

MAPEAMENTO DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO A PARTIR DE AMOSTRAGEM PARA FINS DE AGRICULTURA DE PRECISÃO E TRADICIONAL

Luiz Henrique Campos de Almeida¹, Fabrício Maceira Mauricio², Guilherme Renato Gomes³, Gustavo Adolfo de Freitas Fregonezi⁴

¹ Doutorando em agronomia na Universidade Estadual de Londrina (PR). E-mail: caluizhenrique@msn.com

² Graduando em Agronomia no Centro Universitário Filadélfia (PR).

³ Doutorando em agronomia na Universidade Estadual de Londrina (PR).

⁴ Professor Doutor do Departamento de Agronomia no Centro Universitário Filadélfia (PR).

RESUMO: O aumento da demanda mundial por alimento, aliado à redução na expansão das áreas agrícolas evidencia a necessidade da correção da fertilidade dos solos para obtenção de altas produtividades e rentabilidade satisfatória. O presente estudo objetivou comparar as técnicas de amostragem de solo tradicional e agricultura de precisão. Os níveis de fertilidade, observados a partir de amostras coletadas em áreas de manejo tradicional e nos grids da agricultura de precisão, foram analisados e interpretados por meio de software Farms Work[®] para verificação do melhor sistema de análise e recomendação. Os resultados demonstraram que na agricultura tradicional, áreas de baixa e alta fertilidade são mascaradas, em função de a área ser representada por amostras compostas de diversos pontos amostrais. Na agricultura de precisão, a área é subdividida por classes de fertilidade, ficando evidentes os locais de alta e baixa fertilidade, o que as tornam aptas para receber as devidas correções de fertilidade. A agricultura de precisão mostrou ser mais viável à recuperação de áreas degradadas, manutenção da fertilidade do solo e utilização de insumos de maneira correta e eficiente.

Palavras-chave: Amostragem de solo. Recomendação de adubação. Custos com adubação.

MAPPING OF CHEMICAL SOIL ATTRIBUTES THE ACCURACY OF AGRICULTURE AND FROM TRADITIONAL

ABSTRACT: The Increased global demand for food, combined with the reduction in the expansion of agricultural areas highlights the need of soil fertility correction to obtain high yields and satisfactory profitability. This study aimed to compare the traditional soil sampling techniques and precision agriculture. Fertility levels observed from samples collected in areas of traditional management and grids of precision agriculture were analyzed and interpreted through Farms Work[®] verification software the best system analysis and recommendation. The results showed that in traditional agriculture, low and high fertility are masked areas, depending on the area is represented by samples consisting of several sampling points. In precision farming, the area is subdivided for fertility classes, being evident the high and low fertility sites, making them able to receive the necessary fertility fixes. Precision agriculture proved to be more viable to recover degraded areas, soil

fertility maintenance and use of correct and efficient inputs.

Key words: Soil sampling. Fertilizer recommendation. Fertilizer costs.

INTRODUÇÃO

O setor agrícola brasileiro tem grande representatividade no PIB. No entanto, com o aumento da demanda mundial por alimentos e a redução da disponibilidade de novas áreas a serem exploradas, a recuperação de solos degradados torna-se grande alternativa para alcançar elevadas produtividades e rentabilidade.

O solo é um meio complexo e heterogêneo, composto por atributos químicos, físicos e biológicos, que, sob a ação de condições climáticas e práticas de manejo, sofre constantes transformações. São essas transformações que nos permitem estudar a evolução dos níveis de fertilidade e índices de produtividade obtidos, pois o bom conhecimento do solo, a partir de observações morfológicas detalhadas, facilita compreender seu funcionamento (FREGONEZI; ESPINDOLA, 2008; VARASCHINI, 2012).

Pesquisas sobre a qualidade do solo e suas características têm aumentado consideravelmente, pois ele é o fator fundamental na manutenção e sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola. Algumas formas de manejo, comumente utilizadas até então, estão sendo condenadas devido à preocupação com a sustentabilidade ambiental. Estes manejos estão sendo substituídos por práticas como o plantio direto, rotação de culturas, análises de solo e mais recentemente a agricultura de precisão (FREGONEZI *et al.*, 2014; VARASCHINI, 2012).

Diante da crescente demanda de produção de alimentos, da dependência econômica das nações em relação à atividade agrícola e da preocupação com a preservação dos recursos naturais, verifica-se a necessidade de se aumentar a produtividade por unidade de área, reduzir os custos de produção, minimizar os impactos ambientais e aumentar a rentabilidade do produtor rural. Desta forma, conhecer a variabilidade espacial dos atributos químicos do solo é fundamental, principalmente, quando existe a possibilidade de otimização de recursos para a produção (FREGONEZI *et al.*, 2014).

Essa situação favorece o desenvolvimento de novos métodos que modifiquem o sistema de condução das propriedades agrícolas. Dentre os novos métodos está a utilização da Agricultura de Precisão (AP) (LAMPARELLI, 1997). Seu princípio baseia-se no georreferenciamento de campos produtivos, metro a metro, considerando a existência de variabilidade significativa dentro de um talhão ou unidade mínima de manejo, tendo como elemento chave mapas de atributos físicos e químicos do solo para tornar áreas, cada vez mais, homogêneas, porém sempre rentáveis. Visando otimizar os custos, minimizar os efeitos indesejáveis ao meio ambiente e aumentar a produtividade (BORTOLI *et al.*, 2011; TSCHIEDEL; FERREIRA, 2002; SARAIVA *et al.*, 2000).

Para o funcionamento da agricultura de precisão, são utilizados o Sistema de Informações Geográficas (SIGs), o Sistema de Posicionamento Global (GPS), requerendo

quatro subsistemas: o sensoriamento (levantamento e coleta dos dados), gerenciamento (tomada de decisão), a aplicação (manipulação dos dados para aplicação localizada de insumos a taxas variáveis) e a avaliação de resultados. Essas são algumas das ferramentas que tratam, especificamente, cada ponto da propriedade agrícola, sendo que para esta tarefa, cada particularidade do solo é considerada (LAMPARELLI, 1997; SCHUELLER, 2000; COELHO, 2005; GIOTTO *et al.*, 2004).

A confecção de mapas de fertilidade do solo é uma das aplicações da agricultura de precisão mais utilizada. Como regra geral, espera-se que o mapa-base do campo tenha a melhor precisão possível, uma vez que ele servirá para todas as análises e operações de campo. O mapa de fertilidade pode ser obtido a partir da análise de solo e é por meio dele que se faz a tomada de decisão sobre adubação com taxa variável.

Diferente da aplicação uniforme de fertilizantes e corretivos, utilizada nos sistemas tradicionais, que podem resultar em áreas com aplicações abaixo ou acima da dose necessária, a aplicação em taxas variáveis possibilita melhores produtividades e eficiência do uso de nutrientes com simultânea redução do potencial de poluição ambiental (BERNARDI *et al.*, 2004).

Neste sentido, objetivou-se analisar e interpretar os níveis de fertilidade de solo, obtidos a partir de amostras coletadas em áreas de manejo na agricultura tradicional e nos grids da agricultura de precisão.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em propriedade agrícola localizada na cidade de Bela Vista do Paraíso – PR (Latitude: S 22°57'58.9", Longitude: O 51°11'59.3"), no ano agrícola de 2012/2013.

O solo é classificado como Latossolo Vermelho Álico, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS *et al.*, 2013) O clima é Cfa (temperado quente com precipitação em todos os meses do ano e verão quente com temperaturas maiores que 30 °C), segundo classificação de Köppen; o relevo da área vai de plano à suave ondulado, com excelente potencial agrícola, para culturas perenes e anuais, como demonstra as explorações agrícolas da região (IAPAR; EMBRAPA, 1984).

Foram avaliadas duas formas de amostragem de solo: agricultura tradicional (AT) e agricultura de precisão (AP). Primeiramente, foi realizado o mapeamento da área com auxílio de um GPS Juno, da marca Trimble®, equipado com programa de navegação Mobile e de um quadriciclo TRX 420 Fourtrax 4x4. Por meio do percurso em torno da área, obteve-se o mapa da área total percorrida.

Para a coleta de amostras de solo, de acordo com o sistema de AP, utilizou-se o mapa obtido da área e estabeleceu-se o grid de amostragem, sendo que o tamanho adotado foi de um hectare. As amostras foram coletadas por um equipamento com uma broca, acionada pelo sistema hidráulico do quadriciclo, na profundidade de 0-20 cm.

Já nas coletas de solo de acordo com o sistema AT, caminhou-se em zigue-zague por toda a área ao acaso e foram coletadas amostras de solo de 15 locais diferentes. O solo coletado de cada um desses locais (subamostras) foi misturado, formando uma amostra composta e homogênea, e enviada ao laboratório.

Foram coletadas oito amostras de solo, em uma área total de 8,34 hectares, em ambos os sistemas de amostragem. Cada amostra foi composta de 15 subamostras coletadas em um raio máximo de 10 m do ponto central do grid, totalizando 120 amostras no total.

Foram determinados o pH em CaCl_2 $0,01 \text{ mol dm}^{-3}$, H^+Al (obtido através de correlação com o índice SMP), Ca e Mg trocáveis (extraídos por KCl 1 mol dm^{-3} e determinados por complexometria com EDTA), K trocável e P disponível (extraídos por H_2SO_4 $0,0125 \text{ mol.dm}^{-3} + \text{HCl}$ $0,05 \text{ mol dm}^{-3}$, e determinados por fotometria de chama e colorimetria, respectivamente) (PAVAN *et al.*, 1992). Com base nestes dados foi calculada a saturação por bases (V). Também foi determinado o C orgânico por colorimetria (TEDESCO *et al.*, 1985).

Os mapas de fertilidade foram gerados pelo programa de interpolação de dados, Farms Work[®], que cruza as informações coletadas pelo quadriciclo, como pontos, grid e perímetro com as análises químicas. A partir dos mapas de fertilidade, realizou-se a interpretação dos níveis de nutrientes e comparou-se com os mapas gerados pela amostragem tradicional.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta o mapa de teor de Ca para AT e AP numa área de 8,34 ha, onde foi observado $0,63 \text{ cmolc dm}^{-3}$ de cálcio em AT, índice considerado baixo (ALVARES *et al.*, 1999a). Em AP, em torno de 0,75 ha obtiveram-se níveis de cálcio de 1,05 a $1,25 \text{ cmolc dm}^{-3}$, considerados valores médios para o elemento. Já os outros 7,59 ha da AP apresentaram níveis de 0,41 a $1,04 \text{ cmolc dm}^{-3}$ Ca, valores considerados baixos. Podemos observar que se realizada a calagem através da agricultura tradicional haverá um desperdício de calcário numa área de 0,75 ha onde os níveis são considerados médios, não necessitando de aplicação do mesmo.

Nota-se que a forma como foi definida a amostragem, influi diretamente na classificação do solo quanto à fertilidade da área. Segundo ALVARES *et al.* (1999b), valores de cálcio expressos entre $0,41\text{-}1,20 \text{ cmolc dm}^{-3}$ são classificados como baixos, enquanto valores médios são aqueles entre $1,21\text{-}2,40 \text{ cmolc dm}^{-3}$.

Na Figura 2, observa-se que na AT apresenta, em área total, $0,54 \text{ cmolc dm}^{-3}$ de magnésio, valor considerado médio segundo ALVARES *et al.* (1999b). Na AP, 5,31 ha apresentaram níveis de magnésio entre 0,50 a $0,83 \text{ cmolc dm}^{-3}$, considerados valores médios, ou seja, comportamento também identificado na AT. Contudo, a AP apresentou aproximadamente 3,04 ha com classificação baixa e valores entre 0,34 a $0,49 \text{ cmolc dm}^{-3}$ de Mg (ALVARES *et al.*, 1999b).

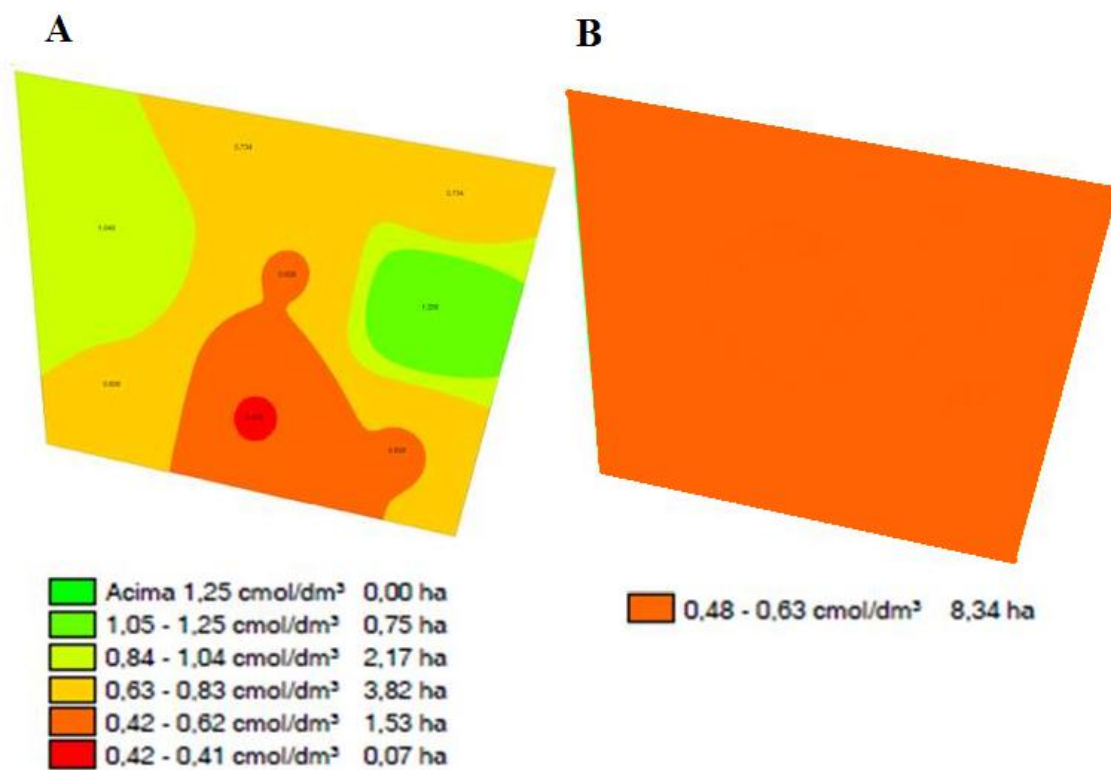


Figura 1. Nível de fertilidade do elemento cálcio em agricultura de precisão (A) e amostragem tradicional (B). Bela Vista do Paraíso, 2013.

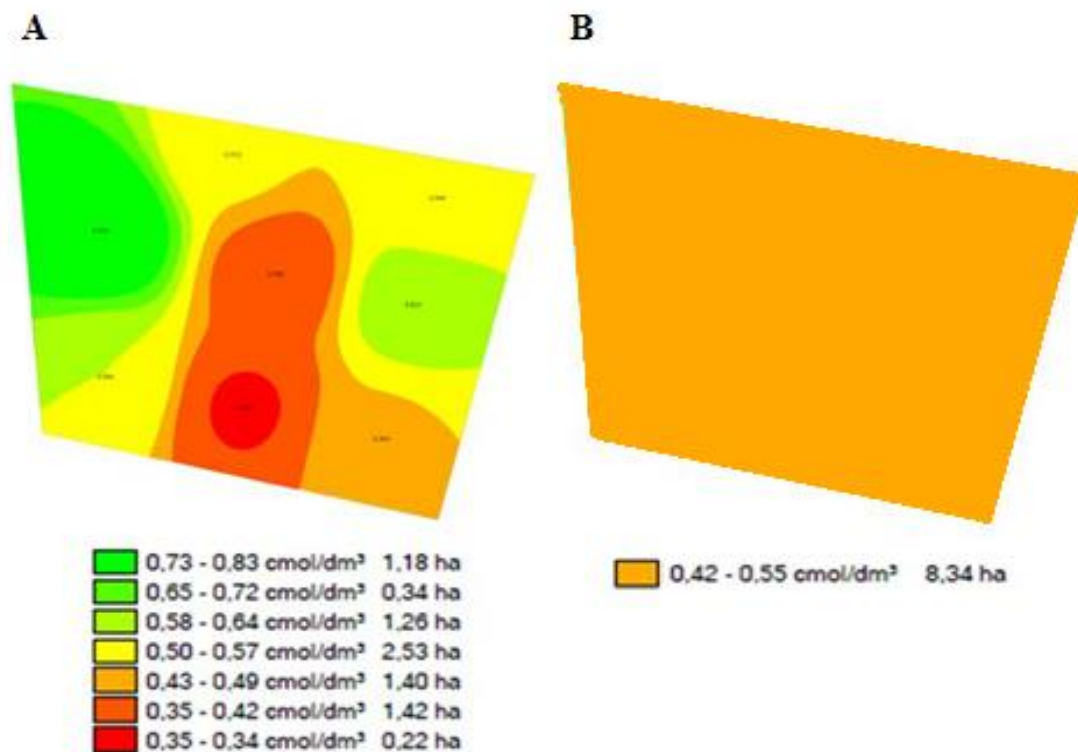


Figura 2. Nível de fertilidade do elemento magnésio em agricultura de precisão (A) e amostragem tradicional (B). Bela Vista do Paraíso, 2013.

Em relação ao fósforo (Figura 3), observa-se que a AT apresenta em 8,34 ha o valor de 1,28 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de fósforo, o que é considerado como muito baixo. Na AP são apresentadas faixas de variabilidade espacial, nas quais se pode observar que em 8,34 ha o valor de fósforo oscilou entre 1,07 a 2,50 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de fósforo, que são classificados também como muito baixo. Segundo Sousa e Lobato (1996), solos com teor de argila <20% que apresentaram valores de fósforo Mehlich I até de 6,0 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ também podem ser classificados como muito baixo.

O mapa de AP mostra cinco subáreas com de 1 mg dm^{-3} , considerado muito baixo, em vermelho; 1,35 mg dm^{-3} considerado baixo, em laranja; 1,5 mg dm^{-3} considerado médio, em amarelo; 2 mg dm^{-3} considerado bom, em verde claro e 2,4 mg dm^{-3} considerado ótimo, em verde escuro. Com resultados diferentes podemos utilizar aplicação a taxas variáveis com o propósito de elevar os teores de P para uma faixa ideal de fertilidade, entre 2,24 e 2,50 mg dm^{-3} .

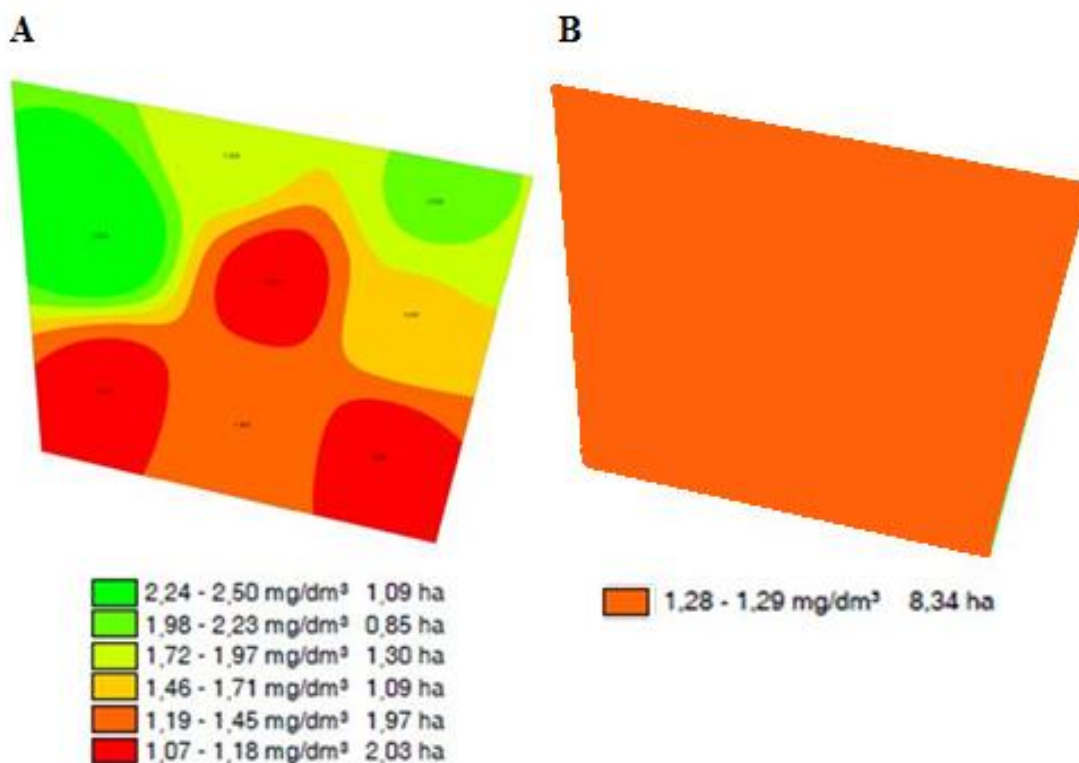


Figura 3. Nível de fertilidade do elemento fósforo Mehlich I em agricultura de precisão (A) e amostragem tradicional (B). Bela Vista do Paraíso, 2013.

Observa-se que, o mapa de AT (Figura 4) em 8,34 ha 0,13 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de potássio, e AP, em 8,34 ha obtiveram-se níveis de potássio de 0,09 a 0,20 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, que são considerados valores muito baixos para o elemento. Segundo Alvares *et al.* (1999a), valores de potássio expressos abaixo de 1,5 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ são classificados como muito baixo.

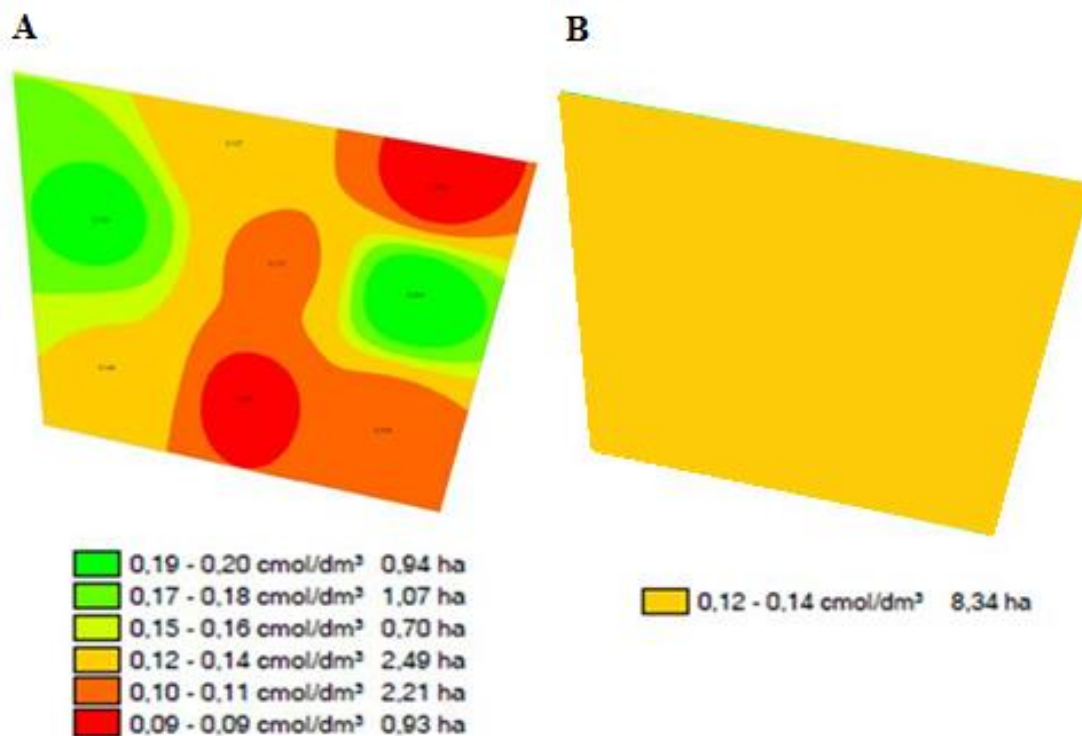


Figura 4. Nível de fertilidade do elemento potássio em agricultura de precisão (A) e amostragem tradicional (B). Bela Vista do Paraíso, 2013.

Na Tabela 1, nota-se o impacto da redução da densidade amostral, tanto na capacidade de representar a variabilidade espacial dos componentes da fertilidade quanto nas quantidades de corretivos e fertilizantes a serem aplicados. Dessa forma, o uso das informações de mapas com baixa densidade amostral promove a elevação da variabilidade espacial, pois são realizadas aplicações de fertilizantes em doses inadequadas.

Tabela 1. Restituição da fertilidade do solo em amostragem tradicional e agricultura de precisão. Bela Vista do Paraíso, 2013.

Elementos	Unidades	Tradicional (kg ha ⁻¹)	Agricultura de Precisão (kg ha ⁻¹)	%
Calcário	65% Ca na CTC	17.395	15.726	10
Calcítico	PRNT 80%			
Calcário	65% Ca na CTC	0	2.494	100
Dolomítico	PRNT 80%			
P ₂ O ₅ (00-28-00)	Fósforo Mehlich I 45 mg dm ³	17.884	13.983	22
K ₂ O (00-00-60)	5% na CTC	91	4.280	98

Na AP, a variabilidade de fertilidade do solo permitiu uma recomendação de corretivo e fertilizante tecnicamente mais racional, proporcionando uma maior probabilidade de resposta em aumento da produtividade e equilíbrio nutricional do solo.

Com pode-se observar na Tabela 1 os sistemas tradicionais manejam as propriedades agrícolas de forma homogênea, tomando como base condições médias das extensas áreas de produção para se realizar ações corretivas, o que promove o uso de doses inadequadas de fertilizantes (MANTOVANI *et al.*, 2005).

Quando se desconsidera a variabilidade espaço temporal de uma área, como realizado na área de AT, figuras 1B, 2B, 3B e 4B, há uma tendência de sobrecarregar as subáreas, que já são férteis, e não atingir níveis ótimos em outras subáreas deficientes, o que compromete o rendimento das culturas e torna o custo de produção mais elevado. Essa situação pode ocasionar menor produção por área e maior impacto ambiental (MACHADO *et al.*, 2007).

CONCLUSÃO

A forma de amostragem utilizada tradicionalmente resulta em recomendação de quantidade de fertilizante igual em toda a área, não sendo a forma mais adequada de manejo de solo.

As ferramentas da agricultura de precisão indicam com exatidão os locais de baixa fertilidade, proporcionando uso racional de fertilizante.

A agricultura de precisão reproduz mapas com a verdadeira variabilidade dos teores analisados representando melhor a realidade da fertilidade do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES V. V. H.; DIAS, L. E.; RIBEIRO, C. A.; SOUZA, R. B. Uso de gesso agrícola. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5 ed. Aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 67-78.(a)

ALVARES V. V. H.; NOVAES, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5 ed. Aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25-32. (b)

BERNARDI, A. C. C.; GIMENEZ, L. M.; MACHADO, P. L. O. A.; SILVA, C. A. Aplicação de fertilizantes a taxas variáveis. In: MACHADO, P. L. O. A.; BERNARDI, A. C. C.; SILVA, C. A. (Ed.). **Agricultura de precisão para o manejo da fertilidade do solo em sistema plantio direto**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. p. 153-164.

BORTOLI, G. F.; FIORIN, J. E.; WYZYKOWSKI, T. Mapeamento da fertilidade do solo e da recomendação de fertilizantes e corretivos usando técnicas de agricultura de precisão. In: SEMINÁRIO INTERINSTITUCIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 16, 2011, Cruz Alta. **Anais...** Cruz Alta: Unicruz, 2011. Disponível em: <http://www.unicruz.edu.br/seminario/>. Acesso em: 08 jun. 2015.

COELHO, A. M. **Agricultura de precisão: manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e culturas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. p. 60. (Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, 46).

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

IAPAR; EMBRAPA. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná**. Curitiba: IAPAR / EMBRAPA, 1984. 791 p. (Boletim técnico, 57).

FREGONEZI, G. A. F.; ESPINDOLA, C. R. Perfil de manejo na identificação de modificações químicas do solo decorrentes do uso agrícola. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 3, p.485-498, 2008.

FREGONEZI, G. A. F.; PRETE, R. O.; ALMEIDA, L. H. C. Avaliação econômica da correção de solos pelo método tradicional e pela agricultura de precisão. **Synergismus scyentífica**, Curitiba, v. 9, n. 1, p.484-497, 2014.

GIOTTO, E.; SULZBACH, L; ANTUNES, M. U. F.; SILVA, D. V. R. A. **Agricultura de Precisão com o Sistema CR Campeiro 5**. Santa Maria: UFSM, 2004. 330 p.

LAMPARELLI, R. A. C; ROCHA, J. V. Agricultura de precisão: maior produtividade e menor custo. **Revista Agrosoft**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 23-25, 1997.

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 de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 31, p.591-99, 2007.

MANTOVANI, E. C.; COELHO, A. M.; MATOSO, M. J. Agricultura de precisão. **Agroanalysis**, São Paulo, v. 25, n. 4, p.1-8, 2005.

PAVAN, M. A.; BLOCH, M. F.; ZEMPULSKI, H. C.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D. C. **Manual de análise química de solo e controle de qualidade**. Londrina: IAPAR, 1992. 40 p. (Circular 76).

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3.ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

SARAIVA, M.; CUGNASCA, C. E; HIRAKAWA, A. R. Aplicação em taxa variável de fertilizantes e sementes. In: BORÉM, A.; GIUDICE, M. P.; QUEIROZ, D. M.; MANTOVANI, E. C.; FERREIRA, L. R.; VALLE, F. X. R.; GOMIDE, R. L. R. **Agricultura de Precisão**. Viçosa: UFV, 2000. p. 109-45.

SCHUELLER, J. K. O estudo da arte da agricultura de precisão nos EUA. In: SIMPÓSIO SOBRE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2, 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba. Escola Superior de Agricultura. Luiz de Queiroz, 2000. p. 8-16.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Correção do solo e adubação da cultura da soja**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1996. 30 p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 33).

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul / Departamento de Solos, 1985. 188 p.

TSCHIEDEL, M.; FERREIRA, M. F. Introdução à agricultura de precisão: conceitos e vantagens. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p.159-163, 2002.

VARASCHINI, A. D. C. **Avaliação da fertilidade do solo na agricultura de precisão**. Ijuí: Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2012. 55 p. (Monografia - Curso de Agronomia)