

Variabilidade espacial dos nutrientes no solo e seus efeitos na produtividade de soja

Tiago Allievi Françães¹ e Vanderlei Artur Bier¹

¹Faculdade Assis Gurgacz – FAG, Curso de Agronomia. Avenida das Torres n. 500, CEP: 85.806-095, Bairro Santa Cruz, Cascavel, PR.

tallievi@hotmail.com, vabier@fag.edu.br

Resumo: A análise dos fatores limitantes de produtividade na agricultura é um processo muito complexo, e se essa análise for imprecisa, a agricultura de precisão se torna ineficiente. O objetivo do trabalho foi estudar utilizando-se da agricultura de precisão e mapas de produtividade os fatores relacionados ao solo que interferiram na variação espacial da produtividade de soja (*Glycine max*) e receitar as correções necessárias para melhorar a fertilidade do solo. O estudo foi feito em uma lavoura no município de Corbélia, PR. A área total da lavoura estudada foi de 48 hectares, e com base em um mapa de produtividade da lavoura foram escolhidos vinte pontos para avaliação do solo. Avaliou-se Ca, Mg, K, Al, acidez potencial (H+Al), soma de bases, CTC, C, matéria orgânica, m% (saturação por Al), V%, P, pH (CaCl₂), relações Ca/Mg, Ca/K, Mg/K, K%, Ca%, Mg%, H% e Al%. Os fatores que devem ser corrigidos a princípio são: Ca, Mg, K, Soma de Bases, CTC, C, Matéria Orgânica, V%, pH, Mg%, H%, H+Al, Ca/Mg e Ca%. Não necessitam de correções: Al, m%, P, Ca/K, Mg/K, K% e Al%.

Palavras-chave: *Glycine Max*, agricultura de precisão, fertilidade do solo.

Nutrients space variability in the soil and its effects on soybeans yield

Abstract: The analyzes of the yield bounding factors in the daily of agriculture is a very complex process, and if this analysis will be inexact, the precision agriculture become inefficient. The objective was to study using of the agriculture of precision and yield maps the factors related to the soil that intervene with the soybeans (*Glycine max*) yield space variation and prescribe the necessary corrections to upgrade the soil fertility. The study was made in a farm at Corbélia, PR. The total area of the studied farm was of 48 hectares, and had been chosen twenty spots for evaluation of the soil. It was evaluated Ca, Mg, K, Al, (H+Al), sum of bases, CEC, C, soil organic matter, m%, V%, P, pH (CaCl₂), Ca/Mg, Ca/K, Mg/K, K%, Ca%, Mg%, H% e Al%. The variables that must be corrected at first are: Ca, Mg, K, sum of bases, CEC, C, soil organic matter, V%, pH, Mg%, H%, H+Al, Ca/Mg and Ca%. The ones that do not need correction are: Al, m%, P, Ca/K, Mg/K, K% and Al%.

Key words: *Glycine max*, precision agriculture, soil fertility.

Introdução

Agricultura de precisão por definição é uma técnica que consiste em, conhecendo especificamente cada área e suas variabilidades, corrigir precisamente suas deficiências em cada local e na quantidade exata necessária para este. Estas irregularidades ficam definidas em uma espécie de mapa, onde a área considerada é representada geograficamente com seus

respectivos índices de produtividade ou de algum fator como nutrientes individualmente representados no local (Molin, 2001).

O crescimento incessante da demanda de alimentos em todo o mundo cria a necessidade de a agricultura ser cada vez mais eficiente. A agricultura de precisão considera a desuniformidade da lavoura e possibilita a utilização de novas ferramentas para se corrigi-las visando aumentar a eficiência das lavouras. De acordo com Antunes (2006) esta nova concepção de agricultura está sendo adotada gradativamente no Brasil, e por se tratar de novos conceitos, como mapas de produtividade e aplicação localizada de insumos, são necessárias pesquisas nesta área para que os mesmos sejam adotados dentro da realidade em que está inserida.

Silva (2002) traça um paralelo entre a agricultura convencional e a agricultura de precisão. Apresenta como características da convencional a desconsideração da variabilidade espacial e a área de produção é considerada homogênea com aplicação generalizada dos recursos e em área total. A agricultura de precisão apresenta, segundo o autor, características como: a consideração da variabilidade espacial, a área total é considerada heterogênea e a aplicação dos recursos é feita de forma localizada e em taxas variáveis.

Estudos que identificam as manchas de uma lavoura já são feitos de forma comercial, por empresas que possuem equipamentos para realizar a agricultura de precisão, utilizando mapas das manchas (variabilidade) da lavoura para aplicação em taxa variável de calcário e fertilizante de acordo com a necessidade de cada ponto percorrido (Molin, 2001).

Segundo Molin (2009) muitos pesquisadores acreditam que o mapa de produtividade é a informação mais completa para se visualizar a variabilidade espacial das lavouras. Outras ferramentas estão sendo propostas e testadas para identificar as manchas de um talhão, como fotografias aéreas, imagens de satélite, videografia, amostragem de solo em grade e condutividade elétrica do solo. Todas merecem a devida atenção e os avanços da pesquisa deverão indicar se haverão novas tendências, mas nenhuma informação é mais real do que a própria resposta da cultura.

Um mapa de produtividade tem informações que surpreendem pela riqueza de detalhamento, as quais apontam que nossas lavouras apresentam manchas com produtividades extremamente variadas, e por isso é um bom ponto de partida para o início da implantação da agricultura de precisão (Molin, 2001).

Ao interpretar um mapa de produtividade visando gerenciamento futuro da lavoura, se deve levar em conta principalmente as causas consistentes da variabilidade, pois existem causas que possam não se repetir, e sobre essas se tem pouco ou nenhum controle. Deve-se

identificar e separar cada classe de variabilidade, investigando as causas consistentes. Estas causas devem ser acompanhadas e analisadas durante safras subseqüentes para identificar os fatores que influenciam na variabilidade (Fraisie, 2008).

Segundo Molin (2001) a investigação das causas da variabilidade apresentada nos mapas de produtividade é o maior desafio da agricultura de precisão, mesmo nos países em que a agricultura de precisão foi adotada no início da década de 90. Isso tem levado pessimistas a assumirem que a tecnologia não está atingindo as metas propostas.

A incerteza por parte dos agricultores a respeito da viabilidade econômica da agricultura de precisão ainda é o maior entrave para o avanço do sistema no Paraná. Silva *et al.* (2009) em conjunto com a Área de Economia Rural da Embrapa – Soja, realizou um estudo da viabilidade econômica da agricultura de precisão direcionado para o Paraná, e concluiu que é possível se obter uma relação custo-benefício favorável ao usuário interessado em adotar a agricultura de precisão.

Para assegurar a eficiência da agricultura de precisão existem meios de investigar as causas da variabilidade interpretando um mapa de produtividade, buscando as áreas da lavoura que apresentaram as menores produtividades, e com o auxílio de um aparelho de GPS ir até o local para realizar coleta de informações, como amostras de solo, um possível ataque de pragas localizado (de acordo com o histórico da área ou a informação do produtor) apenas da área em questão, e então com esses dados da área de baixa produtividade pode-se realizar uma investigação eficiente dos fatores limitantes (Molin, 2001).

Molin (2001) cita algumas das possíveis causas da variabilidade da produtividade: pH, clima, tipo de solo, drenagem, compactação, matéria orgânica, doenças, profundidade da semente no plantio, variedade, plantas daninhas, insetos, data do plantio, população etc.; e estas podem ser causas com intensidades variadas e ainda interagir com outros fatores, o que torna a sua identificação muito específica dentro de cada propriedade.

Ao falar dos fatores que influenciam na fertilidade de solo e adubação, Raij (1991) discorre sobre vários assuntos, como granulometria, composição química e mineral do solo, matéria orgânica, organismos, formação, perfil do solo, porosidade e agregação, retenção de água, aeração, constituição do solo, interação entre nutrientes, solução e reação do solo, mostrando que são inúmeros os fatores que influenciam na produtividade das culturas, assim como as possibilidades de interação entre diferentes fatores.

Machado *et al.* (2006) pesquisaram sobre variabilidade e adubação potássica em lavoura de alta produtividade de soja sob plantio direto utilizando mapas de fertilidade com coletas em grade e concluíram que: as diferentes doses de K aplicadas, não aumentaram a

produtividade na primeira safra; a produtividade da soja variou mais em função da variação textural do solo.

Amado *et al.* (2007) ao estudarem variabilidade espacial e temporal da produtividade de culturas sob sistema de plantio direto, obtiveram as seguintes conclusões: a produtividade da soja, do milho e do trigo alcançada apresenta variabilidade com continuidade espacial, correlacionando-se entre si ao longo dos anos; em anos de déficit hídrico ocorre aumento da variabilidade espacial da produtividade; a cultura do milho é mais eficiente do que a da soja em detectar a variabilidade espacial da produtividade existente na lavoura.

Em um estudo sobre metodologia para determinação de unidades de manejo para a cultura da soja, Milani *et al.* (2005) concluíram que a densidade e resistência mecânica do solo à penetração não se relacionaram consistentemente com a produtividade da soja. As pesquisas demonstraram que existe grande dificuldade em se correlacionar a produtividade da cultura da soja com atributos físicos.

Ao realizar um estudo sobre a produtividade e aspectos nutricionais de plantas de soja cultivadas em solos de cerrado com diferentes texturas, Santos *et al.* (2008) puderam constatar que os nutrientes mais limitantes à produtividade da soja foram K, Ca e B, principalmente em solos arenosos.

De acordo com Raij (1991) se existe um fator limitante sério ao crescimento, e isso vale para outros fatores de produção além dos nutrientes, a correção de um fator em deficiência pode não produzir o efeito desejado enquanto o primeiro não for corrigido. Portanto é importante que todos os possíveis fatores limitantes de produtividade sejam identificados e tratados adequadamente, para evitar que correções necessárias, mas feitas enquanto existe outro fator limitante, sejam interpretadas como ineficientes.

O objetivo do trabalho foi estudar, utilizando-se da agricultura de precisão e mapas de produtividade, os fatores relacionados ao solo que interferiram na variação espacial da produtividade de soja e receitar as correções necessárias para a fertilidade do solo.

Material e Métodos

Para a realização do estudo foi escolhida uma área de um único talhão, para se visualizar variabilidade espacial da produtividade das plantas de uma mesma variedade de soja, no município de Corbélia, PR. O talhão de 48 ha apresenta Latossolo Vermelho Distrófico, uma altitude de aproximadamente 650 m acima do nível do mar e sistema de semeadura direta há mais de uma década. A semeadura ocorreu em 25 de outubro de 2008 com a variedade de soja Spring[®], e uma adubação de 124 kg.ha⁻¹ de MAP (48% P₂O₅) mais 104 kg.ha⁻¹ de KCl em cobertura.

Depois de realizada a colheita da área, os dados coletados pelo sensor de produtividade da colhedora New Holland TC 59[®] foram transferidos para um computador e utilizando o software de uma empresa de agricultura de precisão foi formado o mapa de produtividade da área. Neste mapa é possível identificar a coordenada geográfica de qualquer ponto que se desejar analisar.

De posse do mapa de produtividade foram selecionados aleatoriamente 10 pontos na lavoura que apresentaram produtividade abaixo de 2300 kg.ha⁻¹, e outros 10 pontos com produtividade acima de 3700 kg.ha⁻¹ de soja na safra de verão 2008/2009. Os níveis de produtividade supracitados fazem parte de um conjunto de sete faixas definidas como padrão pelo software e representaram o nível médio superior de produtividade, 12,8% da área e o nível de produtividade inferior considerado 12,2% do total da área. Para a localização precisa dos pontos na lavoura, carregou-se no aparelho de GPS um mapa contendo os 20 pontos selecionados no software.

Em cada ponto georreferenciado foram retiradas utilizando um trado e um recipiente de mistura, 10 sub-amostras que foram homogeneizadas, coletadas e ensacadas de acordo com as especificações do laboratório de análise de solo. Em seguida todas as amostras devidamente identificadas foram entregues a um laboratório de análises de solo para uma análise de rotina.

As variáveis que foram analisadas são as seguintes: Ca, Mg, K, Al, Acidez potencial (H+Al), Soma de Bases, CTC, C, Matéria Orgânica, m% (Saturação por Al), V%, P, pH (CaCl₂), Relação Ca/Mg, Ca/K, Mg/K, K%, Ca%, Mg%, H% e Al%.

Com os laudos das análises de solo em mãos, tabulou-se os dados na planilha eletrônica Calc (BrOffice 2.3), para posterior conversão no arquivo de banco de dados dBase (dbf), extensão lida pelo pacote estatístico Sisvar (Ferreira, 2000). Iniciaram-se os trabalhos fazendo-se uma verificação (estatística descritiva) pelo Teste da Normalidade para verificação da possibilidade de utilização da estatística paramétrica. Parâmetros que não apresentaram normalidade pelo método de cálculo Shapiro-Wilk tiveram a normalidade verificada pelo teste Kolmogorov-Smirnov e a decisão de considerar normalidade foi apoiada pelo coeficiente de variação (% de desvio padrão em relação à média). Parâmetros que não passaram nesses critérios tiveram seus dados analisados pela estatística não-paramétrica.

Com os dados que apresentaram normalidade, executou-se a análise de variância com teste de Tukey a 1% e a 5% de significância. Os dados que não apresentaram normalidade e com alto coeficiente de variação foram tratados pela estatística não-paramétrica pelo teste de Mann-Whitney.

Resultados e Discussão

Os parâmetros produtividade, Ca, Mg (apenas pontos de baixa produtividade) K, H+Al (apenas alta produtividade), soma de bases, CTC, C, M.O., V%, P, pH (apenas alta produtividade), Ca/Mg, Ca/K, Mg/K, K%, Ca%, Mg% e H% apresentaram normalidade, enquanto os parâmetros Al, m% e Al% apresentaram em vários pontos valores nulos o que não permitiu análise confiável estatisticamente.

Os parâmetros pH (baixa produtividade), Mg (alta produtividade) e H+Al (baixa produtividade) não apresentaram normalidade ao nível de 5% pelo método Shapiro-Wilk, porém mostraram-se distribuídos uniformemente pelo método Kolmogorov-Smirnov além de ter apresentado um baixo coeficiente de variação para o pH (baixa produtividade), sendo este de 3,3%. H+Al (baixa produtividade) apresentou um coeficiente de variação de 18,4%, valor considerado aceitável.

O Mg (alta produtividade) apresentou 33,1% de coeficiente de variação, apesar de passar no teste de normalidade segundo o método Kolmogorov-Smirnov. Optou-se então por não considerar normalidade e aplicou-se o teste não-paramétrico Mann-Whitney.

Observa-se na Figura 1 que os pontos de alta produtividade que foram coletados apresentaram média de $3430 \pm 170,29$ kg.ha⁻¹, enquanto os pontos com baixa produtividade apresentaram média de $2263 \pm 157,70$ kg/ha⁻¹. Observa-se que para os pontos de alta produtividade o coeficiente de variação foi de 4,96% e para os pontos de baixa produtividade apresentaram 6,97%, ambos considerados baixos, o que representa grande homogeneidade entre as respectivas repetições.

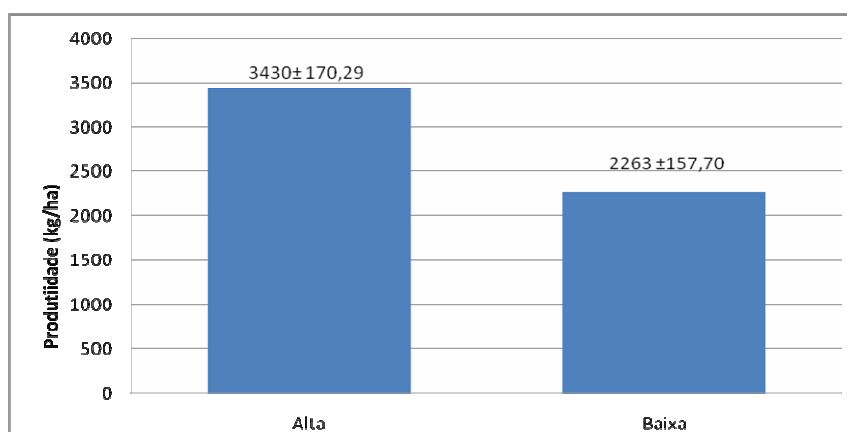


Figura 1 – Produtividade média e respectivo desvio padrão dos tratamentos.

Realizou-se a análise variância (ANOVA) ao nível de 5% de significância como descrito na Tabela 1, utilizando-se o software Sisvar (Ferreira, 2000).

Tabela 1 – Teste de F para a Anova

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Nível de produtividade	1	6809445.000000	6809445.000000	252.821	0.0000
erro	18	484810.000000	26933.888889		
Total corrigido	19	7294255.000000			

De acordo com o teste F, existe diferença estatística significativa entre os tratamentos (níveis de produtividade), levando-se então a investigar o ocorrido pelo teste de Tukey.

Tabela 2 – Teste de Tukey para a produtividade

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Baixa	2263.000000	a1
Alta	3430.000000	a2

Observa-se diferença estatística significativa ao nível de 1% e com 19 graus de liberdade entre os níveis de produtividade, o que significa que a região de coleta considerada alta possui produtividade de soja extremamente superior (média de 3430 kg.ha⁻¹) em relação à região de baixa produtividade, com média de 2263 kg.ha⁻¹.

A Tabela 3 apresenta os resultados estatísticos das análises de solo coletado, mostrando as variáveis avaliadas, sua significância e médias dos tratamentos.

Observa-se que Ca, Mg e K apresentaram significância à 1%, o que indica forte diferença entre esses nutrientes nos níveis de produtividade considerados, e conseqüentemente a Soma de Bases, que é justamente o somatório desses três nutrientes (Ca + Mg + K) também se mostrou significativa ao nível de 1%. Segundo a Embrapa (2008) esses atributos do solo são essenciais para assegurar a fertilidade do solo e desenvolvimento adequado da cultura da soja. Scherer (1998), ao estudar níveis críticos de potássio para soja em Latossolo húmico de Santa Catarina concluiu que existe relação entre os teores de K do solo (Mehlich-1) e da folha, bem como entre eles e a produção de grãos.

Ao estudar o efeito do calcário calcítico e dolomítico no rendimento de soja e aveia preta aplicado na superfície e incorporado, Holzschuh *et al.* (2007) concluíram que as recomendações comumente utilizadas para dosagem e aplicação de calcário são suficientes para satisfazer as necessidades de Ca e Mg para boa produtividade das plantas de soja.

Tabela 3 – Média e significância das variáveis analisadas

Variáveis	Médias		p	Resultado
	Produtividade Alta	Produtividade Baixa		
Ca (Cmol _c /dm ³)	7,82	6,13	0,01	**
Mg (Cmol _c /dm ³)	2,75	1,75	0,01	**
K (Cmol _c /dm ³)	0,97	0,67	0,01	**
Al (Cmol _c /dm ³)	0,01	0,11	0,08	NS
H+Al (Cmol _c /dm ³)	5,39	6,62	0,05	*
Soma de Bases (Cmol _c /dm ³)	11,54	8,55	0,01	**
CTC (Cmol _c /dm ³)	16,92	15,17	0,01	**
C (g/dm ³)	25,01	21,41	0,01	**
M.O. (g/dm ³)	43,02	36,83	0,01	**
m %	0,11	1,65	0,06	NS
V %	67,93	56,04	0,01	**
P (mg/dm ³)	48,54	48,90	0,97	NS
pH	5,21	4,90	0,01	**
Ca/Mg	2,99	3,57	0,02	*
Ca/K	8,42	11,00	0,21	NS
Mg/K	2,95	3,09	0,87	NS
K %	5,72	4,36	0,06	NS
Ca %	46,12	40,19	0,03	*
Mg %	16,09	11,49	0,01	**
H %	32,01	43,17	0,01	**
Al %	0,06	0,78	0,06	NS

p = probabilidade de erro ao rejeitar a hipótese nula; NS = não significativo; * = significativo à 5%; ** = significativo à 1%.

Ao mesmo passo que a Soma de Bases, a CTC e o pH também se apresentaram significantes ao nível de 1%, uma vez que como Montezano *et al.* (2006) observam, CTC é o somatório de K, Ca, Mg, e H+Al, em diferentes proporções destes, variando de acordo com o pH, portanto todos estes valores estão ligados entre si, em uma equação no solo, e sabe-se que esta equação é de grande importância na fertilidade. O pH certamente é importante porque interfere na disponibilidade de praticamente todos os nutrientes essenciais à planta de soja.

Apesar de os solos da região apresentaram certa homogeneidade quanto ao material de origem e grau de intemperização e a área estudada ser de 48 ha, a diferença ao nível de 1% de significância da CTC se justifica pela variação verificada nos teores de matéria orgânica, que é em grande parte, responsável pela capacidade de trocas de cátions em solos (Raij, 1991).

A acidez potencial (H+Al) apresentou diferença estatística significativa ao nível de 5% entre seus níveis, portanto pode estar relacionada com a produtividade, e isso se deve à sua relação com o pH do solo que já foi descrita acima, e a presença de Al³⁺ na solução do solo, que de acordo com Raij (1991) tem efeitos tóxicos à raiz.

Os teores de C e Matéria Orgânica (M.O.) apresentaram diferença significativa ao nível de 1%, resultado que pode ser justificado pela atuação da matéria orgânica melhorando a estruturação física e a liberação de nutrientes para a solução do solo, inclusive alguns micronutrientes (não avaliados neste trabalho), que exercem influência sobre a produtividade das plantas em geral (Raij, 1991). Estudando produtividade de trigo e soja em Latossolo Vermelho distrófico sob erosão simulada e causada pela chuva, Gaertner *et al.* (2003) concluíram que o teor de C orgânico afeta a produtividade de trigo e soja, nas condições de erosão simulada e erosão causada pela chuva.

O teor de Al e a saturação por alumínio (m%) apesar de apresentarem médias muito distintas entre os tratamentos, não apresentaram diferença significativa em seus níveis ($p=0,06$), devido à grande quantidade de amostras com ausência de Al^{3+} na solução dos solos avaliados, o que pode ter levado a tal resultado estatístico. Em estudo de saturação por alumínio e relação Al/Ca para a cultura da soja em solos de cerrado, Lima *et al.* (2003) concluíram que a saturação por Al e a relação Al/Ca influenciaram significativamente a produção de massa seca de soja nos dois solos avaliados.

O P se apresentou sem diferença nos seus teores nos dois níveis de produtividade, com um valor p (0,97) muito alto e médias muito próximas, inclusive sendo a média dos pontos de baixa produtividade (48,90 mg/dm³) apenas numericamente superior à média dos pontos de alta produtividade (48,54 mg/dm³). Esses valores encontrados são muito acima dos parâmetros comumente retratados nos solos da região. Isso pode ser explicado pelo uso de fosfato natural no solo nos últimos anos, que demora a reagir e disponibilizar para a planta todo o P que contém. O método (Mehlich) de extração de P utilizado pelo laboratório de solo extrai do solo e do fosfato natural que ainda não reagiu liberando todo seu P, uma quantidade de P muito superior àquela disponível realmente para a planta, como observaram Brasil e Muraoaka (1997).

Ao estudar fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal, Corrêa *et al.* (2004) concluíram que a massa de matéria seca da parte aérea da soja aumenta em função das doses de fósforo no solo.

As relações Ca/K e Mg/K apresentaram diferenças não significativas em relação aos níveis de alta e baixa produtividade, enquanto a relação Ca/Mg apresentou relações diferentes significativamente ao nível de 5%, com médias de 2,99 para alta produtividade e 3,57 para baixa produtividade. De acordo com a Embrapa (2008), pode-se considerar uma relação Ca/Mg adequada para solos com $CTC \geq 8 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ entre 1,5 e 3,5, portanto para o solo

aqui estudado, as relações Ca/Mg das amostras de solo da alta produtividade (2,99) podem ser consideradas mais adequadas à fertilidade do solo.

Em estudo sobre efeitos da saturação por bases, relações Ca:Mg no solo e níveis de fósforo sobre a produção de material seco e nutrição mineral do milho, Hernandez e Silveira (1998), concluíram que a produção de material seco do milho foi influenciada positivamente pela saturação por bases e pelas doses de fósforo e negativamente pelo aumento da relação Ca:Mg no solo. As relações Ca:Mg maiores que 3:1 causaram quedas no crescimento e na produção das plantas, em razão do efeito antagônico do Ca na absorção de Mg.

Com médias de 5,72 para alta produtividade e 4,36 para baixa produtividade, K% não apresentou diferença significativa ao nível de 5%, com um valor p de 0,06. Para Al % ao exemplo do Al, com várias amostras de valor 0,00, também não se apresentou significativo ao nível de 5% devido ao alto valor p (0,06).

O teor de Ca% apresentou diferença significativa ao nível de 5%, enquanto Mg% e H% apresentaram diferença significativa ao nível de 1%. O Ca é um elemento com pouca mobilidade uma vez dentro da planta (Raij, 1991), portanto, com redistribuição limitada, uma insuficiência dos teores desse nutriente em praticamente qualquer estágio de desenvolvimento da soja, pode resultar em queda de produtividade causada pela deficiência do Ca nas flores e frutos.

A diferença significativa da saturação por hidrogênio (H%) ao nível de 1% está diretamente relacionada com a variação do pH, tendo em vista que quanto menor o pH, mais íons H^+ estarão livres na solução do solo, deslocando outros cátions, que ficam então sujeitos à lixiviação (Raij, 1991).

O nível de saturação indicado para o Mg é de 13 a 20% para solos com $CTC \geq 8$ $cmol.c.dm^{-3}$ (Embrapa, 2008), portanto percebe-se que enquanto a média do solo em pontos de alta produtividade se enquadra nesta recomendação (16,09), a média das amostras da baixa produtividade se desenquadra (11,49), indicando que a baixa presença de Mg na solução do solo pode ser relacionada com a produtividade.

Conclusões

Os primeiros fatores a serem corrigidos são: Ca, Mg, K, Soma de Bases, CTC, C, Matéria Orgânica, V%, pH, Mg%, H%, H+Al, Ca/Mg e Ca%; Não necessitam de correções: Al, m%, P, Ca/K, Mg/K, K% e Al%.

Referências

- 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 de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.8, p.1101-1110, ago. 2007.
- ANTUNES, M. U. F. **Análise da evolução espaço-temporal da produtividade de uma lavoura de soja (*Glycine Max (L.) Merril.*). Estudo de caso.** 2006. 74f.. Dissertação (Mestrado em Geomática) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- BRASIL, E. C.; MURAOAKA, T. **Extratores de fósforo em solos da Amazônia tratados com fertilizantes fosfatados.** R. bras. Ci. Solo, Viçosa, 21:599-606, 1997.
- CORRÊA, J. C.; MAUAD, M.; ROSOLEM, C. A. **Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v.39, n.12, p.1231-1237, dez. 2004 .
- EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE. **Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil – 2009 e 2010.** - Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados 262p. ; 21cm. – (Sistemas de Produção / Embrapa Soja). 2008.
- HERNANDEZ, R. J. M.; SILVEIRA; R. I. **Efeitos da saturação por bases, relações Ca:Mg no solo e níveis de fósforo sobre a produção de material seco e nutrição mineral do milho (*Zea mays L.*).** Sci. agric. vol. 55 n. 1 Piracicaba Jan./Abr. 1998.
- HOLZSCHUH, M. J.; KAMINSKI, J.; BARTZ, H. R.; KLEIN, M.; TIECHER, T.; MORO, V.; TOLEDO, M. J. A. **Efeito do calcário calcítico e dolomítico no rendimento de soja e aveia preta aplicado na superfície e incorporado.** XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Gramado, RS, agosto, 2007.
- FERREIRA, D. F. **Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0.** In...45ª Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade internacional de Biometria. UFSCar, São Carlos, SP, Julho de 2000. p.255-258.
- FRAISSE, C. **Agricultura de precisão: tecnologia ao alcance de todos.** Disponível em: <www.agriculturadeprecisao.com.br>. Acesso em: 19 dezembro 2008.
- GAERTNER, C.; DEDECEK, R. A.; BISCAIA, R. M. **Produtividade de trigo e soja em Latossolo Vermelho distrófico sob erosão simulada e causada pela chuva.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v. 38, n. 12, p. 1443-1449, dez. 2003.
- LIMA, D. V.; KLIEMANN, H. J.; FAGERIA, N. K.; MORAES, M. F.; LEANDRO, W. M.; SEVERIANO, E. C. **Saturação por alumínio e relação Al/Ca para a cultura da soja em solos de cerrado.** Revista Agricultura Tropical, Cuiabá, v. 7, n. 1, p. 106-118, dez. 2003.
- MACHADO, P. L. O. A.; BERNARDI, A. C. C.; MEIRELLES, M. S. P.; SILVA, C. A.; VALENCIA, L. I. O. V.; MADARI, B. E.; GIMENEZ, L. M.; MOLIN, J. P. **Agricultura de precisão – Variabilidade e adubação potássica em lavoura de alta produtividade de soja sob plantio direto.** Bonito: [2006]. 20 slides.

MILANI, L.; SOUZA, E. G.; URIBE-OPAZO, M.; FILHO, G. A.; JOHANN, J. A.; SANTOS, R. Metodologia para determinação de unidades de manejo em área de soja. **3º Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão**. Sete Lagoas, MG, 2005.

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

MOLIN, J. P. **Definição de unidades de manejo a partir de mapas de produtividade**. Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br/departamentos/ler/download/APP%202002.02.PDF>>. Acesso em: 15 maio 2009.

MONTEZANO, Z. F.; CORAZZA, E. J.; MURAOKA, T. **Variabilidade espacial da fertilidade do solo em área cultivada e manejada homogeneamente**. R. Bras. Ci. Solo, 30:839-847, 2006.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo; Piracicaba: Ceres, Potafos, 1991. 343p.

SANTOS, F. C.; NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; FOLONI, J. M.; FILHO, M. R. A.; KER, J. C. **Produtividade e aspectos nutricionais de plantas de soja cultivadas em solos de cerrado com diferentes texturas**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n5/23.pdf>>. Acesso em: 20 dezembro 2008.

SCHERER, E. E. **Níveis críticos de potássio para soja em Latossolo húmico de Santa Catarina**. R. Bras. Ci. Solo, 22:57-62, 1998.

SILVA, C. B.; MORETTO, A. C.; RODRIGUES, R. L. **Viabilidade econômica da agricultura de precisão: o caso do Paraná**. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/12/12O499.pdf>>. Acesso em: 11 maio 2009

SILVA, E. A. da. **Agricultura de precisão e o manejo localizado de fatores de suporte à produção agrícola**. Presidente Prudente: [2002]. 44 slides.

Recebido em: 26/04/2010

Aceito para publicação em: 05/06/2010