

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E SUA INFLUÊNCIA NA PRODUTIVIDADE DA SOJA E DO MILHO

GABRIELA K. MICHELON¹, CLAUDIO L. BAZZI², KELYN SCHENATTO³, NELSON M. BETZEK⁴, ALAN GAVIOLI⁵

¹ Graduanda em Ciência da Computação, UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira - PR. Fone: (0xx45) 3240-8000, gabilukcs@hotmail.com

² Professor, Doutor, Coordenador, Departamento de Computação, UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira - PR.

³ Doutoranda em Engenharia Agrícola, Professora, Departamento de Computação, UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Santa Helena - PR.

⁴ Doutorando em Engenharia Agrícola, UNIOESTE - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel - PR.

⁵ Doutorando em Engenharia Agrícola, UNIOESTE - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel - PR.

Apresentado no
XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015
13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro- SP, Brasil

RESUMO: O estudo da variabilidade espacial dos atributos químicos e físicos do solo permite avaliar a influência destes na produtividade das culturas. Observando conceitos de Agricultura de Precisão e considerando os aspectos agrônômicos relacionados a produção da soja e do milho, o presente trabalho objetivou o mapeamento dos atributos químicos do solo cultivado sob plantio direto em duas áreas experimentais, no período de dois anos (2012 e 2013), buscando-se identificar problemas de escassez ou toxidez desses elementos, conforme recomendação agrônômica. Para isso foram coletados 115 pontos amostrais (42 na área A e 73 na área B), gerando-se os mapas temáticos por meio da Krigagem. Dentre os elementos identificados, o Hidrogênio + Alumínio (H+Al), matéria orgânica (MO) foram os atributos que apresentaram conforme recomendação agrônômica, escassez. Na avaliação do pH, verificou-se que em certas regiões das áreas em estudo, o solo pode ser classificado como fortemente ácido ou extremamente ácido. Considerando a Saturação por Bases (V%), em uma das áreas o solo pode ser classificado como baixo. Na avaliação dos resultados de produtividade da soja e do milho, conclui-se que não houve produtividades médias distintas.

PALAVRAS-CHAVE: classificação agrônômica, krigagem, mapas temáticos.

CHEMICAL SOIL PROPERTIES AND THEIR INFLUENCE ON SOYBEAN YIELD AND CORN

ABSTRACT: The study of spatial variability of chemical and physical attributes of soil, allow to assess the influence of these on crop productivity. Noting Precision Agriculture concepts and considering the agronomic aspects related to production of soybeans and corn, the present article aimed the mapping of the chemical attributes of the soil cultivated under no-tillage in two experimental areas, in the two years (2012 and 2013), seeking to identify

problems of famine and toxicity of these elements, as agronomic recommendation. For that were collected 115 sampling points (42 in area A and 73 in area B), thus generating thematic maps through kriging. Among the identified elements, H+Al, organic matter (OM) were the attributes that presented as agronomic recommendation shortage. In the evaluation of pH, it was found that in certain regions of the studied areas, the soil might be classified as extremely acidic or strongly acidic. Considering the saturation (V%), in one of the ground areas can be classified as low. In assessing the results of productivity of soybeans and corn, it is concluded that there was no distinct average productivity.

KEYWORDS: agronomic classification, kriging, thematic maps.

INTRODUÇÃO

A variabilidade espacial da produtividade das culturas tem sido atribuída, entre outros fatores, a diferenças nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo. Devido ao alto custo de amostragem e análises laboratoriais, os produtores realizam dosagens constantes no talhão, o que acarreta em quantidades excessivas em certos locais do talhão e dosagens aquém das necessárias em outras regiões, ocasionando a toxidez e escassez. Nestes sistemas de cultivo, é comum o aparecimento de "manchas de fertilidade", responsáveis por manterem um estado de nutrição desnivelado do restante da área, o que incrementa uma maior variação na produtividade das culturas (VIANA et al., 2009; CAVALCANTE et al., 2011).

Indicadores de fertilidade normalmente são sugeridos por região, em especial quanto as características texturais do solo, em especial pela determinação de níveis de argila (solo argiloso) e areia (arenoso). Cada tipo de solo possui características próprias de permeabilidade, aeração, retenção de água de nutrientes (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2004; BOTTEGA et al., 2013; MOREIRA, 2012).

No intuito de investigar a variabilidade espacial dos níveis dos principais nutrientes no solo, responsáveis pelo bom desenvolvimento da cultura da soja e do milho e comparar com os métodos tradicionais de recomendação utilizados na agricultura convencional, o presente trabalho buscou avaliar duas áreas agrícolas cultivadas com soja, sob sistema de plantio direto, no Oeste do estado do Paraná. Determinou-se a dependência espacial dos atributos químicos e texturais do solo, ajustando-se modelos teóricos aos semivariogramas, gerando-se posteriormente mapas temáticos. Os mapas foram classificados conforme recomendação agrônômica da região e foi verificado se a escassez ou toxidez dos nutrientes influenciaram estatisticamente na produtividade da soja e do milho.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas duas áreas experimentais (Talhão 1, com 10 ha e Talhão 2, com 23,8 ha; Figura 1), ambas cultivadas sob sistema de plantio direto por pelo menos 10 anos com sucessão de cultura soja/milho para fins comerciais. As áreas estão localizadas no município de Serranópolis do Iguaçu/PR, sob coordenadas geográficas 25°24'28" S e 54°00'17" O com elevação média de 355 m. Foram determinados por meio do software Pathfinder duas grades amostrais irregulares, contendo 42 pontos amostrais no talhão 1 e 73 no talhão 2.



FIGURA 1. Delimitação dos talhões 1 e 2, respectivamente.

Para determinação dos elementos químicos e físicos do solo, em cada um dos 115 pontos amostrais, foram realizadas duas coletas de solo (julho/agosto nos anos de 2012 e 2013), na profundidade 0-0,2 m, com auxílio de um trado manual, sendo realizadas 8 perfurações (sub-amostras) em um raio de 3 metros do ponto central (adaptado de WOLLENHAUPT et al., 1994), localizados por meio de um receptor GPS (GPS Trimble Pathfinder Pro XT). As amostras foram acondicionadas em sacolas plásticas e encaminhadas para análise laboratorial.

A produtividade da soja e do milho foi determinada de forma manual. Nos meses de janeiro/fevereiro de 2013 foram coletadas amostras da safra da soja 2012/2013 e nos meses de junho/julho de 2013 amostras da safra do milho de 2013, coletando-se para cada ponto amostral, duas linhas de plantio, por um percurso de cerca de 1 m, representando uma porção de cerca de 0,9 m² para a soja e 1 m² para o milho. Após a coleta, foi realizada a debulha manual e posteriormente as amostras foram secas em estufa a 105°C e calculada a produtividade em t/ha, considerando o teor de água de 12%.

Foram determinados por meio de análises laboratoriais, dados de textura (argila, silte e areia), de características químicas do solo, referentes a Matéria Orgânica (MO), Fósforo (P), Potássio (K), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Zinco (Zn), Manganês (Mn), pH, Índice SMP, Alumínio (Al), Hidrogênio + Alumínio (H+Al), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Soma de Bases (SB), Saturação por Bases V (%), Saturação por Alumínio (%) e Capacidade de Troca de Cátions (CTC).

Os dados foram avaliados por meio da análise exploratória e a hipótese de normalidade dos dados foi testada pelos testes de Anderson-Darling e Kolmogorov-Smirnov, ao nível de 5% de significância. O coeficiente de variação (CV) foi classificado conforme Pimentel-Gomes & Garcia, 2002.

Visando identificar a variabilidade espacial de cada atributo, fazendo uso do software ArcView 10, com sua extensão para análise geoestatística (*geo-statistical analyst*), foram gerados os semivariogramas para cada atributo e ajustados os modelos teóricos (exponencial, gaussiano e esférico), obtendo-se o melhor modelo fazendo uso das estatísticas de validação cruzada. Ajustado o melhor modelo, foram obtidos os parâmetros de efeito pepita, patamar e alcance. A semivariância foi estimada utilizando-se o estimador clássico de Matheron (1963), padrão do software. O índice de dependência espacial (IDE) foi obtido pelo procedimento apresentado por Cambardella et al. (1994) (Equação 1), sendo classificado como fraco (IDE>75%), moderado (25% >IDE<75%) ou alto IDE (<25%).

$$IDE = \frac{C_0}{C_0 + C_1} * 100 \quad (1)$$

Em que:

IDE = índice de dependência espacial; C0 = efeito pepita; C1 = contribuição; C0 + C1 = patamar.

Utilizando o software ArcGis 10, com os parâmetros de efeito pepita, contribuição

patamar e alcance, obtidos na análise de dependência espacial, foram gerados os mapas temáticos para cada atributo utilizando a Krigagem ordinária (GREGO & VIEIRA, 2005).

$$\hat{Z}_i = \sum_{i=1}^n \lambda_i * Z_i \quad (2)$$

Em que, \hat{Z}_i é o valor interpolado; λ_i - é o peso atribuído aos valores amostrais; Z_i - é o valor do atributo amostrado; n - é o número de localidades vizinhas empregadas para a interpolação do ponto, sendo que o somatório dos pesos λ_i deve ser igual a um.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na interpretação dos macronutrientes, verificou-se que Ca e Mg foram classificados como alto ou médio na maioria dos pontos amostrais em ambos os anos, indicando que estes atributos não limitaram o desenvolvimento da cultura. O P é considerado um nutriente importante na nutrição das plantas, sendo recomendada a fosfatagem em casos em que há deficiência de P ($P < 8.0 \text{ Mg/dm}^3$). Na avaliação realizada, verificou-se que em ambas as áreas, o nível de P no solo pode ser classificado em pelo menos 70% dos pontos amostrais como alto ou muito alto, indicando sua suficiência para a produção da soja e do milho. O mesmo ocorre para o K, apresentando boa disponibilidade deste nutriente no solo. Um fator importante, que não deve ser esquecido, é que a absorção de potássio depende da disponibilidade de cálcio (Ca) e de magnésio (Mg) no solo (COAMO; COODETEC, 2001 & SALVADOR et al., 2011). Pode-se verificar que o solo apresentou alta disponibilidade de potássio, pois as análises de cálcio mostram valores altos, tanto quanto as análises de magnésio, sendo assim, é possível que a planta absorva potássio ($K \geq 0.31 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$).

Por influência do interpolador, o qual tende a reduzir os valores de máximo e aumentar os valores de mínimo (BAZZI, 2010 & COELHO, 2008), na avaliação dos mapas temáticos, valores classificados como baixos ou médios para Mg e Ca não foram apresentados. Este fato também ocorreu para o P e o K, que apesar de apresentarem classificação muito baixa e muito alta, na interpretação obtida por meio da classificação pontual, não foram apresentados nos mapas gerados. Neste sentido, problemas pontuais, normalmente que ocorrem em áreas menores, podem ser omitidos quando se avalia a fertilidade do solo somente fazendo uso de mapas temáticos. Verificou-se menor mobilidade do K considerando a diferença entre os mapas gerados entre os anos.

Na interpretação dos micronutrientes, verificou-se que o Fe, pode ser classificado como baixo em praticamente toda a área, sendo que apenas em poucos pontos amostrais este nutriente pode ser classificado como médio ou alto (EMBRAPA, 2006).

Na interpretação do Cu, verificou-se que se apresentou como alto (Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004) para ambos os anos e áreas. Já o Zn, apesar de ter sido classificado na maior parte da área como alto (acima de $0,5 \text{ Mg/dm}^3$), apresentou alguns pontos amostrais com classificação inferior.

Para Sfredo (2008) a disponibilidade de Mn no solo deve estar entre 100 Mg/Kg^{-1} a 250 Mg/Kg^{-1} (média e alta), verifica-se que apenas um ponto amostral da área B no ano de 2013 fica abaixo destes valores de referência, indicando que este elemento se encontra em quantidade suficiente para cultivo da soja.

Verificou-se que os níveis de MO apresentaram-se superiores a 15 g/dm^3 em toda a área A, nos dois anos aos quais a pesquisa foi conduzida, sendo que isso ocorreu também na área B para o ano de 2013. Para 2012 nesta área em 24,6% dos pontos amostrais, a MO foi menor que 15 g/dm^3 sendo esta quantidade classificada como baixa para matéria orgânica, mas que

foi normalizada no segundo ano. A quantidade grande de MO no solo é necessária, pois segundo Korndörfer (2002), a MO é fonte de nutrientes às plantas e também influencia na infiltração e na retenção de água. A área A de 2012 e B de 2013 apresentaram IDE fraco, já para a área B de 2012 o IDE esteve moderado e o IDE para a área A de 2012 Fortíssimo (0,0%).

TABELA 1. Matéria Orgânica do solo nos anos de 2012 e 2013 classificados como baixo, médio e alto

Atributo	Ano	Área	Baixo	Médio	Alto
			<15.0	25.0>=M.O.>=15.0	>25.0
MO ¹ g/dm ³	2012	A	0%	9.52%	90.47%
		B	24.65%	36.98%	38.35%
	2013	A	0%	9.75%	92.68%
		B	0%	5.47%	94.52%

¹Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, (2004).

TABELA 2. Estatística exploratória e dependência espacial da matéria orgânica do solo nas áreas experimentais para os anos de 2012 e 2013

Atributo	Ano	Área	Min	Média	Me	Max	CV	Modelo	IDE
MO ¹ g/dm ³	2012	A	21,44	31,40	32,17	41,55	14,74	Gaussiano	77,80% (Fa)
		B	2,68	22,25	21,44	68,35	46,48	Esférico	31,93% (M)
	2013	A	16,08	35,31	36,19	48,25	20,21	Exponencial	0,00% (Fo)
		B	16,08	39,11	40,21	53,61	21,05	Esf., Exp., Gaus.	100,00% (Fa)

¹Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, (2004).

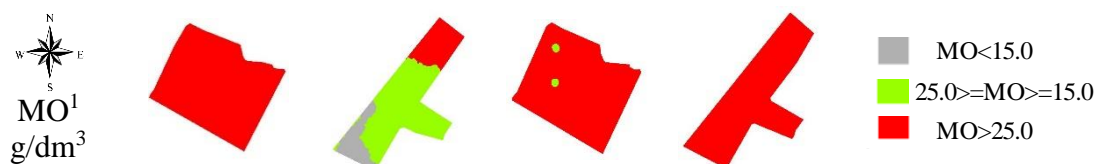


FIGURA 2. Mapas de Disponibilidade da matéria orgânica no solo para os anos 2012 e 2013.

¹Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, (2004).

A área B no ano de 2012 estava com acidez classificada como alta, e conforme Lopes et al., (2004), pode ter influenciado a produtividade da soja de 2012. Já no ano de 2013, nas duas áreas (A e B), há uma porcentagem média de acidez. Todas as áreas dos dois anos tiveram variações diferenciadas do IDE, (A, 2012 e B, 2013) fraco, (B, 2012) forte e (B, 2013) moderado.

TABELA 3. H+Al do solo nos anos de 2012 e 2013 classificados como muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto

Atributo	Ano	Área	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
			<=1	2.5>=H+Al>=1.0	5>=H+Al>=2.5	9>=H+Al>=5.0	>9
(H+Al) ³ cmol _c /dm ³	2012	B	1.36%	0%	0%	98.63%	0%
		A	0%	0%	95.23%	4.7%	0%
	2013	B	0%	0%	24.65%	75.34%	0%
		A	0%	0%	100%	0%	0%
		B	0%	4.1%	95.89%	0%	0%
		A	0%	0%	95.89%	0%	0%

³Lopes et al., (2004).

TABELA 4. Estatística exploratória e dependência espacial do H+Al do solo nas áreas experimentais para os anos de 2012 e 2013

Atributo	Ano	Área	Min	Média	Me	Max	CV	Modelo	IDE
$(H+Al)^3$ cmol _c /dm ³	2012	A	2,95	4,26	4,28	5,35	12,27	Exponencial	75,21% (Fa)
		B	2,95	6,09	6,21	9,00	24,02	Esférico	20,00% (Fo)
	2013	A	2,54	3,48	3,42	4,61	16,16	Exponencial	100,00% (Fa)
		B	2,07	3,36	3,42	4,96	16,38	Exponencial	57,41% (M)

³Lopes *et al.*, (2004).

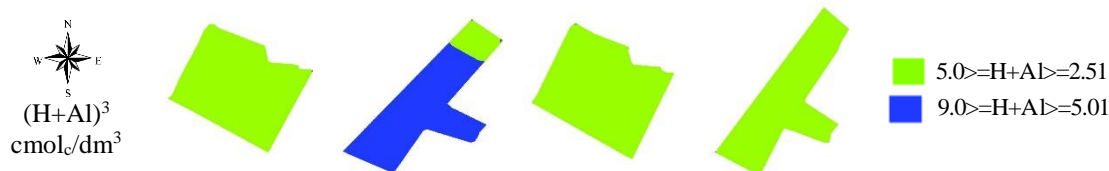


FIGURA 3. Mapas de Disponibilidade de H+Al no solo para os anos 2012 e 2013. ³Lopes *et al.*, (2004).

Conforme resultados de V% (Tabela 5), o qual, segundo Lopes *et al.* (2004) é um bom indicativo das condições de fertilidade do solo, verifica-se que pode ser classificada como médio e alto na maioria dos pontos amostrais, considerando que ambas as áreas apresentam V > 50% e que podem ser consideradas férteis (eutróficos). Para o ano de 2012, na área B, verificou-se que V% foi classificado como baixo (Lopes *et al.*, 2004) em 22% dos pontos amostrais, condição que segundo Lopes *et al.* (2004) considera um solo de baixa fertilidade (distróficos). O IDE foi moderado para a área B de 2012 e 2013 e forte para área A de 2012 e fraco para a área A de 2013.

TABELA 5. Saturação por bases nos anos de 2012 e 2013, classificados como baixo, médio, alto e muito alto

Atributo	Ano	Área	Baixo <50%	Médio 70% >= V >= 50%	Alto 80% > V > 70%	Muito Alto >=80%
V ³ %	2012	A	0%	57.14%	40.47%	2.38%
		B	21.91%	63.01%	15.06%	0%
	2013	A	0%	51.21%	46.34%	2.43%
		B	0%	41.09%	50.68%	8.21%

³Lopes *et al.*, (2004).

TABELA 6. Estatística exploratória e dependência espacial da saturação por bases do solo nas áreas experimentais para os anos de 2012 e 2013

Atributo	Ano	Área	Min	Média	Me	Max	CV	Modelo	IDE
V ³ (%)	2012	A	57,5	67,33	67,56	82,24	8,83	Esférico	0,00% (Fo)
		B	33,33	58,26	58,08	78,05	16,03	Esférico	38,66% (M)
	2013	A	55,18	69,49	69,90	82,51	9,12	Exp.,Gaus.	100,00% (Fa)
		B	50,70	71,57	71,40	83,70	8,06	Exponencial	51,46% (M)

³Lopes *et al.*, (2004).

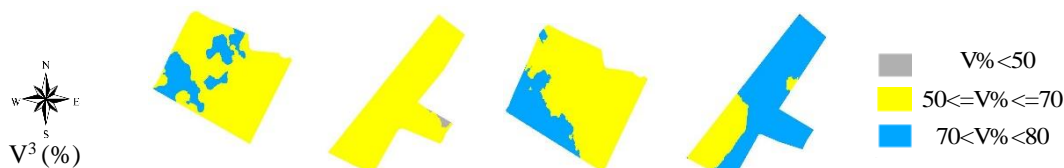


FIGURA 4. Mapas de Disponibilidade de saturação por bases no solo para os anos 2012 e 2013. ³Lopes *et al.*, (2004).

Segundo Korndörfer (2002), situações ideais para o desenvolvimento radicular da soja, tendo-se boas condições de assimilação de nutrientes, como P, K e N, contemplam solo com pH classificada como moderadamente ácido ($6.5 \geq \text{pH} \geq 5.4$). Acima destes níveis, segundo o autor, pode ocorrer redução na disponibilidade de alguns nutrientes, como Zn^{2+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} , B e Fe^{2+} . Neste sentido, verificou-se (Tabela 7) que nas áreas estudadas, o ano de 2013 proporcionou melhores condições para o desenvolvimento da soja, pois houve um maior percentual de área dentro dos limites ideais de pH. Já para 2012, o pH pode ser classificado como fortemente ácido (EMBRAPA, 2006) em pelo menos 83% dos pontos amostrais, para ambas as áreas. Para as áreas B de 2012 e 2013, o IDE era moderado, já para as áreas A de 2012 o IDE era forte e A de 2013 fraco.

TABELA 7. Classificação do pH do solo nos anos de 2012 e 2013.

Atributo	Ano	Área	Extrema- mente ácido	Forte- mente ácido	Moderada- mente ácido	Pratica- mente neutro	Moderada- mente alcalino	Forte- mente alcalino
			<4.3	$5.3 \geq \text{pH} \geq 4.3$	$6.5 \geq \text{pH} \geq 5.4$	$7.3 \geq \text{pH} \geq 6.6$	$8.3 \geq \text{pH} \geq 7.4$	>8.3
pH^2 CaCl_2	2012	A	0%	83.3%	16.6%	0%	0%	0%
		B	1.37%	84.93%	13.69%	0%	0%	0%
	2013	A	0%	70.73%	29.26%	0%	0%	0%
		B	0%	58.90%	41.09%	0%	0%	0%

²Embrapa, (2006).

TABELA 8. Estatística exploratória e dependência espacial do pH do solo nas áreas experimentais para os anos de 2012 e 2013

Atributo	Ano	Área	Min	Média	Me	Max	CV	Modelo	IDE
pH^2 CaCl_2	2012	A	4,5	5,07	5,1	6,1	6,42	Esférico	0,00% (Fo)
		B	4,10	4,92	4,90	5,70	7,05	Exponencial	39,99% (M)
	2013	A	4,34	5,13	5,10	6,00	7,28	Exp.,Gaus.	100,00% (Fa)
		B	4,40	5,26	5,30	6,20	8,06	Exponencial	62,20% (M)

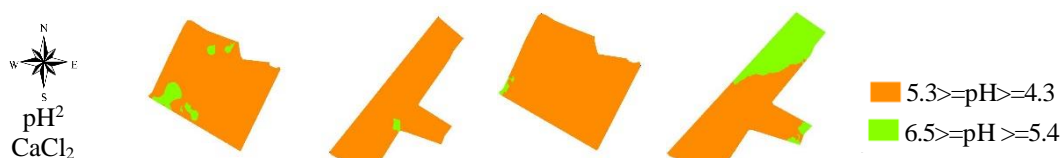


FIGURA 5. Mapas de Disponibilidade do pH no solo para os anos 2012 e 2013. ²Embrapa, (2006).

Hidrogênio+Alumínio (H+Al): Mínimo e máximo dentro da faixa de 1 a 5, quantidades consideradas baixas e médias. A assimetria pode ser considerada simétrica, pois está tendendo a zero. Distribuição platicúrtica e leptocúrtica. Os dados não são normais de acordo com o teste de normalidade.

Matéria Orgânica (M.O.): Quanto mais matéria orgânica tiver, melhor. Portanto, valores altos são acima de 25. As médias são todas altas. A área B de 2012 não ultrapassa 25, mas é próxima, o que é bom também. A área B de 2012 também difere na simetria, pois é positiva, enquanto as demais são simétricas negativas tendendo a zero. A distribuição é platicúrtica e leptocúrtica. Analisando a normalidade, conclui-se que todos os dados são normais.

pH: O solo não pode ter o pH muito ácido nem muito básico, o ideal é que esteja por volta de 5,5 a 6. Os menores índices de pH da análise são fortemente ácidos, porém os índices de maior pH são todos dentro da faixa moderadamente ácido (5,4 a 6,5), e pode ser considerado um bom resultado. As médias são um pouco baixas, pois são todas menores que

5,5. O desvio padrão é pequeno, mostrando uma regular distribuição dos pontos com relação ao pH. A curtose apresenta distribuição platicúrtica e leptocúrtica. Os dados são normais pelo teste de normalidade.

Saturação por Bases (V%): A Saturação por Bases está um pouco escassa, pois a média da área A e B no ano de 2012 e A no ano de 2013 apresenta valores menores que 70% (acima de 70% é uma porcentagem alta, isto é, boa para o solo). Os dados possuem simetria tendendo a zero. A curtose apresenta distribuição platicúrtica e leptocúrtica e os dados são normais pelo teste de normalidade.

Produtividade da Soja: a média do Oeste do Paraná é de 3,054 ton./Hectare. (Média do ano de 2009/2010). Portanto, a área A da safra 2012-2013 possui o menor valor de produtividade inferior à média do Oeste do Paraná. Mas a média para as duas áreas é satisfatória, pois é muito maior que 3,054. Com o Desvio Padrão (S) baixo, pode ser concluído que a maior parte dos pontos estão próximos a média de sua respectiva área devido a homogeneidade dos dados. As duas áreas são de assimetrias opostas. A área A possui distribuição platicúrtica e a área B leptocúrtica. No entanto, ambas as áreas apresentam normalidade nos dados.

Produtividade do Milho: 8,442 ton./Hectare é a média do Oeste do Paraná da produtividade do Milho (Média de 5 últimas safras a partir de 2012-2013). Observa-se que a menor produtividade do Milho de 2013 tanto para a área A quanto para a área B é inferior à média do Oeste do Paraná. Porém, a média nas duas áreas é alta, sendo a média da área A muito acima do esperado pela produtividade da região. Os dados são homogêneos de acordo com o resultado do Desvio Padrão (S). A assimetria para as duas áreas se apresenta negativa e Curtose de distribuição leptocúrtica. Teste de normalidade (N) para ambas as áreas mostrou que os dados são normais.

TABELA 9 - Análise Estatística da produtividade da Soja e do Milho nos anos 2012/2013

Atributo	Área	Min	Max	Me	Média	S	CV	S ²	AS	K	N
Produtividade soja 2012-2013	A	2,42	6,61	5,06	5,07	0,70	13,75	0,49	-1,01	4,28	0,086
	B	3,63	6,69	4,75	4,81	0,69	14,29	0,47	0,47	-0,27	0,25
Produtividade Milho 2013	A	6,7	11	8,95	9,20	0,99	11,1	1	-0,45	-0,5	0,10
	B	5,9	11	8,24	8,42	0,94	11,4	0,9	-0,19	-0,2	0,26

Mín. – Mínimo; Máx. – Máximo; Me – Mediana; S – Desvio Padrão; CV – Coeficiente de Variação; S² -Variância; AS – Assimetria; K – Curtose; N – Normalidade.

Foi realizada a ANOVA para os elementos químicos e físicos do solo em que estavam escassos ou em excesso, e também para a produtividade do milho, pois se verificou que poderia ter tido um maior número de pontos com produtividade acima da média esperada para a região. Porém, todos os valores de F foram menores que o F-crítico, indicando pouca diferença nos pontos onde havia quantidades desejadas em relação a produtividade, pois os pontos onde havia demais ou de menos não tiveram produtividades muito menores que os outros.

Portanto, para uma melhor interpretação foi realizado o teste de comparação de médias de Tukey e Fisher.

H+Al estava um pouco acima do esperado para uma boa produtividade, pois deveria estar com a maior parte dos pontos abaixo da média. Em 2012, a área A teve menor produtividade de soja nos pontos em que havia altas concentrações de H+Al. Para a produtividade do milho, não houve diferença, pois, a média foi a mesma.

Matéria Orgânica estava um pouco escassa somente na área B do solo de 2012. Portanto, fez-se as análises, e no caso da produtividade do milho, houve diferença, pois

quanto mais M.O. tinha maior era a produtividade do ponto. Já para a soja o efeito foi contrário, quanto menos M.O. maior era a produtividade.

O pH influenciou a produtividade do milho de todos os anos e das duas áreas, pois onde o pH é moderadamente ácido (melhor pH), a produtividade do milho é maior comparada as outras faixas. Para a produtividade da soja, só houve influência em 2013 na área A.

Somente nas áreas B de 2012 e 2013 a produtividade da soja foi maior nos pontos onde a produtividade do milho era acima da média 8,442 T/há.

A saturação por bases é um indicador de fertilidade do solo em % maiores que 50%, portanto quantidades altas é o ideal. Para a produtividade do Milho fez a diferença, pois nos pontos onde V% era mais alto a produtividade também era mais alta. Para a soja, não houve muita diferença, as médias permaneceram praticamente iguais.

CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos, através da análise de dependência espacial, das estatísticas exploratórias e da ANOVA e pelos testes de comparação de médias Tukey e Fisher, foi possível perceber que não houve diferenças significativas na produtividade dos pontos em que havia alguns atributos químicos escassos ou em excesso, isto é, não teve uma produtividade muito mais baixa nos pontos onde havia atributos fora da faixa esperada pela recomendação agrônômica para se ter uma melhor produtividade.

No teste de comparação de médias de Tukey e Fisher, houve algumas diferenças sim, mas muito insignificantes para usá-las como uma justificativa de a produtividade poder ter sido melhor. Porém, pode se concluir com o teste de comparação de médias, que somente a produtividade do milho, ainda que pouco, sofreu alguma contribuição da escassez ou excesso dos referidos atributos químicos, já na produtividade da soja, não houve nenhuma diferença mesmo. A contribuição da chuva na safra do milho pode ter sido um fator para a produtividade não ter sido tão alta, comparando-a com a média do oeste do Paraná. Também, a variedade da semente utilizada influencia muito.

Portanto, deve ser estudado também, não só a análise dos atributos químicos do solo, mas também a pluviosidade e a variedade da semente plantada, para saber até que condições a produtividade pode ser alta e lucrativa para o produtor, para que este possa estimar a produtividade da cultura plantada e realizar melhores escolhas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e à Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE).

REFERÊNCIAS

BAZZI, C. L.; SOUZA, E. G.; SANTOS, D.; KONOPATSKI, M. R. S.; QUEIROZ, F. N. **Influência de interpoladores na elaboração de mapas temáticos.** In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2010, Vitória. Anais do XXXIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2010.

BOTTEGA, E. L.; QUEIROZ, D. M. de; PINTO, F. de A. de C.; SOUZA, C. M. A. de. Variabilidade Espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no cerrado brasileiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 1-9, 2013.

CAVALCANTE, E. G. S.; ALVES, M. C.; SOUZA, Z. M. de; PEREIRA, G. T. 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.

COAMO; COODETEC. **Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas**. 2. ed. Paraná: Campo Mourão; Cascavel, 2001. 95 p.

COELHO, E. C.; SOUZA, E. G.; NOBREGA, L. H. P.; OPAZZO, M. O.; BAZZI, C. L.; SUSZEK, G. **Influence of the sampling density and of the type of interpolator on the elaboration of thematic maps**. In: Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão, 2008, Foz do Iguaçu. Anais Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola 2008, 2008.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006. 306 p.: il. ISBN 85-85864-19-2.

GREGO, C. R.; VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de propriedades físicas de solo em uma parcela experimental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 2, p. 169-177, 2005.

KORNDÖRFER, G. H. **Correção do solo e adubação da soja nos cerrados**. **Adubos & Adubação**. 2002. Disponível em: <<http://www.dpv24.iciag.ufu.br/new/dpv24/Apostilas/Recom.%20Adu.SOJA%20CERRADO%2002.pdf>> Acesso em: 19 Mai. 2015.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Interpretação de Análise de Solo: Conceitos e Aplicações**. São Paulo: São Paulo, 2004. 50 p. (Boletim Técnico n. 2, edição revisada, Associação Nacional para difusão de Adubos-ANDA).

MOREIRA, M. G. Soja – Análise da Conjuntura Agropecuária. **SEAB – Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento, DERAL - Departamento de Economia Rural**, 2012.17 p.

PIMENTEL, G. F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para o uso de aplicativos**. Piracicaba: Fealq, 2002. 309 p.

SALVADOR, J. T.; CARVALHO, T. C.; LUCCHESI, L. A. C. Relações cálcio e magnésio presentes no solo e teores foliares de macronutrientes. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 9, n. 1, p. 27-32, 2011.

SFREDO, G. J. **Soja no Brasil: Calagem, adubação e nutrição mineral**. Paraná: Londrina: Embrapa soja, 2008. 148 p. (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 1516-781X; n.305).

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Manual de Adubação e Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Rio Grande do Sul: Porto Alegre, 2004. 400 p.

VIANA, J. H. M.; RESENDE, A. V. de; GUIMARÃES, C. T.; PARENTONI, S. N. **Avaliação da Variabilidade Espacial do Solo em Experimentos de Eficiência Nutricional em Milho, Conduzidos em Área com Baixos Teores de Nutrientes: Um Estudo de Caso**. Minas Gerais: Sete Alagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 19 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1217- 1981; 18).

WOLLENHAUPT, N. C.; WOLKOWSKI, R. P. Grid soil sampling. **Better Crops with Plant Food**, Norcross, v.78, n.4, p. 6-9, 1994.