções de milho e soja com a posição topográfica e atributos químicos do solo, verificaram que a combinação das características topográficas explicou entre 6 a 54% da variabilidade da produtividade do milho e da soja, porém, quando se combinou propriedades topográficas e químicas, foram explicados 10 a 78% da variabilidade da produtividade dessas culturas. Nesse estudo, foram encontradas baixas produtividades nas posições de elevado declive e altas produtividades nas áreas de baixo declive.

Com o mapa temático, tem-se um conhecimento detalhado da propriedade sendo possível realizar a recomendação de calagem e adubação para cada grupo de manejo formado pertinente e adequada para o sistema de produção, assim como verificar a possibilidade de aprimorar a aplicação de corretivos, fertilizantes e cama de aviário (MOREIRA *et al.*, 2011; MORETTO & VIECELLI, 2012; SOUZA *et al.*, 2012; PRIMO *et al.*, 2012; LUCHINI *et al.*, 2012; PIANO & SEIDEL, 2012), além da utilização de novas tecnologias como aminoácidos na semente e integração lavoura pecuária (MOREIRA *et al.*, 2011; MOREIRA *et al.*, 2012) com a finalidade de incrementar a produtividade das culturas. Por outro lado, faz-se necessário atrelar o desenvolvimento sustentável, ou seja, a aplicação correta de cada insumo sem contaminar o meio ambiente, atrelado às técnicas avançadas de agricultura de precisão, com o intuito de minimizar a diferença entre a produtividade experimental e real (OLIVEIRA *et al.*, 1999).

Zenatti *et al.* (2010) realizaram avaliação da variabilidade espacial de alguns nutrientes no solo atrelado a compactação do solo, gerando mapas temáticos, os quais facilitam a compreensão para identificar a região na qual o nutriente apresenta teor mais elevado e discriminar outras em que necessita novas aplicações de corretivos ou fertilizantes.

Estes mapas são uma opção diferenciada para gerar as informações diretamente aos locais estudados e delimitados em um sistema de agricultura de precisão, diferente do sistema de amostragem em malha, o qual necessita da geoestatística para gerar os mapas. Os mapas temáticos facilitam as decisões e permite determinar a quantidade de fertilizantes a serem aplicados, assim como o ganho que o meio ambiente tem com a redução de insumos e operações mecânicas (ZENATTI *et al.*, 2010).

Neste trabalho foi possível constatar a variabilidade de produtividade existente na propriedade rural ao comparar as unidades de manejo. No entanto, não foi verificada diferença estatística significativa entre as oito unidades de manejo na produtividade de soja.



**FIGURA 3** - Mapa temático de uma propriedade rural com área de 17,80 ha no município de Guaíra/PR, setembro de 2010, elaborado no QuantumGIS em formato shape (.shp) a partir dos quatro grupos de manejo formados baseado nas oito unidades de manejo, definidos no método de agrupamento UPGMA e evidenciado em dendograma. \*Imagem Google Earth (GOOGLE, 2012).

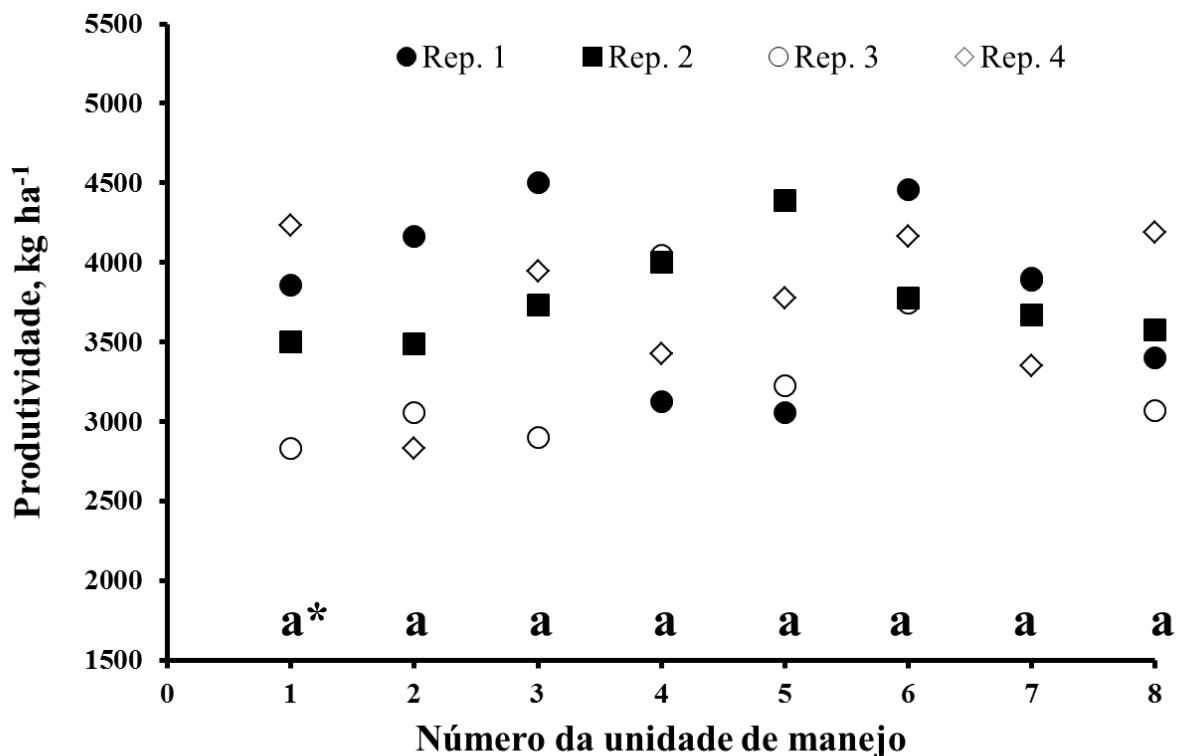
Os dados de produtividade coletados nas unidades de manejo na propriedade rural do município de Guaíra/PR, na safra de soja 2010/2011 possibilitou identificar dentre os pontos de



coleta nas unidades de manejo especificadas, produtividade mínima de 2.833 kg ha<sup>-1</sup> e máxima de 4.500 kg ha<sup>-1</sup>, ao passo que a produtividade média foi de 3.664 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 4).

A boa produtividade pode ser explicada pelas condições climáticas favoráveis no período de cultivo, visto que ocorreram chuvas regulares (Figura 1). Contudo o coeficiente de variação da variável produtividade foi de 18% entre os 32 pontos de amostragem, sendo oportuno em trabalhos futuros avaliar a interferência do número de plantas a cada metro linear na produtividade da cultura da soja, visto que conforme constatado por diversos autores, a presença de baixa ou elevada população de plantas tem prejudicado a produtividade das culturas (WATANABE *et al.*, 2005; SOUZA *et al.*, 2010; LUDWING *et al.*, 2011).

Tal fato foi possível visualizar durante a amostragem das plantas de soja para avaliar o rendimento da cultura, pois houve pontos de amostragem que havia poucas plantas e outros com várias plantas muito próximas, de forma que tais condições podem ter prejudicado o rendimento de grãos da cultura da soja.

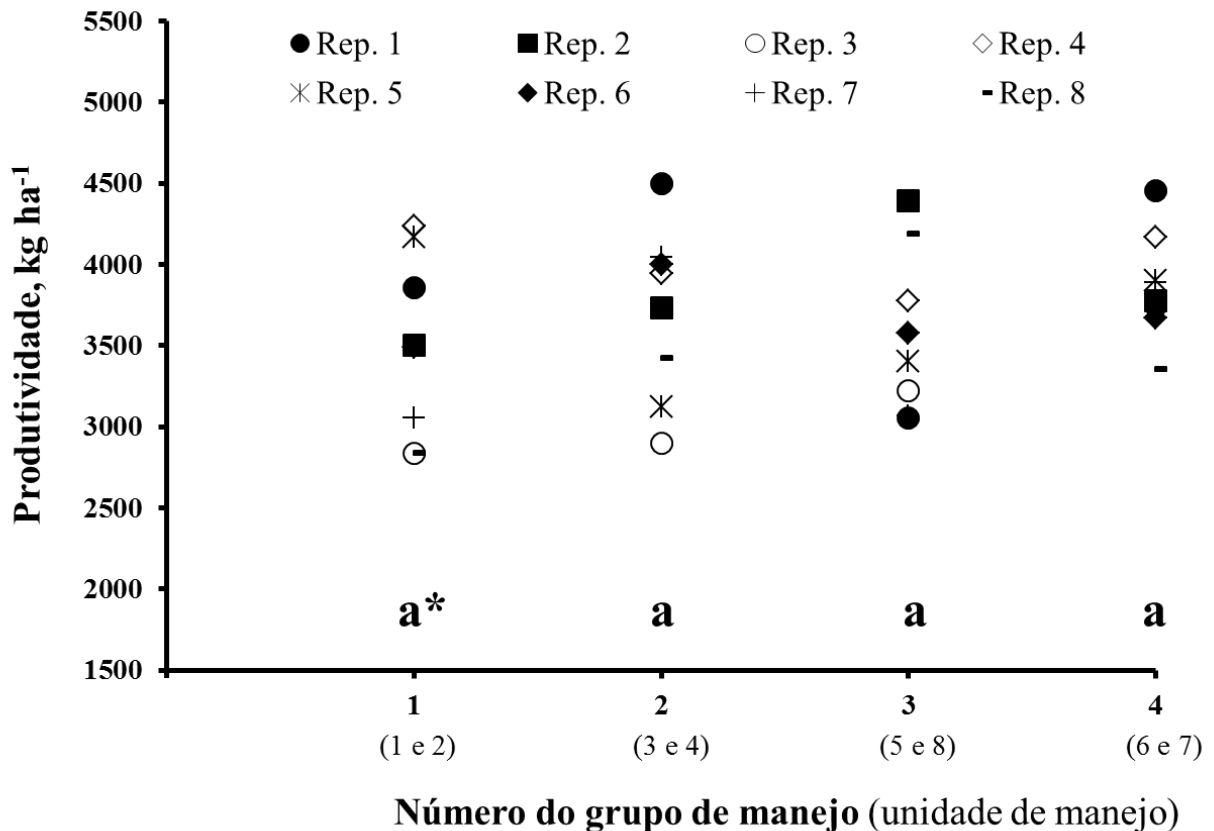


**FIGURA 4** - Valores das repetições referente a produtividade de soja safra 2010/2011 nas oito unidades de manejo especificadas na propriedade rural do município de Guaira/PR, 2011 \*semelhante pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para Reetz & Fixen (1999) as tecnologias de agricultura de precisão sempre demandam ferramentas agrônomicas de produção mais desenvolvidas. O sucesso da sua aplicação depende do entender agrônomico do sistema de produção que se administra. Nesse caso, o conhecimento agrônomico e bom senso fazem a diferença.

Todavia, ao analisar a produtividade das unidades de manejo seguindo o dendograma e o mapa temático (Figuras 2 e 3), é possível analisar como um experimento em delineamento inteiramente casualizado com 4 grupos de manejo e nesta situação com oito repetições de avaliação de produtividade para cada grupo de manejo, pois nesta situação cada grupo de manejo são compostos por duas unidades de manejo. Ao realizar a análise estatística, foi possível

verificar ausência de efeito dos grupos de manejo na produtividade de soja, não havendo efeito significativo, ou seja, os grupos de manejo não diferem entre si para a variável produtividade de soja (Figura 5). De forma que a produtividade mínima continua em  $2.833 \text{ kg ha}^{-1}$  e a máxima em  $4.500 \text{ kg ha}^{-1}$ , da mesma forma a produtividade média continua  $3.664 \text{ kg ha}^{-1}$ , com coeficiente de variação de 16,64%.



**FIGURA 5** - Valores das oito repetições referente a produtividade de soja safra 2010/2011 nos quatro grupos de manejo formados pelo dendograma: grupo I (unidade de manejo 1 e 2); grupo II (3 e 4); grupo III (5 e 8) e grupo IV (6 e 7), na propriedade rural do município de Guaíra/PR, 2011 \*semelhante pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## CONCLUSÃO

A definição de unidades de manejo com a utilização conhecimentos agronômicos e às condições edafoclimáticas regionais permite capturar a variabilidade da fertilidade do solo intrínseca à propriedade do oeste do Paraná.

Verifica-se a formação de quatro grupos de manejo baseado na dissimilaridade: grupo I, formado pelas unidades de manejo 1 e 2; grupo II, formado pelas 3 e 4; grupo III, formado pelas 5 e 8; grupo IV, formado pelas 6 e 7.

Não há diferença na produtividade da cultura da soja nas oito unidades de manejo e entre os quatro grupos de manejo formados da propriedade rural, Guaíra/PR.

## AGRADECIMENTOS

À Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Paraná (FUNDAÇÃO ARAUCÁRIA) e à Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pela concessão de bolsas de estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRITEMPO. **Sistema de monitoramento Agrometeorológico**. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. 2012. Acesso em 30 nov. 2012. Disponível em: <<http://www.agritempo.gov.br/agroclima/pesquisaWeb>>.

AMADO, T.J.C.; PONTELLI, C.B.; SANTI, A.L.; VIANA, J.H.M.; SULZBACH, L.A.S. Variabilidade espacial e temporal da produtividade de culturas sob sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.8, p.1101-1110, 2007.

CARVALHO, F.B.; OLIVEIRA, W.C.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H. C.; PICCOLO, M.C.; JACCOUD, C.F. Fertilidade e carbono do solo e uso da água pelo eucalipto numa toposequência em Seropédica, RJ. **Revista Árvore**, v.32, n.1, p.153-162, 2008.

COELHO, A.M. Agricultura de precisão: manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e das culturas. In: NOVAIS, R.F et al. (Eds.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.1, p.249-290, 2003.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de Safra Brasileira: Grãos, Safra 2012/ 2013, Segundo Levantamento, Novembro 2012**. Brasília: CONAB, 2012.

CORRÊA, A.R. **Características Climáticas de Londrina**. Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR, 1982.

CRUZ, C.D. **Programa Genes: Análise Multivariada e Simulação**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, Embrapa Produção de Informação. 306p, 2006.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Editor Técnico: Fábio Cezar da Silva, 2ª edição revisada e ampliada, Brasília/DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009, 627p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja região central do Brasil**. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2010. 255p.

GASPARIN, T.F.; VIECELLI, C.A.; MOREIRA, G.C. Aplicação foliar de molibdênio e fosfito de potássio na incidência da ferrugem asiática da soja. **Cultivando o Saber**, v.5, n.1, p.30-37, 2012.

GOOGLE, Google Earth. Acesso em 30 nov. 2012. 2012.

JAMES, D.W.; WELLS, K.L. Soil sample collection and handling: Technique based on source and degree of field variability. 3.ed. In: WESTERMAN, R.L. (Ed.). **Soil testing and plant analysis**. Madison: Soil Science Society of America, 1990. p.25-44.

KRAVCHENKO, A.N.; BULLOCK, D.G. Correlaciono of corn and soybean uield with topography and soil properties. **Agronomy Journal**, v.75, n.1-2, p.35-39, 2000.

LUCHINI, I.; TIRITAN, C.S.; FOLONI, J.S.S.; SANTOS, D.H. Fósforo disponível em solos ácidos e corrigidos com aplicação de fosfatos solúvel, reativo e natural. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.11, n.1, p.82-94, 2012.

LUDWING, M.P.; DUTRA, L.M.C.; LUCCA FILHO, O.A.; ZABOT, L.; JAUER, A.; UHRY, D. Populações de plantas na cultura da soja em cultivares convencionais e Roundup ReadyTM. **Revista Ceres**, v.58, n.3, p.305-313, 2011.

MACHADO, L.O.; LANA, A.M.Q.; LANA, R.M.Q.; GUIMARÃES, E.C.; FERREIRA, C.V. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo em áreas sob sistema plantio convencional. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.31, n.3, p.591-599, 2007.

MANZATTO, C.V.; BHERING, S.B.; SIMÕES, M. **Agricultura de precisão: propostas e ações da Embrapa solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1999. Disponível em: <<http://www.cnps.embrapa.br/search/pesqs/proj01/proj01.html>>.

MARQUES JÚNIOR, J.; LEPSCH, I.F. Variabilidade espacial de propriedades químicas e físicas de Latossolos em áreas de Cerrado sob cultivo de café, em Patrocínio, MG, 2000. In: MENEGATTI, L.A.A.; MOLIN, J.P. Remoção de erros em mapas de produtividade via filtragem de dados brutos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, n.1, p.126-134, 2004.

MENEGATTI, L.A.A.; MOLIN, J.P. Remoção de erros em mapas de produtividade via filtragem de dados brutos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, n.1, p.126-134, 2004.

MOLIN, J.P. **Agricultura de precisão: o gerenciamento da variabilidade**. Piracicaba, 2001. 83p.

MONTANARI, R. MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G.T.; SOUZA, Z.M. Forma da paisagem como critério para otimização amostral de latossolos sob cultivo de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.1, p.69-77, 2005.

MOREIRA, W.; BETIOLI JUNIOR, H.E.; PETEAN, L.P.; TORMENA, C.A.; ALVES, S.J.; COSTA, M.A.T.; FRANCO, H.H.S. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho distroférico em Sistema de Integração Lavoura-pecuária. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.36, n.2, p.389-400, 2012.

MOREIRA, G.C.; ZIBETTI, M.F.B. Tratamento de sementes de trigo com aminoácidos e fertilizante organomineral. **Cultivando o Saber**, v.4, n.3, p.109-118, 2011.

MORETTO, T.; VIECELLI, C.A. Efeito de diferentes doses de Cálcio aplicado no sulco de plantio sobre a produtividade da soja. **Cultivando o Saber**, v.5, n.3, p.47-52, 2012.

OLIVEIRA, J.J.; CHAVES, L.H.G.; QUEIROZ, J.E.; LUNA, J.G. Variabilidade espacial de propriedades químicas em um solo salino-sódico. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.23, n.4 p.783-789, 1999.

PIANO, J.T.; SEIDEL, E.P. Produtividade de milho, atributos químicos e físicos de um latossolo influenciados pelo uso de cama de aviário. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.11, n.2, p.51-62, 2012.

PICCIN, G.G.; MORAES DAN, L.G. de; RICCI, T.T.; BRACCINI, A. de L.; BARBOSA, M.C.; MOREANO, T.B.; HORVATHY NETO, A.; BAZO, G.L. Relação entre o tamanho e a qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja. **Revista Agrarian**, v.5, n.15, p.20-28, 2012.

PRIMO, J.P.; SILVA, C.A.T.; FERNANDES, F.C.S. Efeito da adubação com enxofre na cultura da soja. **Cultivando o Saber**, v.5, n.3, p.74-80, 2012.

QUANTUMGIS. **Software QuantumGIS**. 2012. Download em: 29 nov. 2012. Disponível em: <<http://www.qgis.org/>>.

RAGAGNIN, V.A.; JÚNIOR, D.G.S.; NETO, A.N.S. Recomendação de calagem a taxa variada sob diferentes intensidades de amostragem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.6, p.600-607, 2010.

RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, Potafos, 1991.

RAMPIM, L.; LANA, M.C.; FRANDOLOSO, J.F.; FONTANIVA, S. Atributos químicos de solo e reposta do trigo e da soja ao gesso em sistema semeadura direta. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.35, n.5, p.1687-1698, 2011.

REETZ, H.F.; FIXEN, P.E. **Strategic approach to site-specific systems**. Site-specific management, 1999.

ROSOLEM, C. A.; TOZI, T. S.; GARCIA, R. A. Amostragem de terra para fins de fertilidade em função da ferramenta de amostragem. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 3, p. 405-414, 2010.

SANTOS, H.C.; OLIVEIRA, F.H.T.; ARRUDA, J.A.; LOPES, A.R.S.; JÚNIOR, R.F.S.; FARIAS, D.R. Amostragem para avaliação da fertilidade do solo em função da variabilidade de suas características químicas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, (Suplemento), p.849–854, 2009.

SCHIOCHET, C.; MARCHIORO, V.S. Avaliação da produtividade de diferentes tecnologias Bt em milho. **Cultivando o Saber**, v.4, n.1, p.188-197, 2011.

SILVA, M.A.G.; MUNIZ, A.S.; SENGIK, E.; MATA, J.D.V.; CARISSIMI, C. CEGANA, A.C. Amostragem e variabilidade nos atributos de fertilidade em um latossolo sob plantio direto em São Miguel do Iguçu, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum: Agronomy**, v.25, n.1, p.243-248, 2003.

SOUZA, F.R. de; ROSA JUNIOR, E.J.; FIETZ, C.R.; BERGAMIN, A.C.; ROSA, Y.B.C.J.; ZEVIANI, W.M. Efeito do gesso nas propriedades químicas do solo sob dois sistemas de manejo Gypsum effects on soil chemical properties under two management systems. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, n.5, p.1717-1732, 2012.

SOUZA, C.A.; GAVA, F.; CASA, R.T.; BOLZAN, J.M.; KUHNEM JUNIOR, P.R. Populações de plantas na cultura da soja em cultivares convencionais e Roundup Ready™. **Planta Daninha**, v.28, n.4, p.887-896, 2010.

SOUZA, S.M. et al. Variabilidade espacial de atributos físicos de um Latossolo Vermelho sob cultivo de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, n.1, p.51-58, 2004.

VENDRAMINI, P.S.; BRACIFORTE, J.C.M. Efeito AgCelence do fungicida Piraclostrobina + Epoxiconazol em Soja RR Inóx e Soja RR Normal. **Cultivando o Saber**, v.4, n.3, p.119-129, 2011.

WATANABE, R.T.; FIORETTO, R.F.; FONSECA, I.F. DA; SEIFERT, A.L.; SANTIAGO, D.C.; CRESTE, J.E.; HARADA, A.; CUCOLOTTO, M. Produtividade da cultura de soja em função da densidade populacional e da porcentagem de cátions (Ca, Mg e K) no complexo sortivo do solo. **Semina: Ciências Agrárias**, v.26, n.4, p.477-484, 2005.

WEIRICH NETO, P.H.; BORGHI, E.; SVERZUT, C.B.; MANTOVANI, E.C.; GOMIDE, R.L.; NEWES, W.L.C. Análise multivariada da resistência do solo à penetração sob plantio direto. **Ciência Rural**, v.36, n.4, p.1186-1192, 2006.

ZENATTI, R.; ZONIN, W.J.; ARMIN FEIDEN, A.; SILVA, N.L.S. da; SILVA, P.C.S. da. Elaboração de mapas temáticos para correção de fertilidade e compactação de solos, **Cultivando o Saber**, v.3, n.3, p.99-115, 2010.