

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

VARIABILIDADE ESPACIAL EM ÁREA MANEJADA COM AGRICULTURA DE
PRECISÃO CULTIVADA COM CAFÉ

BÁRBARA ANTONIETA MARTINS

Uberlândia - MG
Novembro – 2012

BÁRBARA ANTONIETA MARTINS

VARIABILIDADE ESPACIAL EM ÁREA MANEJADA COM AGRICULTURA DE
PRECISÃO CULTIVADA COM CAFÉ

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao curso de Agronomia, da
Universidade Federal de Uberlândia, para
obtenção do grau de Engenheiro
Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Beno Wendling
Co-Orientação: Prof^a. Dr^a. Adriane de
Andrade Silva

Uberlândia - MG
Novembro – 2012

BÁRBARA ANTONIETA MARTINS

VARIABILIDADE ESPACIAL EM ÁREA MANEJADA COM AGRICULTURA DE
PRECISÃO CULTIVADA COM CAFÉ

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao curso de Agronomia, da
Universidade Federal de Uberlândia, para
obtenção do grau de Engenheiro
Agrônomo.

Aprovado pela Banca Examinadora em 09 de Novembro de 2012

Prof. Dr. Beno Wendling
Orientador

Profa. Dra. Adriane de Andrade Silva
Membro da Banca e Co-orientadora

Eng. Agrº. Pedro Afonso Couto Junior
Membro da Banca

SUMÁRIO

1. - Introdução Geral.....	5
2. - Material e Métodos.....	10
3. - Resultados e Discussão	11
4. - Conclusão.....	22
Referências	23

RESUMO

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 de Precisão é possível ajustar uma área a quantidade ideal de fertilizante. Avaliou-se uma área em propriedade localizada no município de Três Pontas. Realizou-se a avaliação dos teores de Cálcio, Magnésio e saturação por bases, em uma área de 9,75 hectares, separadas por grades de amostragens de 1 hectare. Realizou-se a retirada de 50 pontos representando 10 grades de amostragem na profundidade de 0-20 cm. Observa-se que houve variação nos valores de Ca e Mg entre os anos de avaliação refletindo em variação na saturação de bases. Observou-se variabilidade entre os teores de Ca, Mg e Saturação por bases entre os grades avaliados entre as safras coletadas. A aplicação de taxa variada promoveu uma homogeneização da área ao longo de três anos. A variabilidade nos atributos químicos justifica o estudo da aplicação em taxa variada de cálcio e magnésio na lavoura cafeeira.

Palavras-chave: Taxa variada, grades de amostragens, mapas de fertilidade.

ABSTRACT

There is in most cropping systems variability of soil chemical properties, due to fertilizer applications in inadequate doses every area. With the adoption of precision agriculture technology is an area can adjust the optimum amount of fertilizer. We evaluated an area on property located in the municipality of Três Pontas. Was performed to evaluate the levels of calcium, magnesium and base saturation in an area of 9.75 hectares, separated by sampling grids of 1 hectare. We carried out the removal of 50 points representing 10 sampling grids at a depth of 0-20 cm. It is observed that there was variation in the amounts of Ca and Mg between the years of assessment reflecting variation in base saturation. Variability was observed between the Ca, Mg and Base saturation between grids evaluated between crops collected. The application of variable rates promoted a homogenization of the area over three years. The variability in chemical attributes in the study and application rate varied calcium and magnesium in coffee plantations.

Keywords: Rate varied, sampling grids, maps fertility.

1. INTRODUÇÃO GERAL

O conhecimento da variabilidade dos atributos do solo sob diferentes usos e manejos constitui-se numa importante meta para que se possa empregar manejo mais adequado, considerando a aplicação de fertilizantes, estratégias de amostragem e planejamento de delineamento de pesquisa em campo (Bhatti et al., 1991, apud Cavalcante et al., 2007).

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. Pierce & Nowak (1999) citado por Coelho (2005) 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”.

O sistema de posicionamento global – GPS é uma tecnologia que possibilita determinar a posição em qualquer parte do globo terrestre. Desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos EUA, e disponível para diversos usos civis, desde a pesca até a navegação, o GPS também tornou a agricultura de precisão uma realidade.

Uma definição citada por Coelho em 2005 de sensoriamento remoto é a aquisição de informações a respeito de algum objeto sem estar em contato físico com ele. O principal foco do sensoriamento remoto na agricultura é a interação de solos e plantas com energia eletromagnética. Ele oferece uma rápida e eficiente maneira para acessar a variabilidade espacial e temporal dentro de uma área em uma propriedade, bacia hidrográfica ou região. Além disso, tecnologias de sensoriamento remoto têm sido

desenvolvidas com o objetivo de fornecer informações sobre propriedades dos solos, diferenças entre tipos de estresses abióticos das plantas (água ou nutricional) e estimar produção relativa das culturas (Shanahan et al., 2001, apud Coelho, 2005).

As propriedades dos solos matéria orgânica, pH, umidade, profundidade do horizonte superficial são passíveis de serem quantificadas com o uso de sensores. E as variáveis relacionadas para as culturas que podem ser identificadas para o manejo são, tipo e intensidade de ocorrência de plantas daninhas para aplicação intermitente de herbicidas, estresses abióticos, para aplicação de fertilizantes e população de plantas e produção das culturas (Pierce & Nowak, 1999).

Várias tecnologias proporcionaram o desenvolvimento da agricultura de precisão; entretanto, é o conhecimento e o entendimento da variabilidade espacial e temporal dos atributos dos solos e plantas e suas relações, bem como a possibilidade de manejar essa variabilidade, que viabilizaram a aplicação dos conceitos da agricultura de precisão. As etapas que compoem a agricultura de precisão são: identificação da variabilidade; caracterização da variabilidade; identificar o(s) principal(is) fator(es) limitante(s); desenvolver plano de ação; manejo da variabilidade; avaliação econômica e ambiental.

Moore (1999) relatou os principais fatores causadores da variabilidade na produção das culturas que podem ser classificados em três categorias: (i) fatores fixos, difíceis de serem alterados (textura e profundidade do solo); (ii) fatores persistentes, podem ser alterados (características químicas e físicas do solo: pH, nutrientes, densidade global, etc.); (iii) fatores sazonais, alterações em curto espaço de tempo (clima e incidência de pragas e doenças).

Para isso é necessário definir as 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, a 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). E normalmente, as propriedades do solo

são espacialmente correlacionadas 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, 2005). Existem várias possibilidades de elaboração de mapas temáticos que poderão melhorar as intervenções de manejo no solo e ou na cultura, que segundo Bellé em 2009, o mapeamento do rendimento de uma cultura é uma ferramenta eficiente na definição de zonas com potencial produtivo, orientando as intervenções localizadas de fertilizantes e de manejo do solo.

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). Chien et al. (1997), entretanto, obtiveram valores de CV elevados para os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} , tendo esta alta variabilidade sido atribuída aos efeitos da aplicação de fertilizantes ao solo, segundo os autores.

Com isso, objetivou-se avaliar um talhão de uma propriedade que realiza a agricultura de precisão, durante três anos consecutivos e também as alterações observadas nos atributos químicos do solo, com o uso de mapas de solos e recomendações de aplicações de taxas variadas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Realizou-se a avaliação de parâmetros químicos do solo na Fazenda Estrela, propriedade de Edmundo Otaviano Silva, localizada no município de Três Pontas, Minas Gerais, região do Sul de Minas. Em que se realiza a prática de agricultura de precisão com aplicação de fontes em taxa variada. O experimento utilizou-se análises químicas de solo, recomendações de adubação e mapas de fertilidades do solo dos anos 2009; 2010 e 2011. Considerou-se um talhão conhecido como Barreto II, dentro do talhão amostrado com 9,75 hectares com gride de amostragem de 1 ha. Em cada ponto do gride realizou-se a coleta de amostra de solo na profundidade de 0-20 cm, com 5 pontos de amostragem por gride (ponto), para obtenção de uma amostra composta, conforme demonstrado na figura 1. Os solos foram amostrados em 50 pontos representando 10 grades de amostragem.

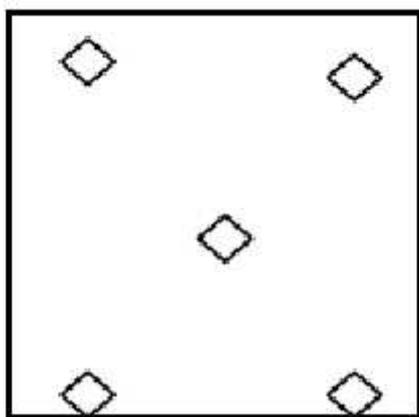


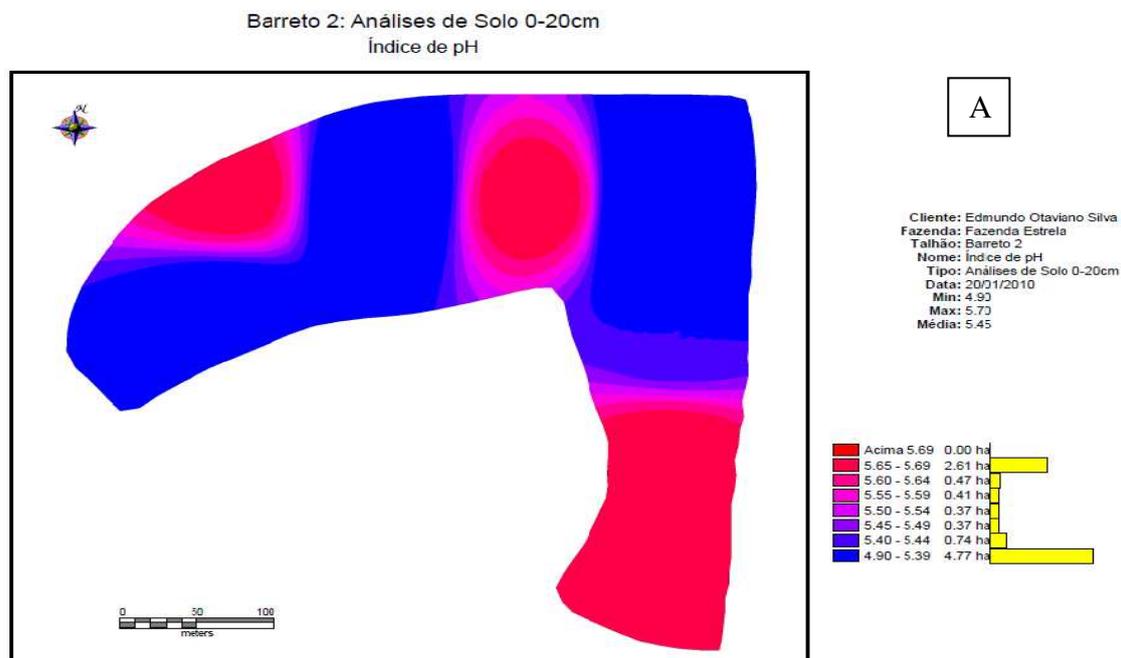
Figura 1 – Gride de amostragem, em uma área de 1 hectare, são definidos 5 pontos de coleta separados equidistantes entre si, para obtenção de uma amostra composta.

Os dados foram avaliados com o uso do programa de estatística SISVAR, com teste de médias tukey foram comparados os teores entre os grades de amostragem e entre os anos de amostragem.

As amostras foram levadas para o laboratório Hidroferti, onde foram analisados 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).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com Raij et al, (1997) considerando-se o pH ideal para a cultura do café acima de 5,5, na Figura 2a, 2b e 2c, observa-se que houve variação nos valores de pH entre os anos de avaliação. No primeiro ano avaliado 63% da área em estudo se encontrava abaixo da faixa ideal de pH, e apenas 37% encontrava com teores adequados. Já no ano de 2010 (Figura 2b), observou-se que 11% encontravam-se dentro desta faixa ideal de 5,5 a 5,7, 79% encontravam-se dentro da faixa de 4,8 a 5,54. No ano de 2011 (Figura 2c), somente 9% encontra-se fora da faixa ideal, porém com pH acima de 5, que considera-se de acordo com a Raij et al. (1997), como acidez baixa. Através dos mapas de valores de pH (Figura 2) aplicou-se, no fim de 2009 taxas variadas de calcário entre 350 e 750 kg ha⁻¹, apesar desta taxa ter sido calculada para os pontos amostrados através da recomendação pelo método da elevação da saturação por bases, observou-se em 2010, que as taxas foram baixas para garantir um efeito residual. Sendo assim com base nas novas amostragens realizou-se o ajuste da dose para taxas variadas entre 800 e 2.500 kg ha⁻¹, o que resultou em maior uniformização da área, o que garantiu uma uniformidade no valor de pH com somente 0,97 ha abaixo do ideal.



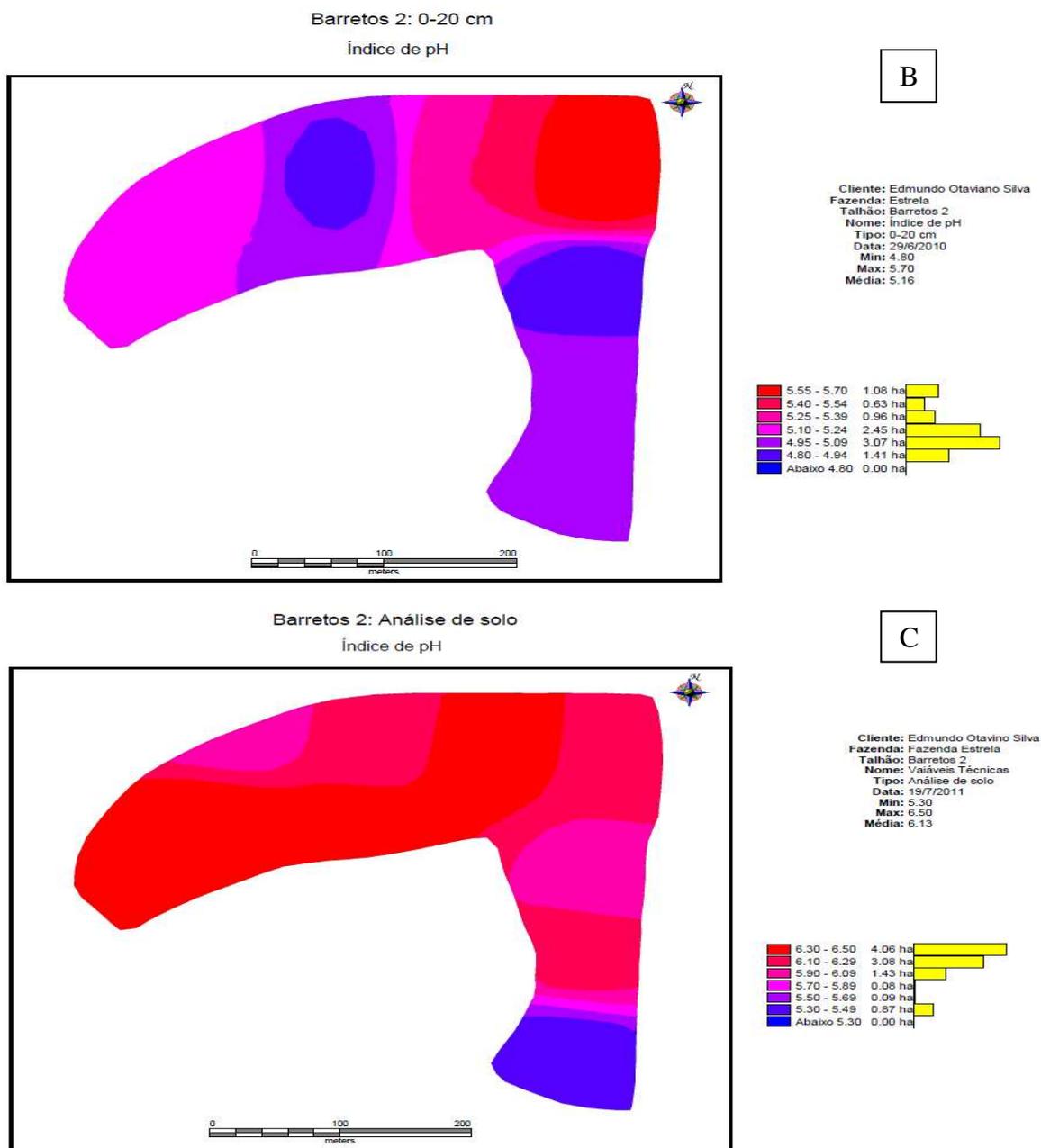


Figura 2 - Mapas de teor de pH da camada de 0-0,2 m de profundidade entre os anos de 2009 (A) 2010 (B) e 2011 (C), no município de Três Pontas, Minas Gerais, região do Sul de Minas.

A aplicação em taxa variada faz parte de um planejamento que reduz os custos de aplicação além de garantir uma uniformização da área, o que foi observado na figura 1. Foram observados também na área total da gleba de 9,75 ha a saturação por bases, que segundo CFSEMG (1999), considera ideal para cultura do cafeeiro V% acima de 50. Visto que em 2009, 76,62% se encontrava dentro do teor ideal, no ano seguinte em

2010, 100% da área estava abaixo do teor ideal, isto ocorreu pelo fato da correlação entre, baixa aplicação de calcário no ano anterior, e pela quantidade de extração que a cultura exige que é elevada. Com a obtenção de uma área homogênea pode-se realizar uma nova seleção da área com fins de redução dos custos de amostragem aumentando a malha e assim otimizando o custo de análise. Essa prática é utilizada na agricultura de precisão, parte-se da pressuposição da desuniformidade e após obter um nivelamento inicial realiza-se uma nova modelagem da fazenda visando obter sempre taxas variáveis que permitam a manutenção da área em níveis ideais de correção e fertilidade. Nesta fazenda realizou-se um gride adensado de 1 hectare e uma área de 9,75 hectares, com a uniformização pode-se redefinir a área visando redução nos custos.

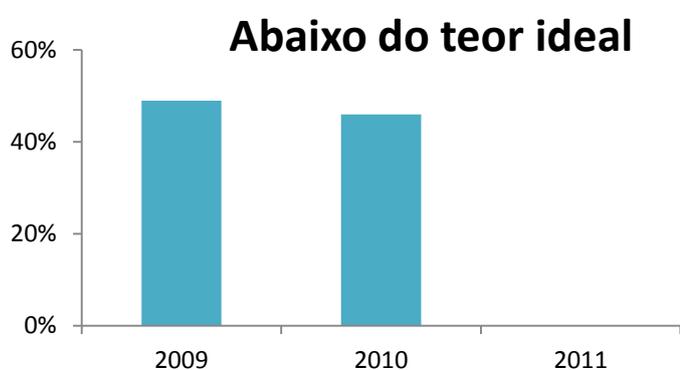


Figura 3 - Gráficos de barras dos teores de pH abaixo do teor ideal da camada de 0-0,2 m de profundidade entre os anos de 2009 a 2011, no município de Três Pontas, Minas Gerais, região do Sul de Minas.

De acordo com a Figura 3, em 2009 48,97% da área estava com o valor de pH abaixo do teor ideal, gerando então um mapa de necessidade de calagem, descrita na Figura 4 A, e a área que necessitou de calagem em 2010 foi similar a de 2009, com aproximadamente 45% da área com valor de pH abaixo do ideal, a qual foi calculada a necessidade de calagem descrita na Figura 4 B, somente em 2011 que 100% da área encontrou-se com os teores adequados, o que pode ser observado na Figura 4 C. Em 2009 aplicação de 0 a 732 kg/ha Figura 4 A, em 2010 a aplicação em taxas variadas de 800 a 3.500 kg/ha e em 2011 não houve necessidade de aplicação.

Amostragens em malhas adensadas fornecem uma clara visão da variabilidade espacial de uma variável regionalizada, porém, com custos mais elevados quando comparados com esquemas amostrais menos densos (GROENIGEN et al., 1999). Portanto, é preciso aliar um número mínimo de pontos amostrados com uma máxima

representação do local amostrado (mínima variância), otimizando o esquema de amostragem e barateando os custos (MONTANARI et al., 2005).

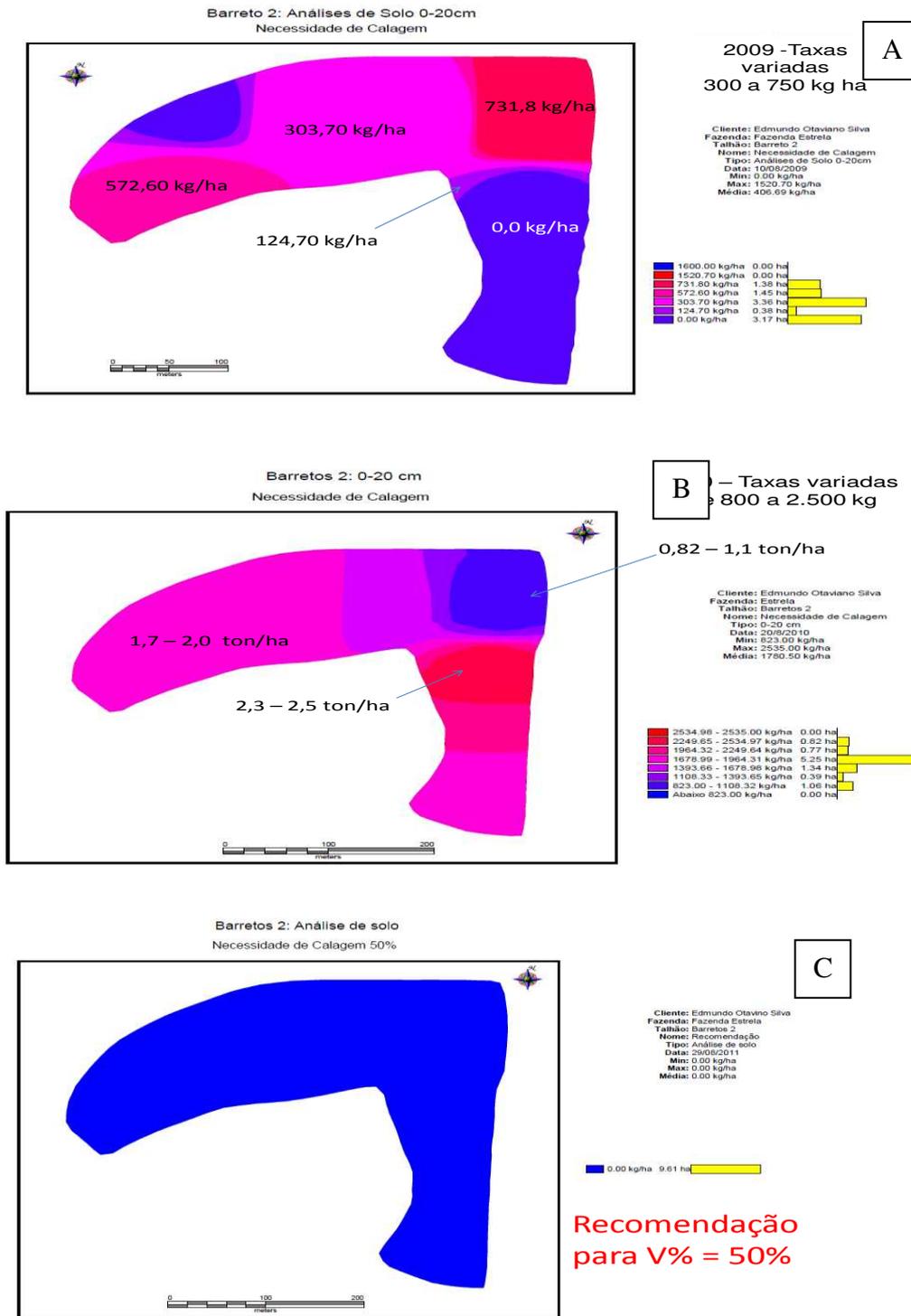


Figura 4 - Mapas de necessidade de calagem para elevação de saturação de bases à 50% da camada de 0-0,2 m de profundidade entre os anos de 2009 (A), 2010 (B) e 2011 (C), no município de Três Pontas, Minas Gerais, região do Sul de Minas.

De acordo com a caracterização química da Tabela 1, observa-se que somente no gride 9 há necessidade de calagem, com taxa de aplicação de 2,0 toneladas por hectare e no gride 10, com taxa de 500 kg por hectare. Assim observa-se uma uniformização de 100% com V% acima de 50%.

Tabela 1 - Análise de pH em água e resultados de Ca, Mg Al, V% e m% no ano de 2011, nos grides de amostragem da área Barreto II, Três Pontas, MG.

Análise Química						
Gríde	pH em Água	Ca	Mg	Al	V	m
		cmol _c .dm ⁻³	cmol _c .dm ⁻³	cmol _c .dm ⁻³	%	%
1	6,50	2,10	1,10	0,00	57,05	0,00
2	5,90	1,80	0,90	0,00	49,39	0,00
3	6,20	2,10	1,00	0,00	52,86	0,00
4	6,50	2,10	1,20	0,00	57,17	0,00
5	6,40	1,80	1,00	0,00	51,37	0,00
6	6,20	1,60	0,90	0,00	47,79	0,00
7	6,00	1,90	1,10	0,00	47,74	0,00
8	6,20	2,00	1,20	0,00	49,99	0,00
9	5,30	0,50	0,50	0,15	25,26	8,31
10	5,60	1,10	1,10	0,00	44,43	0,00

Teor de Ca abaixo do ideal

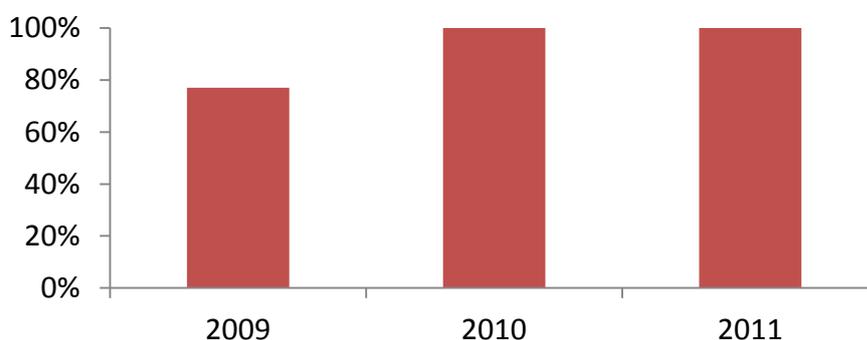
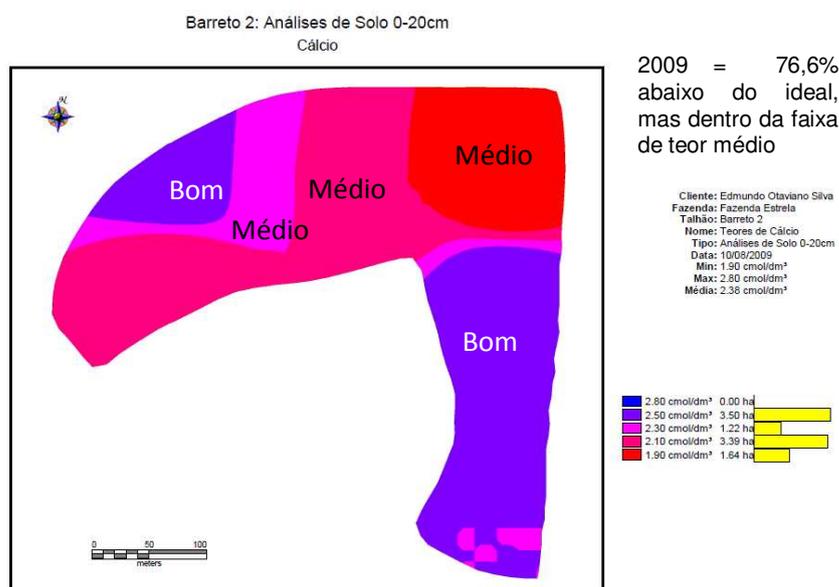


Figura 5 - Gráficos de barras dos teores de Ca abaixo do teor ideal da camada de 0-0,2 m de profundidade entre os anos de 2009 a 2011, no município de Três Pontas, Minas Gerais, região do Sul de Minas.

Em 2009, 76,6% abaixo do ideal, porem dentro de um teor médio e em 2010, 100% estava fora do ideal, porem 53% dentro do teor médio, e em 2011, 100% abaixo do ideal, com 46 % dentro do teor médio (Figura 5).

Em relação aos teores de cálcio (Figura 2, A, B e C), pode-se observar que em 2009 somente 1,64 hectares encontravam-se abaixo do teor considerado ideal para a CFSEMG (1999), que é de $2,40 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, o que indicava uma não necessidade de complementação deste nutriente em 17% da área avaliada. Porém em função da elevada extração deste elemento pela cultura do café observou-se que, em 2010 (Figura 6, B), 100% da área apresentava-se com teor de Cálcio abaixo do ideal, apesar de 56% dentro de um teor considerado médio, o que resultou em indicação de aplicação de Cálcio via calagem. A aplicação foi realizada em taxas variadas de acordo com os teores residuais de Ca no solo e aplicou-se doses de 820 kg à 2.750 kg por hectare de calcários variados entre calcíticos, magnesianos e dolomíticos de acordo com cada necessidade da área. Em 2011 observou-se (Figura 6, C) a aplicação permaneceu com 100% da área abaixo do teor ideal, mas somente, 9% abaixo do teor considerado médio. O que resultou na tomada de decisão que somente neste gride seria necessária a aplicação de $1,50 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, e nas demais aplicações de taxas variadas entre 0,30 e $0,50 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.



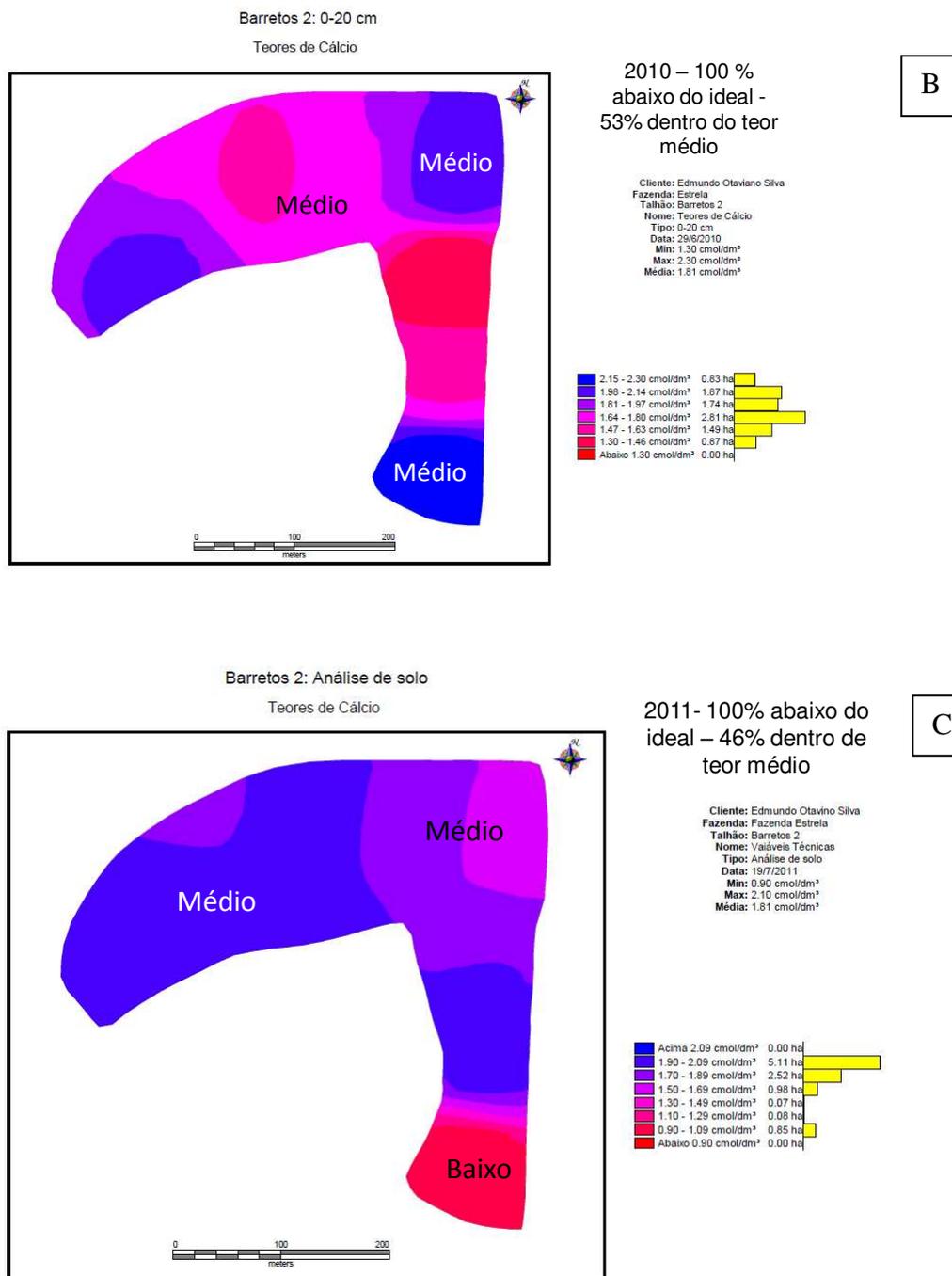


Figura 6 - Mapas de teor de Ca da camada de 0-0,2 m de profundidade entre os anos de 2009 (A), 2010 (B) e 2011 (C), no município de Três Pontas, Minas Gerais, região do Sul de Minas.

Em relação ao magnésio (Figura 7), observa-se que em 2009 apenas 10% da área se encontrava em teores dentro do ideal, em 2010 o teor passou a ser 35% dentro do ideal e em 2011 o teor de Magnésio dentro do ideal estava em 88,5%.

Teor de Mg abaixo do ideal

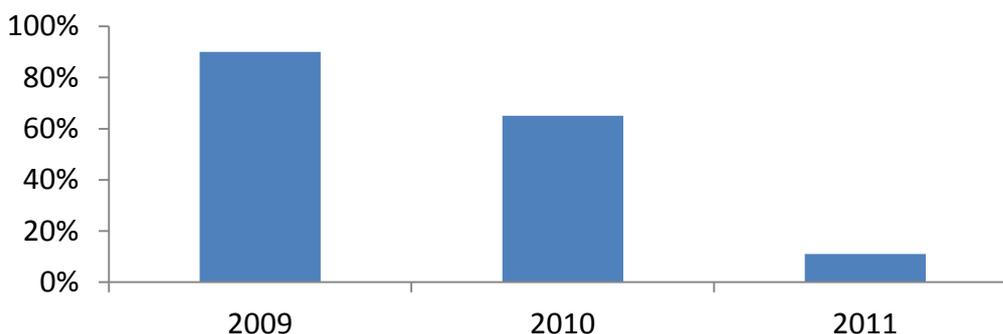
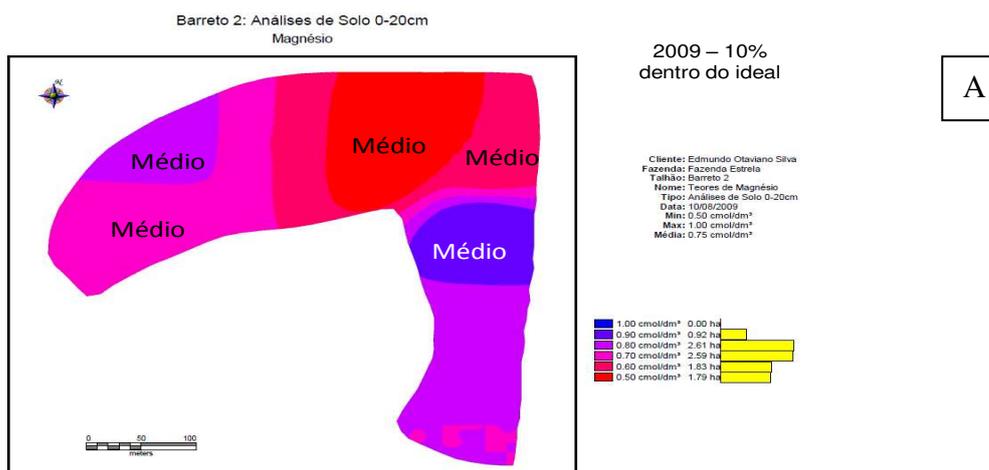


Figura 7 - Gráficos de barras dos teores de Mg abaixo do teor ideal da camada de 0-0,2 m de profundidade entre os anos de 2009 a 2011, no município de Três Pontas, Minas Gerais, região do Sul de Minas.

Em relação aos teores de Magnésio (Figura 8, A, B e C) pode-se observar que em 2009, 76,62% encontravam-se dentro do teor considerado ideal para a CFSEMG (1999), que é de $0,90 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, o que indicava uma necessidade de complementação deste nutriente em 23% da área avaliada. Em 2010, 35% da área estava dentro do ideal e o restante classificada como com teores médios (Figura 8 B). Em 2011, (Figura 8 C) o teor de Mg foi restabelecido e 88,5% retornou a uma condição ideal e o restante classificado com teor médio, o que permitiu a tomada de decisão de aplicação de Magnésio de $0,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ em 0,84 hectare.



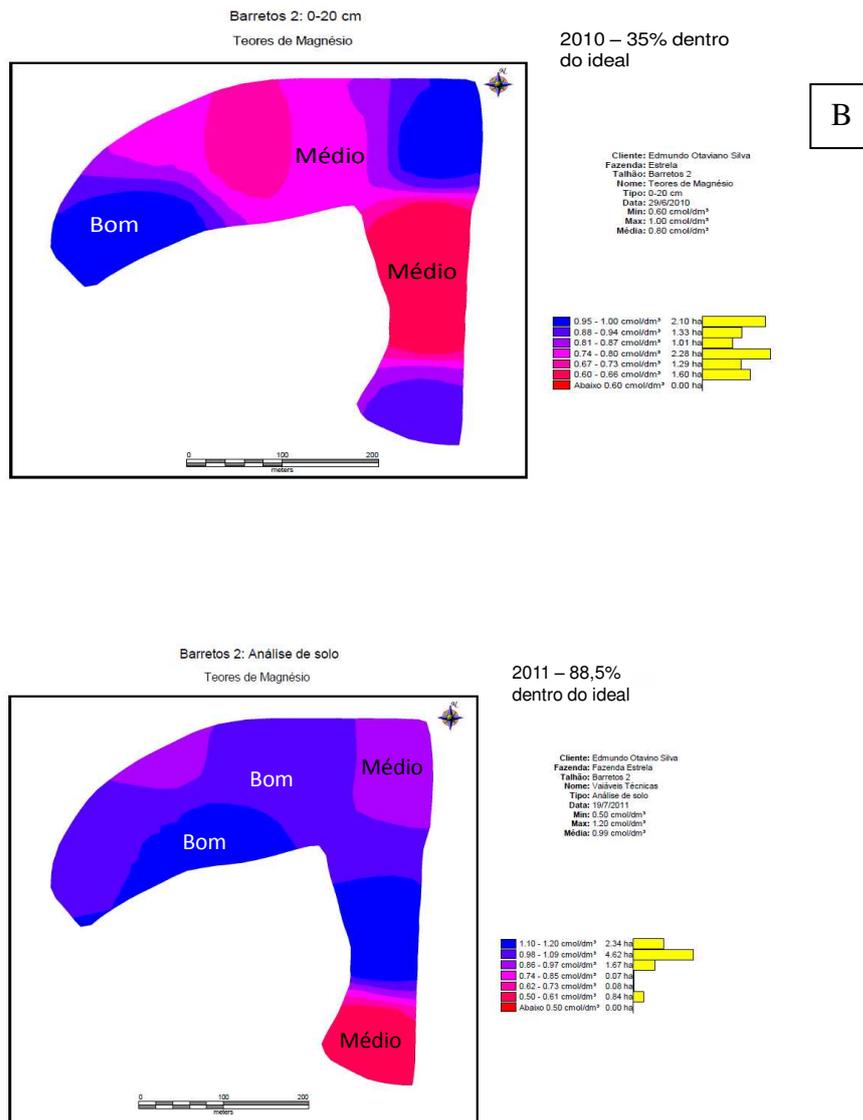


Figura 8 - Mapas de teor de Mg da camada de 0-0,2 m de profundidade entre os anos de 2009 (A), 2010 (B) e 2011 (C), no município de Três Pontas, Minas Gerais, região do Sul de Minas.

Observa-se que há uma mancha de fertilidade na parte extrema do mapa em que nos atributos avaliados observa-se valores abaixo do ideal, esse fato reforça a necessidade de se trabalhar também áreas críticas, em que os manejos devem ser ajustados para maior aproveitamento da área, ou até a tomada de decisão de aceitar nessas áreas índices de menor produtividade por alguma limitação, não somente de fertilidade do solo, mas de declividade, ou outro fator. Silva et al (2008), observaram nos mapas das variáveis Ca e Mg, na cultura do cafeeiro apresentaram, nas safras agrícolas de 2002-2003 e 2003-2004, uma grande amplitude. Resultados semelhantes

foram obtidos por Sanchez et al. (2005), estudando a variabilidade espacial de atributos químicos e produtividade do café, fato não observado neste experimento em que apesar de diferenciações entre os atributos os teores apresentavam-se próximos.

Em 2009 os índices de saturação por bases mostravam que a área estava com 100% acima do nível que é considerado bom (50%), no segundo ano analisado, 2010, 74,5% da área estava abaixo do teor ideal, isso aconteceu, pois houve extração pela cultura de um ano para o outro, e como a área inicialmente apresentava uma uniformidade para esta característica, não foi tomada nenhuma ação corretiva para saturação por bases (FIGURA 9). Em 2011, houve diminuição das áreas que se apresentavam abaixo do teor ideal, visto que com o mapa do ano passado, foram tomadas ações corretivas para os locais onde se fazia mais necessário a aplicação do insumo. Havendo uma tendência novamente para a uniformização da área.



Figura 9 - Gráficos de barras dos teores de Saturação por bases abaixo do teor ideal da camada de 0-0,2 m de profundidade entre os anos de 2009 a 2011, no município de Três Pontas, Minas Gerais, região do Sul de Minas.

Já em relação à saturação por bases (Figura 10, A, B e C), observa-se que em 2009 100% da área encontrava-se com 100% da área com saturação por bases adequada à cultura do café, acima de 50%, em 2010, 74% abaixo do ideal, mas em valores próximos ao ideal 45% em média, e em 2011 com 44% abaixo do ideal, mas somente 1,16 ha abaixo do teor médio. Como observou-se que os teores de Ca e Mg estavam sendo ajustados, tem que ser observado a inclusão de K, e observar a relação K:Ca:Mg ideal de 9:3:1.

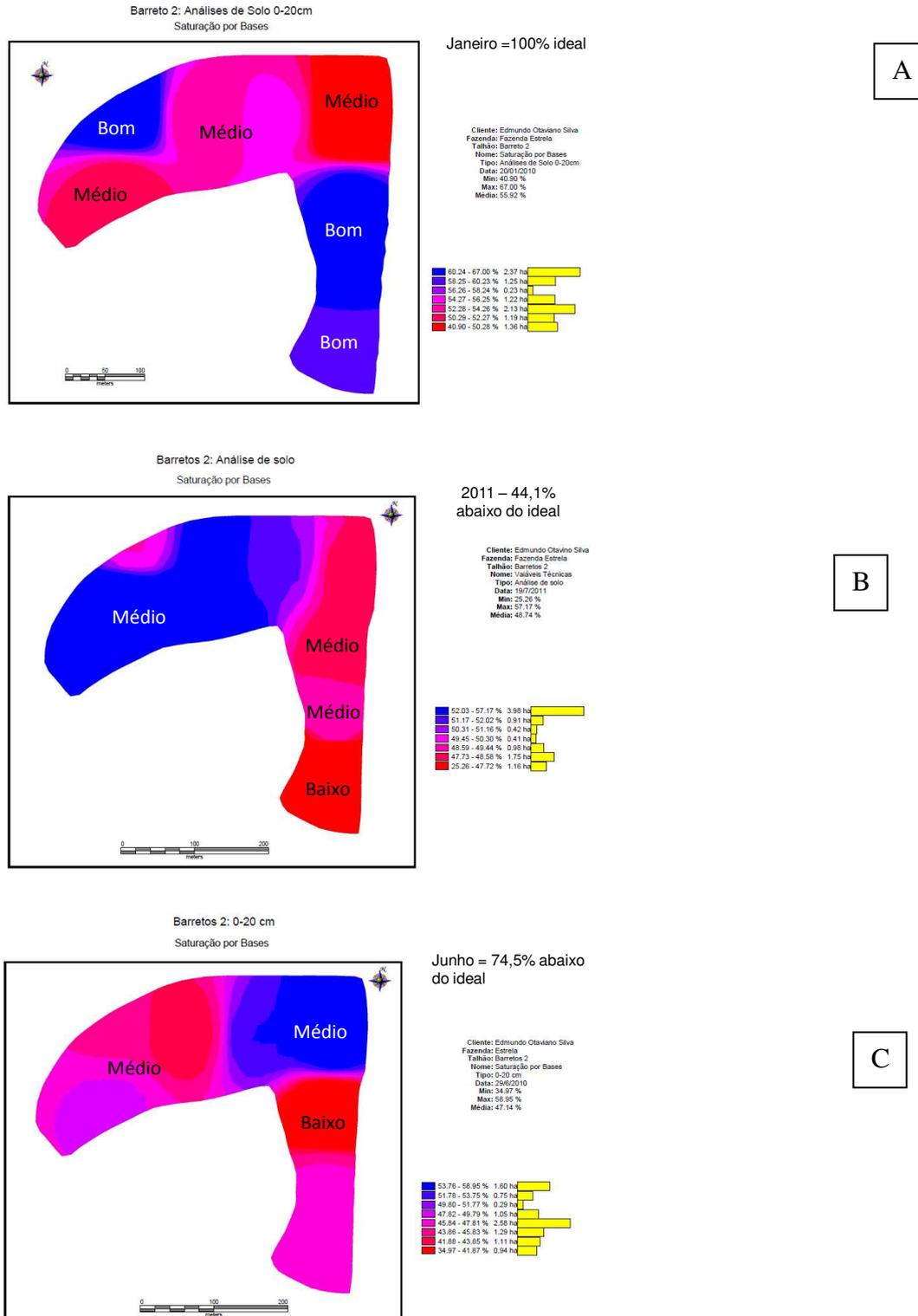


Figura 10 - Mapas de saturação por bases da camada de 0-0,2 m de profundidade entre os anos de 2009 (A), 2010 (B) e 2011 (C), no município de Três Pontas, Minas Gerais, região do Sul de Minas.

4. CONCLUSÕES

É possível com o uso de mapas de fertilidade do solo, observar a variabilidade química do solo e determinar taxas variadas de insumos.

Observou-se variabilidade entre os teores de Ca, Mg e Saturação por bases entre os grids avaliados entre as safras coletadas.

A variabilidade nos atributos químicos justifica o estudo da aplicação em taxa variada de cálcio e magnésio na lavoura cafeeira.

Os mapas de fertilidade representam uma ferramenta importante para a tomada de decisão.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ V, V.H.; NOVAIS, R.F. de; BARROS, N.F. de; CANTARUTTI, R.B.; LOPES, A.S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Comissão de fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais**. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5º Aproximação. Viçosa, MG, p25 - 32. 1999.
- BEAUFILS, E.R. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). Pietermaritzburg, University of Natal, 1973. 132p. (Soil Science Bulletin, 1).
- BECKETT, P.H.T. & WEBSTER, R. Soil variability: a review. *Soil Fertil.*, 34:1-15, 1971.
- BELLÉ, G. L. *Agricultura de precisão: manejo da fertilidade com aplicação a taxa variada de fertilizantes e sua relação com a produtividade de culturas*. 2009. 139 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós- Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2009.
- CAVALCANTE, E. G. S.; ALVES, M. C.; SOUZA, Z. M.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo sob diferentes usos e manejos. *Revista brasileira de ciência do solo*. Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1329 - 1339, 2007.
- COELHO, A.M. Agricultura de precisão: manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e das culturas. In: NOVAIS, R.F et al. (Eds.). *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. V.1, p.249-290.
- 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*, Vicoso, Brasil, vol. 28, núm. 6, 2004, pp. 1013-1021.
- 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.
- CHIEN, Y.J.; LEE, D.Y.; GUO, H.Y. & HOUNG, K.H. Geostatistical analysis of soil properties of mid-west Taiwan soils. *Soil Sci.*, 162:291-298, 1997.
- 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.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2 ed. rev. e ampliada. Brasília, DF: **Embrapa informação tecnológica**. 627 p. 2009.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema Brasileiro de classificação de Solos. 2 ed. **Embrapa Solos**. Rio de Janeiro, RJ. 306 p. 2006.

FALLEIRO, R. M., SOUZA, C. M., SILVA, C. S. W., SEDIYAMA, C. S., SILVA, A. A., FAGUNDES J. L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. *Revista brasileira de ciência do solo*. Viçosa, v. 27, p. 1097 – 1104, 2003.

FONSECA, J.A.; MEURER, E.J. Inibição da absorção de magnésio pelo potássio em plântulas de milho em solução nutritiva. *R. Bras. Ci. Solo*, 21:47-50, 1997.

GROENIGEN, van J.W. et al. Constrained optimisation of soil sampling for minimisation of the kriging variance. *Geoderma*, Amsterdam, v.87, n.3-4, p.239-259, 1999.

JONES, C.A. Proposed modifications for DRIS for interpreting plant analyses. *Comm. Soil Sci Plant Anal*, 12: 785-794, 1981.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.

MONTANARI, R. et al. Forma da paisagem como critério para otimização amostral de latossolos sob cultivo de cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.40, n.1, p.69- 77, 2005.

NOVAIS, R.F.; VENEGAS, V.H.A.; BARROS, N.F. de; FONTES, R.L.F.; CANTURUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. Fertilidade do solo. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, 1017p. 2007.

SALVIANO, A.A.C.; VIEIRA, S.R. & SPAROVEK, G. Variabilidade espacial de atributos de solo e de *Crotalaria juncea* (L.) em área severamente erodida. *R. Bras. Ci. Solo*, 22:115-122, 1998.

SANCHEZ, R. B.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; SOUZA, Z. M. Variabilidade espacial de - propriedades de latossolo e da produção de café em diferentes superfícies geomórficas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, [S.l.], v. 9, n. 4, p. 489-495, 2005.

SILVA, F. M.; SOUZA, Z. M.; FIGUEIREDO, C.A.P.; VIEIRA, L.H.S.; OLIVEIRA, E. Variabilidade Espacial de atributos químicos e produtividade da cultura do café em duas safras agrícolas. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v. 32, n. 1, p. 231-241, jan./fev., 2008.

SILVA, L.C. Crescimento e acúmulo de nutrientes em sete cultivares de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) na região de Coruripe-AL. Rio Largo, Universidade Federal de Alagoas, 2007. 74p. (Dissertação de Mestrado).

SILVEIRA, P. M., ZIMMERMANN, F. J. P., SILVA, S. C., CUNHA, A. A. Amostragem e variabilidade espacial de características químicas de um Latossolo submetido a diferentes sistemas de preparo. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.35, n.10, p.2057-2064, out. 2000

SORIANO, H.L. Extração e eficiência na utilização de macro e micronutrientes por variedades RB de cana-de-açúcar. Rio Largo: Universidade Federal de Alagoas, 2007. 22p. (Trabalho de Conclusão de Curso).

VETTORI, L. Ferro “livre” por cálculo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., Campinas, 1975. Anais... Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976. p.127-128.