



ARTICLES/ARTIGOS/ARTÍCULOS/ARTICLES

Mapas de fertilidade de solo em área manejada com agricultura de precisão cultivada com café

Doutora Adriane de Andrade Silva

Zootecnista, Professora Adjunta, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia. R. Goiás, 2000 – *Campus* Monte Carmelo, CEP 38500.000, Monte Carmelo (MG). E-mail: adriane@iciag.ufu.br

Doutora Regina Maria Quintão Lana

Engenheira agrônoma, Professora Titular, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia. Av. Amazonas s/n, *Campus* Umuarama, Bloco 4c112, CEP 38400-000, Uberlândia (MG). E-mail: rmqlana@iciag.ufu.br

Doutora Ângela Maria Quintão Lana

Engenheira agrônoma, Professora Associada do Departamento de Zootecnia – Escola de Veterinária - Universidade Federal de Minas Gerais. Av. Presidente Antônio Carlos 6627, Campus da UFMG, Pampulha, Caixa Postal 567, CEP 31270-901, Belo Horizonte (MG). E-mail: ana@vet.ufmg.br

Engenheira Agrônoma Laura Ferreira Bomtempo

Engenheira Agrônoma, responsável técnica do laboratório Hidroferti laboratório de análise de solos, Rua maranhão, 483, lagoa Grande, CEP 38700-207, Patos de Minas (MG). E-mail: laura@hidroferti.com.br

Mestrando Pedro Afonso Couto Júnior

Engenheiro Agrônomo, Mestrando do Curso de Pós-Graduação em Agronomia; Instituto de Ciências Agrárias; Universidade Federal de Uberlândia – *Campus* Umuarama. E-mail: pj-dm@hotmail.com

RESUMO

ARTICLE HISTORY

Received: 28 August 2013

Accepted: 12 January 2014

Há na maioria dos sistemas de cultivo grande variabilidade de atributos químicos de solo, em função de aplicações de fertilizantes em doses inadequadas a cada área. Com a adoção da tecnologia de Agricultura

PALAVRAS-CHAVE:

Taxa variada

Grides de amostragens

Mapas de fertilidade

de Precisão é possível ajustar uma área a quantidade ideal de fertilizante. Sendo assim, objetivou-se avaliar em três anos consecutivos uma área em que está sendo implantada a agricultura de precisão quanto as alterações nos mapas de fertilidade do solo dos teores de Ca, Mg, P, K e S. Avaliou-se uma área localizada no município de três pontas, Minas Gerais, Brasil, em que está estabelecida uma lavoura de café variedade Catuaí, manejada em condição de sequeiro. Realizou-se a avaliação dos atributos de solo, teores de cálcio, magnésio, fósforo, potássio e enxofre, em uma área de 16,84 hectares, separadas por grades de amostragens de 1 hectare. Realizou-se a retirada de 85 pontos representando 17 grades de amostragem na profundidade de 0-20 cm, com os resultados das análises de solo foram gerados mapas de fertilidade do solo os quais foram diagnosticados diferentes classes de interpretação de teores de nutrientes de acordo com o CFSEMG (1999). Observa-se que houve variação nos valores de Ca e Mg entre os anos de avaliação (2009, 2010 e 2011), e nos teores de P, K e S. A aplicação de taxa variada promoveu uma homogeneização da área ao longo de três anos. O monitoramento da variabilidade nos atributos químicos, observou alterações nos teores de nutrientes avaliados, o que auxilia na tomada de decisão do uso da aplicação em taxa variada de fertilizantes na lavoura cafeeira.

KEY-WORDS:
Rate varied
Sampling grids
Maps fertility

ABSTRACT: MAPS OF SOIL FERTILITY IN THE AREA MANAGED WITH PRECISION AGRICULTURE CULTIVATED WITH COFFEE. There is in most cropping systems large variability in chemical properties of soil due to fertilizer applications in inadequate doses every area . With the adoption of precision farming technology is an area can adjust the optimum amount of fertilizer. Therefore , it was evaluated in three consecutive years in an area that is being implemented precision agriculture as changes in soil fertility maps of Ca, Mg , P , K and S. We evaluated an area located in the municipality of three points , Minas Gerais , Brazil , where it is an established coffee plantations Catuaí , managed upland condition . We conducted the assessment of soil properties , calcium, magnesium, phosphorus , potassium and sulfur, in an area of 16.84 hectares , separated by sampling grids of 1 hectare. Held the withdrawal of 85 points representing 17 sampling grids in the depth of 0-20 cm , with the results of analyzes of soil maps of soil fertility which were diagnosed different classes of interpretation of nutrient content were generated according to the CFSEMG (1999) . It is observed that there was variation in the amounts of Ca and Mg between evaluation years (2009, 2010 and 2011) , and the concentration of P, K and S. The application of variable rates promoted a homogenization of the area over three years. The monitoring of the

variability in chemical properties , observed changes in nutrient contents measured, which assists in making the decision to use the application variable rate fertilizer in coffee plantations.

RESÚMEN:

Cambio variado
Cuadrículas de muestreo
Fertilidad Mapas

RESÚMEN. MAPS OF SOIL FERTILITY IN THE AREA MANAGED WITH PRECISION AGRICULTURE CULTIVATED WITH COFFEE. Existe en la mayoría de los sistemas de cultivo de gran variabilidad en las propiedades químicas del suelo debido a la aplicación de fertilizantes en dosis inadecuadas cada área . Con la adopción de la tecnología de agricultura de precisión es un área puede ajustar la cantidad óptima de fertilizante. Por lo tanto, se evaluó en tres años consecutivos en una zona que se está implementando la agricultura de precisión como los cambios en los mapas de la fertilidad del suelo de ca , mg , p , k y s. Evaluamos una zona situada en el municipio de tres puntos, minas gerais , brasil, donde es un establecieron plantaciones de café catuaí , condición de secano administrado. Hemos llevado a cabo la evaluación de las propiedades del suelo , calcio , magnesio, fósforo , potasio y azufre , en un área de 16,84 hectáreas , separados por el muestreo de las redes de 1 hectárea . Celebrada la retirada de 85 puntos que representan 17 cuadrículas de muestreo en la profundidad de 0-20 cm, con los resultados de los análisis de los mapas de suelos de fertilidad de los suelos que fueron diagnosticados diferentes clases de interpretación del contenido de nutrientes se generaron de acuerdo con el cfsemg (1999) . Se observa que no hubo variación en las cantidades de ca y mg entre evaluación año (2009, 2010 y 2011) , y la concentración de p , k y s. La aplicación de tipos variables promovió una homogeneización de la zona durante tres años. El monitoreo de la variabilidad en las propiedades químicas , los cambios observados en el contenido de nutrientes medidos , que ayuda en la toma de la decisión de utilizar el fertilizante tasa variable de aplicación en las plantaciones de café.

Introdução

Agricultores sempre têm procurado maximizar a produção física e econômica das culturas, variando a aplicação de insumos de acordo com os tipos de solos e desempenho das culturas. Porém com a mecanização da agricultura somente foi possível manejar economicamente as culturas em grandes áreas com a aplicação uniforme de insumos. O desenvolvimento do Sistema de Posicionamento Global – GPS, associado a equipamentos capazes de medir a variabilidade (monitores de colheita) e aplicação de insumos (fertilizantes, herbicidas, sementes, etc.) a taxas variáveis, há possibilidade de se reverter essa situação, possibilitando, assim, o manejo das culturas de modo mais específico.

Agricultura de precisão ou manejo por zonas uniformes tem por princípio básico o manejo da variabilidade dos solos e culturas no espaço e no tempo. Sem essa variabilidade, o conceito de agricultura de precisão tem pouco significado e nunca teria evoluído (Mulla & Schepers, 1997). Pierce & Nowak (1999) utilizam a seguinte definição: "Agricultura de Precisão é a aplicação de princípios e tecnologias para manejar a variabilidade espacial e temporal, associada com todos os aspectos da produção agrícola, com o objetivo de aumentar a produtividade na agricultura e a qualidade ambiental".

Doerge (1999) define zonas uniformes de manejo como: "uma subárea do campo que expressa a combinação de fatores limitante da produção e para a qual a aplicação de uma simples dose de um determinado insumo seria apropriada". Assim, o delineamento de zonas uniformes é simplesmente uma maneira de classificar a variabilidade espacial dentro de uma determinada área agrícola.

As relações entre o material de origem, a topografia, o tempo e as resultantes propriedades induzem uma variabilidade natural dos solos na paisagem. A intensidade dessa variação espacial depende dos processos de formação dos solos e seu balanço no tempo e no espaço. Diferenças no material de origem, drenagem e atividade biológica (incluindo humana) podem causar grandes diferenças nos solos a curtas distâncias (Beckett & Webster, 1971; Burrough, 1993). Como verificado por Wright et al. (1990), Pierce et al. (1995) e Timilin et al. (1998), embora as propriedades do solo, indicadoras da fertilidade, tenham apresentado grande variabilidade, elas tiveram pouca relação com a variabilidade nas produções de milho, devido, principalmente, aos altos níveis (acima da faixa de suficiência) de nutrientes no solo.

Devido ao fato de que, normalmente, as propriedades do solo são espacialmente correlacionadas (Borrough, 1993), isto é, locais mais próximos apresentam propriedades mais similares do que locais mais distantes, a análise espacial deve ser utilizada quando o enfoque é quantificar essa variabilidade (Coelho, 2003). Áreas pedologicamente idênticas podem apresentar variabilidade distinta em atributos, quando submetidas às diferentes práticas de manejo. Da mesma forma, áreas pedologicamente diferentes, quando submetidas ao mesmo manejo, podem apresentar-se semelhantes em seus atributos (Corá et al, 2007). Esse mesmo autor observou que os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} apresentaram elevada variabilidade, resultados semelhantes àqueles encontrados por Salviano et al. (1998). As pesquisas com agricultura de precisão com a cultura do café têm demonstrado variabilidade acentuada de atributos do solo e da produção. MARQUES JÚNIOR et al. (2000), investigando a variabilidade espacial de atributos químicos e granulométricos do solo de uma lavoura de café na região de Patrocínio-MG, observaram dependência espacial para todos os atributos estudados. BALASTREIRE et al. (2001) realizaram um mapeamento da produtividade da cultura do café no município de Pinhal-SP e verificaram variabilidade da produtividade do café, a partir de um mínimo de $1,4 \text{ Mg ha}^{-1}$ a um máximo de $18,4 \text{ Mg ha}^{-1}$, o que corresponde à variação de $12,9 \text{ Mg ha}^{-1}$. MOLIN et al.(2002) realizaram um trabalho de mapeamento de produtividade de café e sua correlação com os componentes de fertilidade do solo em duas áreas pilotos nos municípios de Gália-SP e Pompéia-SP e observaram que os componentes de

correlação entre a produtividade e fertilidade do solo resultaram em baixos valores. As duas áreas apresentaram grande variação na produtividade (1,3 a 4,5 Mg ha⁻¹).

O conhecimento da variação de atributos químicos é importante para o levantamento e manejo do solo, planejamento de esquemas de amostragem e gerenciamento de práticas agrícolas. Por isso, antes de buscar qualquer relação desses atributos com a cultura, é importante avaliar a extensão e a intensidade da dependência espacial da sua variação, isoladamente ou em conjunto com outras variáveis (Gandah et al., 2000). Em um estudo sobre variabilidade espacial em café Silva et. al.(2010), observaram que a acidez do solo é o principal atributo a ser avaliado com o uso da análise multivariada, sendo que de acordo com Zanão et. al. 2004 deve-se além da variabilidade horizontal a variabilidade vertical, entre as profundidades, torna-se necessário.

Com isso, objetivou-se objetivou-se mensurar a variabilidade espacial em três anos consecutivos uma área em que está sendo implantada a agricultura de precisão quanto as alterações nos mapas de fertilidade do solo, dos teores de Ca, Mg, P, K e S, com o uso de mapas de solos e recomendações de aplicações de taxas variadas.

Material e métodos

Realizou-se a avaliação de parâmetros químicos do solo na Fazenda Estrela, localizada no município de Três Pontas, Minas Gerais, região do Sul de Minas Gerais. O clima da região é do tipo tropical e pode ser classificado como mesotérmico brando e úmido com 3 meses secos. O solo é classificado como Latossolo Vermelho amarelo, distrófico, em que está implantado uma lavoura de café variedade Catuaí, implantada à 5 anos no início do experimento, manejado em sistema de sequeiro, em que eram realizados os tratos culturais normais do café. Implantou-se no talhão em 2009, o manejo com aplicação de insumos em taxa variada. O experimento foi desenvolvido na propriedade com mais de 150 hectares em que separou-se os talhões de acordo com variabilidades nas características de relevo e solo, em um talhão 16,84 hectares realizou-se a geração dos mapas com os gride de amostragem de 1 ha. Em cada pondo do gride realizou-se a coleta de amostra de solo na profundidade de 0-20 cm, com 5 pontos de amostragem por gride, para obtenção de uma amostra composta, retiradas com uso de sonda acoplada a um triciclo com monitoramento dos pontos por GPS. Utilizou-se das avaliações em medidas repetidas no tempo das alterações das análises químicas de solo e das recomendações de adubação e mapas de fertilidades do solo dos anos 2009; 2010 e 2011.

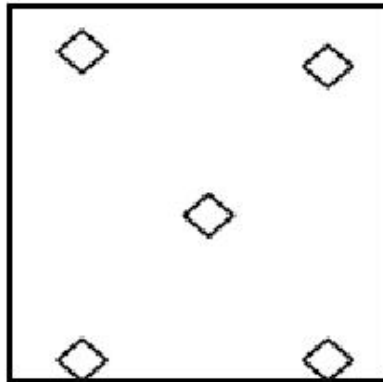


Figura 1 – Grid de amostragem, em uma área de 1 hectare, foram definidos 5 pontos de coleta separados equidistantes entre si, para obtenção de uma amostra composta.

Analizou-se os seguintes atributos: pH em H₂O, cálculo da necessidade de calagem pelo método da saturação por bases, teor de Ca e Mg, além da saturação por alumínio, segundo metodologias descritas por EMBRAPA (2009). Os dados foram avaliados com a geração de mapas de fertilidade, com o uso dos aplicativos do sistema Arvus, com obtenção de classes distintas de fertilidade de solo. As variabilidades foram observadas pela geração de mapas com cores distintas de acordo com as classes de solo.

Resultados e discussão

Observa-se na figura 2 que no ano de 2009 somente 1,92 ha encontra-se com teor de cálcio (Ca) abaixo do considerado ideal (2,4 cmol_c dm⁻³), de acordo com a CFSEMG (1999) sendo a faixa de variação entre 1,20 a 2,29 cmol_c dm⁻³. Em 2010 observou-se que 11,63 ha encontrava-se o teor de Ca ideal (2,77 a 2,25 cmol_c dm⁻³) e 5,19 ha com teor entre 1,60 a 2,12 cmol_c dm⁻³. Já em 2011, 14,93 ha encontrava-se ideal entre 2,47 a 4,50 cmol_c dm⁻³, com somente 1,96 há abaixo do ideal (1,50 a 2,46 cmol_c dm⁻³).

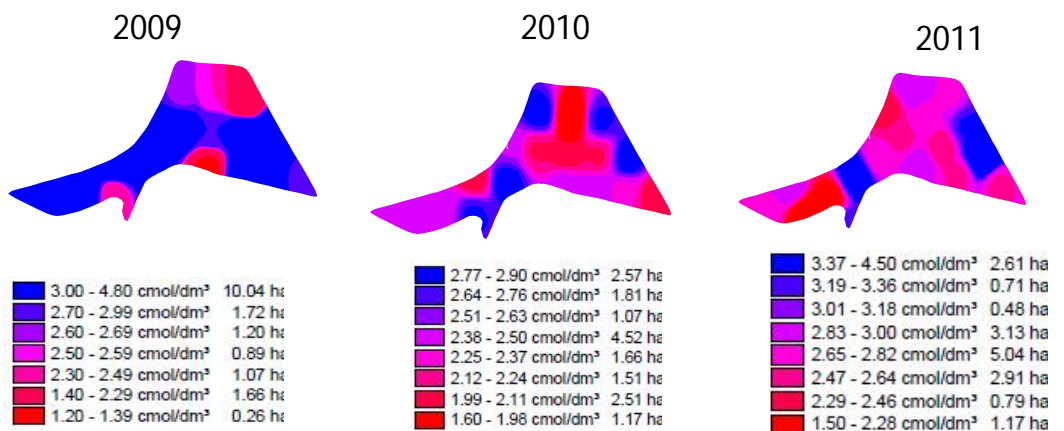


Figura 2: Variabilidade espacial dos teores de Ca entre os anos de 2009 (A), 2010 (B), 2011 (C) do talhão Rancho, situado na Fazenda Estrela – Três Pontas.

Em relação aos teores de Magnésio (Mg) na figura 3, verificou-se que em 2009 12,72 ha encontrava-se abaixo do ideal (0,90 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$), sendo os teores variando entre 0,20 a 0,89 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$. Em 2010, 3,86 ha encontrava-se ideal (0,89 a 1,90 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) e 12,98 ha entre 0,40 a 0,88 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$. Já em 2011, 15,2 ha encontrava-se com o teor ideal (1,19 a 2 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$), ou seja, em 3 anos foi possível realizar a melhoria dos níveis dos teores de Mg uma vez que em 2009 somente 24,46% da área encontrava-se ideal e em 2011, este valor subiu para 90,26%, sendo a agricultura de precisão uma ferramenta que possibilitou alcançar os teores ideais em 65,8% da área.

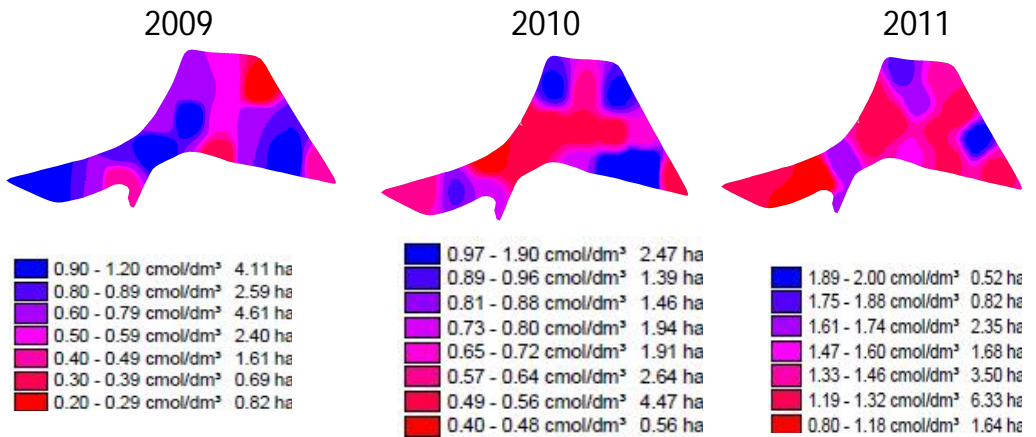


Figura 3: Variabilidade espacial dos teores de Mg entre os anos de 2009 (A), 2010 (B), 2011 (C) do talhão Rancho, situado na Fazenda Estrela – Três Pontas.

Em 2009, o pH (acidez ativa) em 8,96 ha encontrava-se próximo ao ideal (5,2 a 5,8) e em 7,85 entre 4,20 a 5,19. Em 2010, somente 4 ha encontrava-se ideal (5,2 a 5,3) e 12,84 entre 4,10 a 4,9. E em 2011 foram verificados 100% da área com teores de 5,6 a 6,5, sendo considerados ideais (Figura 4). Em 2009, a área apresentava maiores limitações em relação ao pH, e Mg do que em relação ao Ca, a partir deste diagnóstico foi possível obter em 3 anos a uniformização da área com todas (Ca, Mg e pH) próximos ao ideal. Esse resultado foi obtido com a utilização não só de calcários, mas a recomendação de outras fontes visando a obtenção de relações ideais dos nutrientes

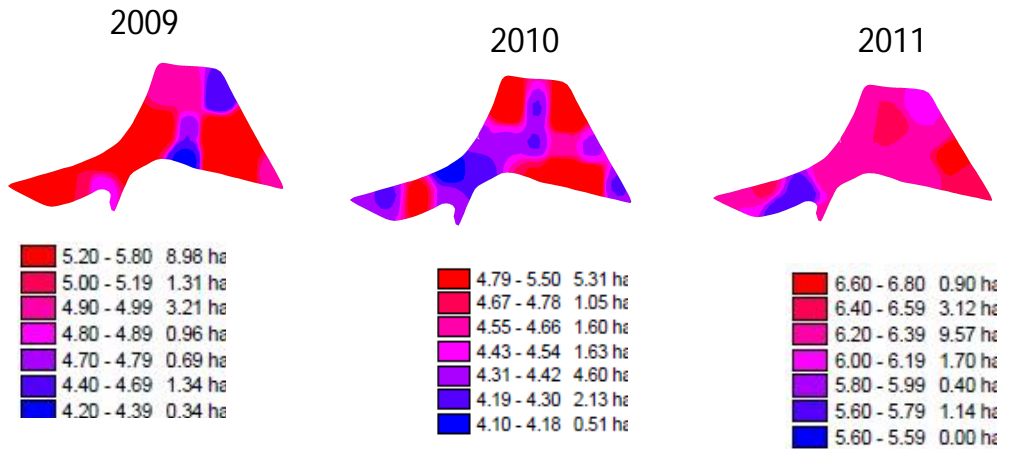


Figura 4: Variabilidade espacial do pH entre os anos de 2009 (A), 2010 (B), 2011 (C) do talhão Rancho, situado na Fazenda Estrela – Três Pontas.

Observa-se na Figura 5 que, em 2009, somente 0,95 hectares encontram-se com teor de potássio abaixo do ideal de acordo com a CFSEMG (1999) de 70 mg dm⁻³, em 2010 4,23 ha encontrava-se com teor abaixo do ideal, e em 2011 100% da área encontrava-se com teor acima do adequado. Porém observa-se que em 2009, 65% e em 2010, 57,6% da área encontrava-se com teor acima de 100 mg dm⁻³, a opção pela elevação do teor de potássio para teores elevados deve-se a sua relação com a qualidade de bebida. O potássio é um nutriente que permite a melhoria na qualidade dos grãos, metabolização de açúcares e auxilia na maturação, entre outras características correlacionadas a qualidade da florada, o que melhora a produtividade do cafeeiro. Silva et al (2008) observaram que houve baixa variabilidade nos teores de potássio entre duas safras agrícolas de café.

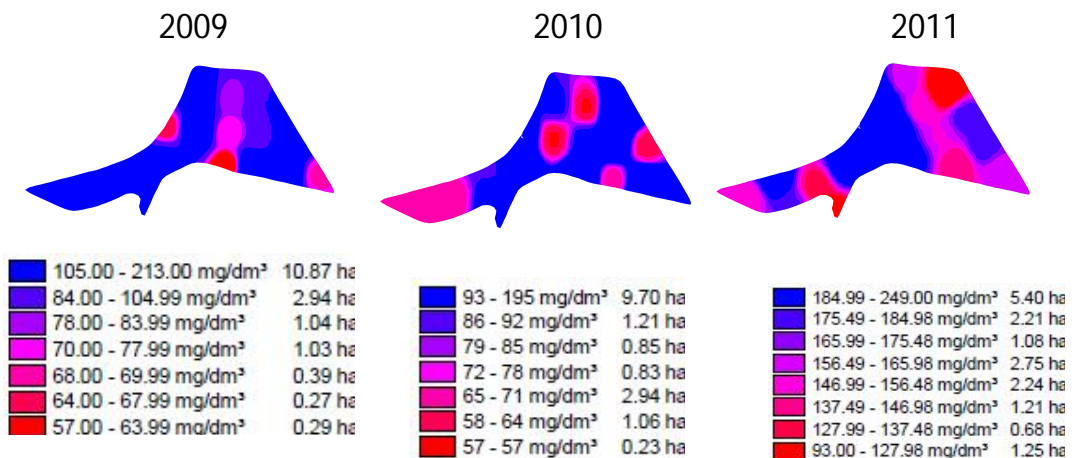


Figura 5: Variabilidade espacial dos teores de potássio (K) entre os anos de 2009, 2010 e 2011 do talhão Rancho, situado na Fazenda Estrela – Três Pontas.

Em relação ao fósforo (P), observa-se figura 6, em 2009 somente 6,48 ha não estava com o teor de P considerado ideal para solos de textura média de acordo com a CFSEMG (1999) em 2010 e 2011, 100 % da área encontra-se com teor adequado. Entre os atributos do solo, o mais difícil de obter elevação é o fósforo pela sua característica de elevada adsorção e obteve-se elevada concentração com em 2011, com 40% da área com teores entre 49 e 105 mg dm⁻³.

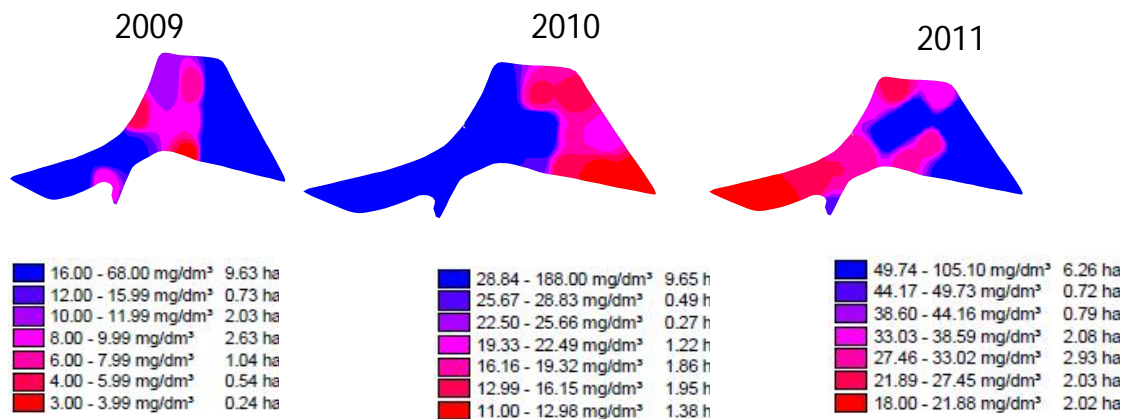


Figura 6: Variabilidade espacial dos teores de fósforo (P) entre os anos de 2009, 2010 e 2011 do talhão Rancho, situado na Fazenda Estrela – Três Pontas.

Em relação aos teores de enxofre (S) observa-se (Figura 7), 7,32 ha estavam abaixo do teor ideal para solos com teor de textura média (7,0 mg dm⁻³) e em 2011 somente 2,59 ha encontrava-se abaixo. Esse incremento é importante, pois o enxofre tem elevada correlação com o nitrogênio. A avaliação de mapas de fertilidade do solo permitem observar as variações obtidas nos diferentes grides de amostragem permitindo observar que através da aplicação em taxa variada há uma homogeneização da área permitindo que aos poucos seja aumentados os grides de amostragem e assim reduzindo os custos com amostragem de solo e tendo maior aproveitamento das áreas manejadas dentro de níveis adequados de fertilidade do solo.

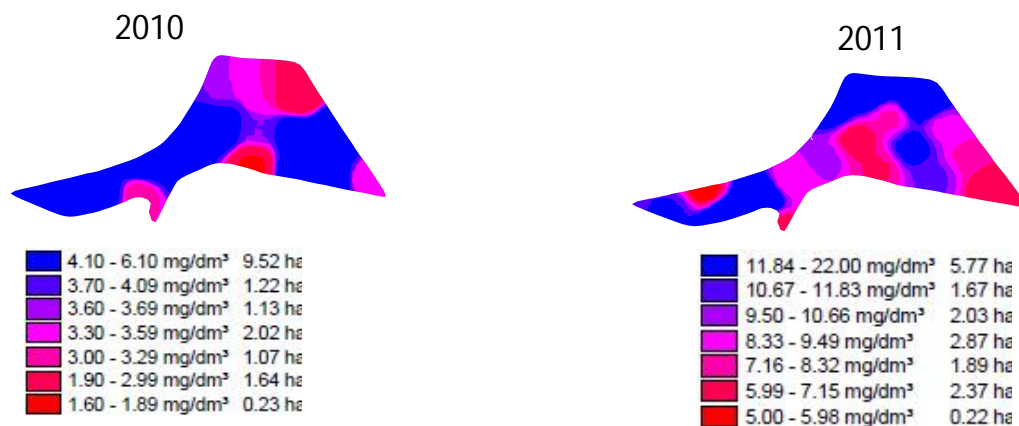


Figura 7: Variabilidade espacial dos teores de S entre os anos de 2010 e 2011 do talhão Rancho, situado na Fazenda Estrela – Três Pontas.

Conclusões

Observou-se variabilidade entre os teores de Ca, Mg, K, P e S entre os grids avaliados entre as safras coletadas. A aplicação de taxa variada promoveu uma homogeneização da área ao longo de três anos. O monitoramento da variabilidade nos atributos químicos, observou alterações nos teores de nutrientes avaliados, o que auxilia na tomada de decisão do uso da aplicação em taxa variada de fertilizantes na lavoura cafeeira.

Referências

- BALASTREIRE, L.A. Agricultura de precisão: mapeamento da produtividade de uma cultura de café (compact disc). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., Foz do Iguaçu, 2001. Anais...Jaboticabal: SBEA, 2001. CD-ROM.
- BECKETT, P.H.T. & WEBSTER, R. Soil variability: a review. *Soil Fertil.*, 34:1-15, 1971.
- BURROUGH, P. A. Soil variability: a late 20th century view. *Soils and Fertilizers*, Wallingford, v. 56, p. 529-562, 1993.
- CFSEMG (1999) Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais: Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação. Viçosa, MG. 359p.
- CORÁ, J. E.; ARAUJO, A. V.; PEREIRA, G. T.; BERALDO, J. M. G. Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, Brasil, vol. 28, núm. 6, 2004, pp. 1013-1021.
- DOERGE, T. A. Management zones concepts. In: POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE. Site-Specific Management Guidelines: SSMG-2. 1999. 4 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2 ed. rev. e ampl. Brasília: EMBRAPA, 2009. 627 p.
- GANDAH, M.; STEIN, A.; BROUWER, J. & BOUMA, J. Dynamics of spatial variability of millet growth and yields at three sites in Niger, West Africa and implications for precision agriculture research. *Agric. Systems*, 63:123- 140, 2000.

- MARQUES JÚNIOR et al. Variabilidade espacial de propriedades químicas e físicas de latossolos em áreas de cerrado sob cultivo de café, em Patrocínio, MG. In: BALASTREIRE, L.A. O estado-da-arte da agricultura de precisão no Brasil, Capítulo III - Mapeamento da Produtividade e de Atributos de Solos e de Plantas. Piracicaba: ESALQ, 2000. p.105-112.
- MOLIN, J.P. et al. Mapeamento da produtividade de café e sua correlação com componentes de fertilidade do solo em duas áreas pilotos. In: BALASTREIRE, L.A. Avanços na agricultura de precisão no Brasil no período de 1999-2001. Piracicaba, ESALQ, 2002. p.58-65.
- MULLA, D.J., AND J.S. SCHEPERS. 1997. Key processes and properties for site-specific soil and crop management. p. 1–18. In E.J. Sadler tion for this study. (ed.) The state of site-specific management for agriculture. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
- PIERCE, F. J.; ANDERSON, N.; COLVIN, T. S.; SCHUELLER, J. K.; HUMBURG, D.; McLAUGHLIN, N. In: ROBERT, P. C.;RUST, R. H.; LARSON, W. E (Ed.). Site-specific management for agriculture systems. Madison: ASA: CSSA: SSSA, 1995. p.203-236.
- PIERCE, F.J., AND P. NOWAK. 1999. Aspects of precision agriculture.Bozdogan, H. 1987. Model selection and Akaike's information crite- Adv. Agron. 67:1–85.
- SILVA,S.A; LIMA,J.S de S; XAVIER,A.C; TEIXEIRA, M.M. Variabilidade espacial de atributos químicos de um latossolo vermelho-amarelo húmico cultivado com café R. Bras. Ci. Solo, 34:15-22, 2010.
- TIMLIN, D. J.; PACHEPSKY, Y. A.; SNYDER, V. A.; BRYANT, R. B. Spatial and temporal variability of corn grain yield on a hillslope. Soil Science Society of America Journal, Madison, v. 62, p. 764-773, 1998.
- ZANÃO JUNIOR, L.A; LANA, R.M.Q; GUIMARÃES, E.C; PREIRA, J.M de A. Variabilidade espacial dos teores de macronutrientes em latossolos sob sistema plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 34:389-400, 2010