

ELABORAÇÃO DE MAPAS DE FERTILIDADE DO SOLO PARA GESTÃO DE PEQUENAS PROPRIEDADE NO NORTE DO TOCANTINS

Fabrcio Saraiva da Silva¹, Samuel de Deus da Silva², Lineardo Ferreira de Sampaio Melo³

¹Discente Bacharelado em Agronomia – IFTO *Campus* Araguatins. e-mail: <fabricio.saraiva.silva@gmail.com>

²Doutor em Ci4ncia do Solo – IFTO *Campus* Araguatins. e-mail: <agrosamuel@gmail.com>

³Mestre em Cartografia e Geoprocessamento – IFTO *Campus* Araguatins. e-mail: <lineardo@ifto.edu.br>

Resumo: A Agricultura de Preciso3o vem como uma forma de melhor gerenciamento de “*inputs*” dentro de uma propriedade, minimizando custos e possibilitando resultados significativos nos ganhos rurais. No trabalho, houve a gera3o do pol3gono, grid amostral e interpola3o dos atributos qu3micos do solo por meio da interpola3o por Krigagem Ordin3ria, gerando mapas de fertilidade para pH, Ca, Mg e P, atributos mais utilizados para as recomenda3o3es de aduba3o. A 3rea de estudo possui particularidades pois se divide em duas 3reas distintas, vertissolo h3plico e 3rea arenosa pr3xima a bacia do Rio Taquari e, hist3rico de cultivo de oler3ceas e mangas, o que ocasionou manchas de fertilidade no local. Para item pH, houve diferen3a no mapa de fertilidade para cada regi3o com maior n3vel de pH na regi3o de Vertissolo H3plico. Para o item Ca e Mg houve semelhan3a na forma3o dos mapas, levando a hip3tese do cultivo anterior de manga influenciar na quantidade dos respectivos elementos. Para o item P, houve a forma3o de faixas de fertilidade do nutriente em faixas com maior concentra3o no local h3 hist3rico de plantio de oler3ceas. Portanto, o uso de mapas de fertilidade de Agricultura de Preciso3o se torna um importante aliado na tomada de decis3o nas pequenas propriedades que, somado a outros conhecimentos t3cnicos propiciam melhores estrat3gias no gerenciamento, aplica3o de insumos e lucratibilidade do produtor.

Palavras-chave: agricultura familiar; agricultura de preciso3o; qu3mica e f3sica do solo; tecnologia

1 INTRODU3O

A cada dia na agricultura, o uso de tecnologias est3 se tornando um fator fundamental na obten3o de resultados expressivos na produtividade da lavoura, gest3o da propriedade rural e uso racional da 3gua, fazendo o produtor ter um conhecimento mais aprofundado da sua propriedade.

A Agricultura de Preciso3o ou simplesmente AP, vem se destacando a cada dia como divisora de 3guas para uma produ3o eficiente e de forma sustent3vel nos campos brasileiros. Uma das vertentes da AP e a aplica3o localizada de insumos de forma consciente e com a utiliza3o de mapas de campo para a obten3o de tais dados (BONGIOVANNI e LOWENBER-DEBOER, 2004).

A tecnologia da Agricultura de Preciso3o surgiu da necessidade do homem de quantificar a variabilidade espacial no campo e aplicar, de forma correta e sustent3vel, os insumos na planta e no solo (COCHRAN et al., 2006; ROBERTS et al., 2004). Mas, 3 importante lembrar que a variabilidade no solo de uma determinada propriedade j3 e notada a v3rios s3culos pelos produtores

(STTAFFORD, 2000), tal observação adquirida por experiência passada de geração em geração, sendo que o primeiro relato técnico de uso de técnicas de variação de coletas de solos para correção de acidez e datado de 1929, no estado americano de Illinois (LINSLEY E BAUER, 1929).

No Brasil, o uso da tecnologia no campo foi concomitante com o desenvolvimento das máquinas agrícolas em meados dos anos 90, sendo no ano de 1996 feita o primeiro Simpósio em Agricultura de Precisão, realizado na cidade de Piracicaba, no estado de São Paulo, pela ESALQ (BALASTREIRE, 2000).

A partir dos anos 2000, houve investimentos no setor de máquinas que receberam o que havia na época a última tecnologia para o setor, destacando o Brasil no cenário agrícola mundial (ASSOCIAÇÃO..., 2006, p. 160). Tal inovação tecnológica levou os produtores a se questionar sobre a viabilidade econômica da adoção da tecnologia em função do tamanho da propriedade, ou seja, qual deveria ser o tamanho da propriedade para que se tivesse retorno do investimento no maquinário agrícola, visto que na época, esta tecnologia possuía alto valor para sua aquisição.

A fim de minimizar os custos da aquisição das máquinas e responder as questões sobre a viabilidade econômica da implantação da AP nas propriedades, foram criados vários centros de pesquisa pela Embrapa Milho e Sorgo e a Embrapa Solos, com parceria da AGCO e a Universidade Federal de Viçosa (Departamento de Engenharia) e, Fundação ABC e USP/ESALQ (Escola Superior de Agricultura “Luís de Queiroz”) da Universidade de São Paulo), respectivamente.

Após anos de pesquisas, os centros de pesquisas mostraram redução significativa nos custos totais de aquisição da tecnologia de AP (Bernardi et al., 2014), no entanto, tal tecnologia ainda se encontra inacessível ao pequeno produtor da região norte do país, que ainda utiliza da forma convencional de cultivo, principalmente queimadas e uso inadequado de agrotóxicos, causando contaminação do lençol freático e do ar.

O objetivo deste trabalho é a adoção de um modelo básico de agricultura com precisão com uso de mapas de fertilidade do solo para a tomada de decisão nas pequenas propriedades no norte do estado do Tocantins.

2 METODOLOGIA

O presente trabalho foi conduzido em campo experimental no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – Campus Araguatins, a área experimental é localizada nas coordenadas -5.642287°; -48.073294°, no extremo norte do Tocantins, na cidade de Araguatins. O clima do local é caracterizado como Aw’ pela classificação de Köppen que

caracteriza-se por ter grande precipitação anual, chuvas de outono-inverno e seca definida, com pluviosidade anual de 1600 mm (INMET, 2016), o solo é Vertissolo Háptico, segundo a Embrapa (2007).

Para a coleta de solo foram utilizados o trado tipo holandês, um balde plástico com capacidade para 20 L, sacos plásticos transparentes e etiquetas de papel. Para a o processamento dos dados foram utilizados o software SIG Qgis 2.14.11. Essen, Saga Gis 2.1.2., Google Earth Pro e o software Gps Information v1.6. (Microsoft Lumia 640).

Para retirada das amostras de solos, a área de estudo foi gradeada previamente (Figura 1) e em seu perímetro, retirado as coordenadas com o software GPS Information v1.6. com precisão de localização de 3,0 metros e variância da precisão de 3,0 metros. Após a coleta das coordenadas, em um desktop utilizando o software Qgis 2.14.11. Essen, houve a formação do polígono da área para a colocação do grid amostral (Figura 2).



Figura 1. Imagem aérea da área experimental gradeada. Fonte: Autor

O grid amostral foi composto por uma malha de 25 metros (Figura 3), sendo as

coordenadas dos centroides de cada polígono obtidas no software Qgis e salvas em formato compatível com software excel, da empresa Microsoft. A distância entre os centroides é igual a sua respectiva malha.

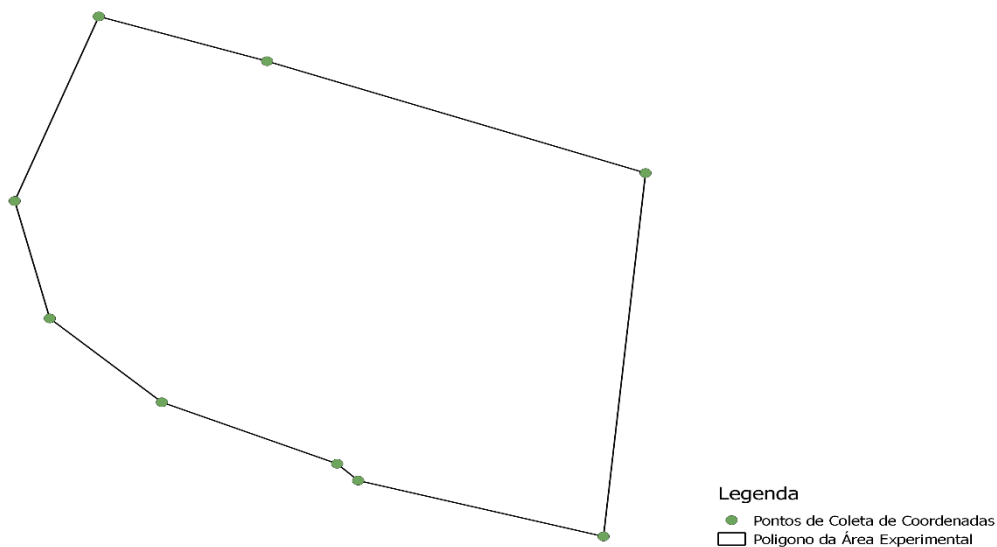


Figura 2. Polígono da área experimental após a coleta das coordenadas. Fonte: Autor

O grid amostral formado teve 11 pontos amostrais (Figura) e para a coleta de solo, foi utilizado o trado tipo holandês, sacos plásticos para separar cada amostra, etiquetada com sua malha e número do ponto coletado. A coleta ocorreu no dia 28 de fevereiro de 2017, em seguida, as amostras foram destorroadas, secadas a sombra, peneiradas, ensacadas, identificadas e levada ao laboratório de solos da própria instituição para análises físicas e químicas.

De posse do resultado das amostras, calculou-se a necessidade de calagem utilizando a fórmula:

$$NC \text{ (Mg ha}^{-1}\text{)} = ((V_2 - V_1) \times T \times f) / 100$$

Onde:

V_2 = valor que se pretende elevar;

V_1 = valor V % da análise de solo;

$T = \text{CTC a pH a } 7,0 \rightarrow T = \text{SB} + (\text{H} + \text{Al}_3) \rightarrow \text{SB} = \text{K} + \text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na};$

f = fator de correção da quantidade de corretivo.

Tabela 1. Resultados das análises físico-químicas da malha 25x25 metros, com valores obtidos pelos 11 pontos amostrais da área.

	pH (H ₂ O)	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	S	T	V	MO	Areia	Argila	Silte
	-	--mg.dm ³ --										-----%-----		
				-----cmol _c /dm ³ -----										
Máx	7.4	148,72	219	29	15,2	0	2,31	41,99	41,99	100	2,6	68,96	58,96	25,44
Mín	6.2	2,2	78	3,8	1	0	0	5,14	6,76	75,69	0,72	22,28	12,28	12,08
Amp	1.2	146,52	141	25,2	14,2	0	2,31	36,85	35,23	24,31	1,88	46,68	46,68	13,36
Med	6,72	41,4	148	13,05	6,15	0	0,92	19,57	20,48	91,17	18,28	50,16	30,77	19,06

MÁX = Máximos; MÍN = Mínimos; AMP = Amplitude; MED = Média.

Fonte: o Autor

Para a confecção dos mapas de fertilidade do solo da área, os dados das análises físico-químicas foram tabelados com suas respectivas coordenadas que foram obtidas anteriormente no software Qgis 2.14.11. Essen. Os dados foram adicionados ao software Qgis em formato .csv (Separado por Virgulas) e após a sua adição, o mesmo é transformado em arquivo de formato Shapefile (.shp), que é um modelo de arquivo editável dentro do software, sendo o mesmo alterado de acordo com a necessidade e utilização pelo usuário.

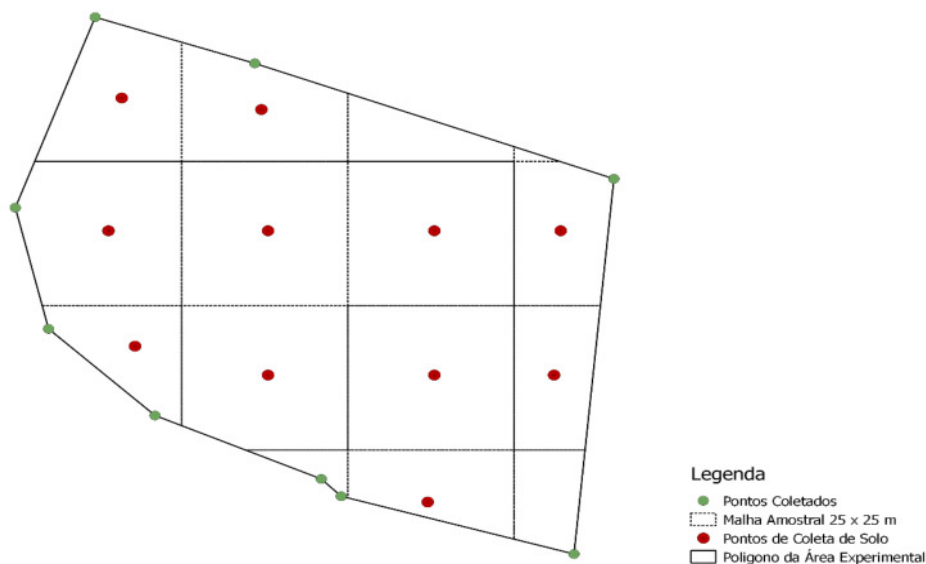


Figura. Mapa de pontos de coleta de amostras de solo para a formação do mapa de fertilidade.

Após salvar o arquivo shapefile (.shp) em uma pasta separada, abre-se o software Saga, software que é um complemento do software Qgis. O mesmo é utilizado na interpolação dos dados da tabela com atributos físico-químicos do solo. Este software é utilizado para interpolação no lugar do Qgis pois o mesmo não consegue processar os algoritmos da Geoestatística (Krigagem Ordinária) para obtenção do mapa de variabilidade da área de estudo.

Depois de seguir os processos de obtenção da interpolação dos dados no Saga, o mesmo vai gerar uma imagem e um histograma dos intervalos dos dados obtidos na interpolação, é importante salientar que deve-se conferir os dados do histograma com os dados da tabela para não haver diferença significativa dos valores. Passada esta fase, volta-se para o Qgis e abre-se uma aba de ferramentas para que se possa gerar o mapa de variabilidade dentro do programa. Depois de seguir o processo de obtenção do mapa dentro do software Qgis, obtém-se um arquivo no formato raster (imagem), em forma de quadrado, que é cortada posteriormente no formato da área de interesse e adicionada a paleta de cores para melhor visualização da variabilidade do nutriente estudado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a análise de resultados, foram utilizadas quatro variáveis sendo as mesmas pH em água, P (Fosforo), Ca (Cálcio) e Mg (Magnésio). A escolha destas variáveis se dá pelo uso cotidiano nas análises de solo da região para o uso da calagem, gessagem e fosfatagem.

Para o atributo químico pH, a área apresenta divisão distinta desse atributo, tal característica se dá pela física do solo pois ao lado leste do mapa onde se encontra os maiores índices de pH (7,4) é a região onde o solo é argiloso, onde o percentual de argila chega a 59 % e possui maior percentual de Matéria Orgânica (Máxima de 2,6 %).

Um fato que pode explicar essa característica é a quantidade de matéria orgânica no solo, aliada a quantidade de palhada de plantas daninhas formadas no local, incrementaram no poder tamponante do solo causando resistência na mudança de pH (SILVA et al., 2000).

Na região Oeste do mapa, onde se tem os menores valores de pH, tem como característica do solo arenosa, com pontos amostrais chegando a 67 % de areia, menor teor na quantidade de Matéria Orgânica (Média de 1 % M.O.), o local fica mais próximo a bacia do Rio Taquari, o que explica a característica arenosa.

Na parte central da área experimental, possui características das duas áreas, sendo a parte superior formada predominantemente por areia (0-10 cm) e a parte inferior por argila (10-20 cm), com teor de matéria orgânica na média de 1,5 %. Para uso com irrigação, deve-se atentar a esta camada subsuperficial de argila, pois a mesma pode reter a água de irrigação e em excesso pode causar a morte da planta por falta de oxigenação na raiz, apodrecimento de tubérculos e lixiviação de nutrientes (AGROSMART, 2016).

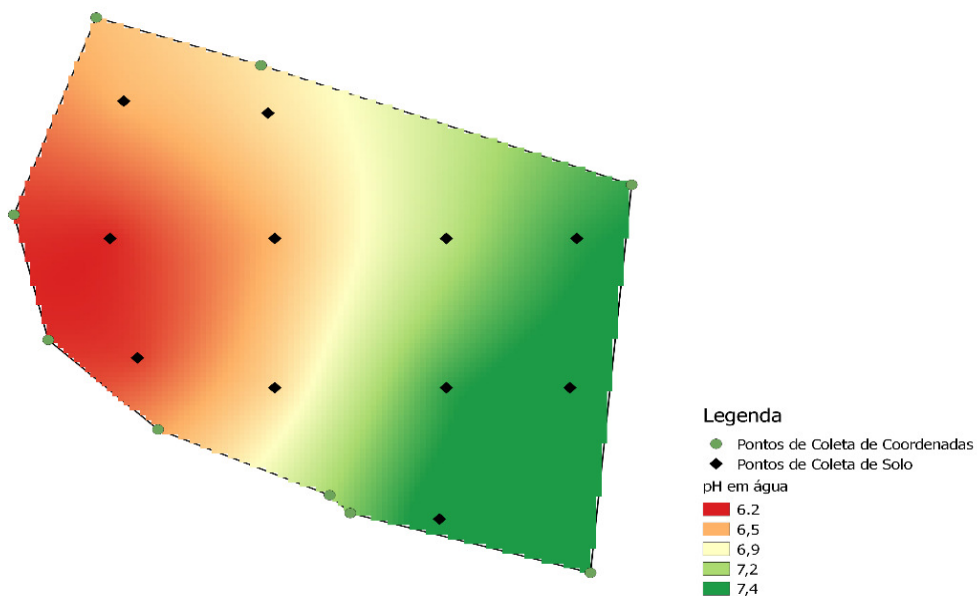


Figura. Mapa de fertilidade do solo para o atributo pH da área experimental. Fonte: o Autor.

Para melhor conhecimento da dinâmica do solo nessa região de camada de horizonte B textural, recomenda-se realizar análise físico-química de solo estratificada de 0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25 e 25-30 cm de profundidade em diferentes locais dessa região, a fim de mostrar a interação entre as camadas de solo e sua importância no manejo de plantas em período de chuvas ou em áreas de irrigação (ARRUDA et al, 2014).

Para o atributo Cálcio (Ca), segundo as análises de solo, a maior concentração deste elemento ficou na região sudoeste do mapa, local onde se concentrava produção de mangas da variedade Atkinson, onde há adição de cálcio devido ao elemento fazer parte da parede celular do fruto e a sua deficiência provocar apodrecimento do mesmo segundo trabalhos de Malavolta (1989).

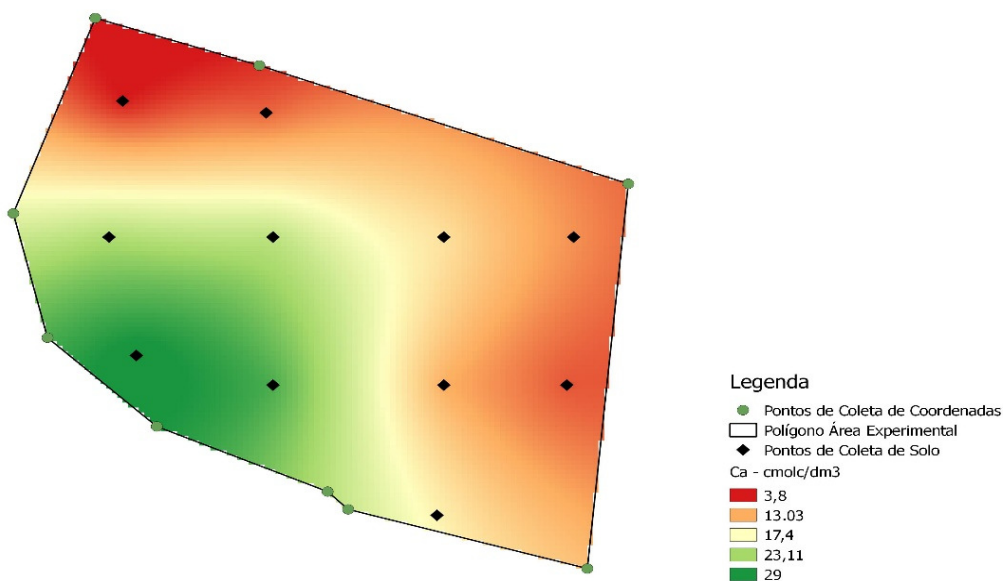


Figura. Mapa de fertilidade para o elemento Cálcio. Fonte: o Autor.

Na região leste do mapa, onde se tem concentrações baixas desse elemento, tem o histórico de produção de olerícolas, pois a área se encontra ao lado do setor de Olericultura do Instituto Federal do Tocantins. O fator que pode estar influenciando na menor quantidade do elemento é o seu papel na formação de membrana celular, frutos e sementes, devido à área de estudo estar inutilizada, houve absorção do elemento pelas plantas daninhas e, como as mesmas foram cortadas dois dias antes da amostragem, não havendo ciclagem de nutrientes para o solo, causando na análise uma área com menor concentração do elemento.

Na região noroeste do mapa, onde se encontra a menor concentração do nutriente fica próxima à bacia do Rio Taquari, sendo inundada na época das cheias, provocando um carreamento deste nutriente, que é facilitado pela característica arenosa do solo do local. Embora o elemento

possua as classes muito baixa, baixa, média, alta e muito alta para o elemento, o mesmo se encontra na faixa adequada para a maioria das culturas comerciais mesmo na faixa muito baixa.

Para o elemento Mg, se mostrou em maior quantidade para a região sudeste do mapa, onde se encontrava o plantio de manga variedade Atkinson, o mesmo é utilizado como condicionante e provedor de nutrientes para a parte mais profunda do solo, devido a sua alta mobilidade em comparação ao Cálcio, que não se aprofunda no solo.

Na região leste do mapa, o elemento possui teores baixos e médios segundo os critérios da interpolação, nessa região, possui histórico de plantio de olerícolas, este fator, assim como também no Ca, mostram o efeito residual dos mesmos no solo, sendo que mesmo após a grandes períodos de não uso do solo, permanecem em quantidade adequadas para as plantas.

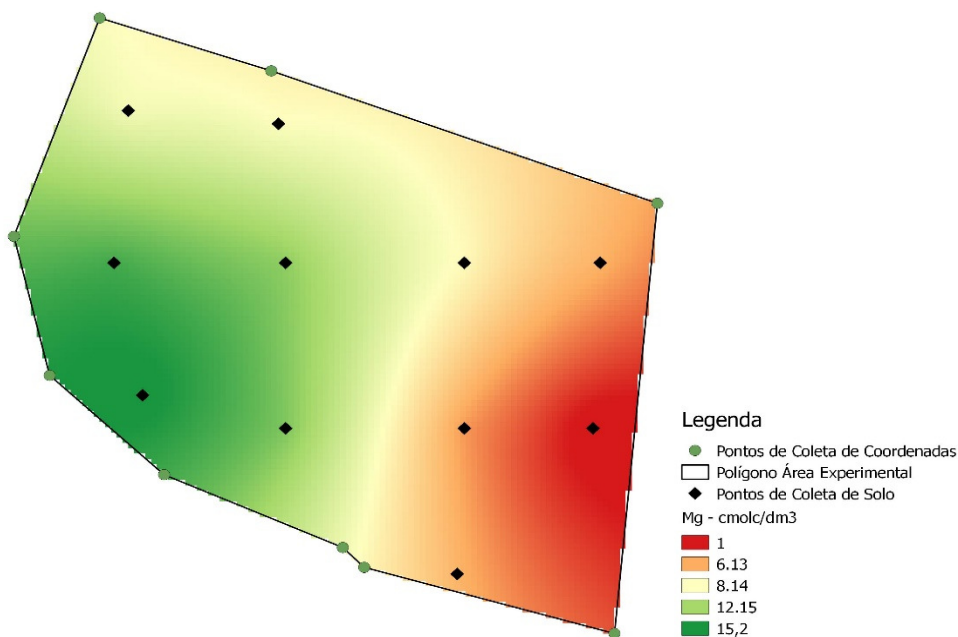


Figura. Mapa de fertilidade para o elemento Magnésio. Fonte: o Autor.

De modo geral, se analisarmos as quantidades mínimas dos elementos Ca e Mg, os mesmo se encontram nas quantidades mínimas adequadas para a maioria das culturas. Devido a semelhança em alguns locais do mapa – leste e sudoeste, com quantidades satisfatórias de Ca e Mg e com acompanhamento de mapas temporais de fertilidade de solo, poderia se criar zonas de

manejo para os respectivos elementos. Molin e Anselmi (2015) destacam que isso pode ser feito tanto com mapas temporais de fertilidade, como por outros dados de campo, citando o mapa de produtividade, relevo e condutividade elétrica aparente do solo, para formação de áreas mais homogêneas de dados a fim de possuir maior confiabilidade na criação das zonas de manejo.

Para o elemento P, sua maior fertilidade se encontra em uma faixa que corresponde à região sudeste a sudoeste. Devido a região possui predominância de cerrado e a mesma é caracterizada por pouca disponibilidade desse nutriente, a parte central possui teores médios, isso pode ser explicado pelas características do solo (parte superior arenosa e parte inferior argilosa), causando uma lixiviação subsuperficial, levando o elemento para outros locais.

Para melhor entendimento dessa dinâmica do solo, é recomendada uma análise de solo estratificado para avaliação físico-química do solo para um melhor entendimento da dinâmica deste nutriente nas camadas subsuperficiais.

Outro fator importante para a quantidade de P no local é pela ciclagem de nutrientes pelas plantas, pois o elemento é componente estrutural das plantas e cerca de 70 % do P contido planta é reciclado pelo solo e a outra parte se encontra nas sementes ou frutos.

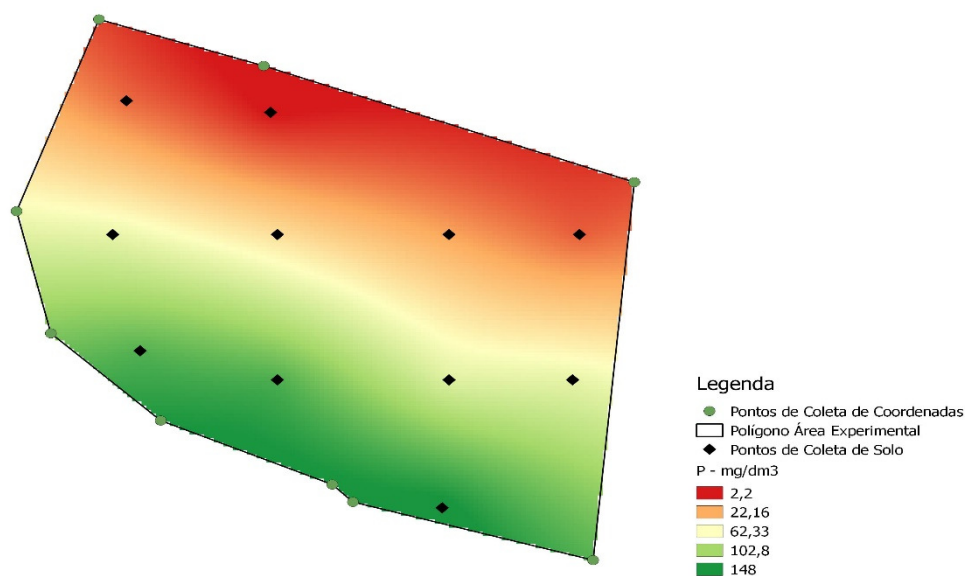


Figura. Mapa de fertilidade para o elemento Fósforo. Fonte: o Autor.

Portanto, a elaboração dos mapas de fertilidade do local de estudo foi satisfatória para o conhecimento da área de estudos, revelando uma alta variabilidade no local de estudo, demonstrando assim que o solo possui alta heterogeneidade e tendo que receber tratamento adequado para cada mancha de fertilidade indicada no mapa.

Entretanto, são necessários maiores estudos sobre a questão dos custos da implantação dessa tecnologia na região para a gestão da propriedade e geração de lucros para o produtor, em especial ao ramo da cadeia leiteira, que possui forte influência na geração de renda da região.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise de solo é baseada no conhecimento dos atributos físicos e químicos do solo mas sua abrangência da área deixa a desejar devido a heterogeneidade do solo que é causada por diversas condições, sejam elas ambientais ou antrópicas.

A geração de mapas de fertilidade mostra enfatiza a heterogeneidade do solo e a correlação com os elementos analisados com a qualidade do solo. Esses mapas vêm para auxiliar o produtor na tomada de decisão a fertilidade do solo na gestão de adubação e com maior quantidade de mapas temporais de solo, a criação de zonas de manejo para a adubação conjunta de determinados elementos no solo.

Deve-se enfatizar que para um maior detalhamento da área, deve-se obter um maior número de análises por talhão, aumentando a correlação dos atributos químicos interpolados pela Krigagem levando em consideração os custos da quantidade total de análises levadas ao laboratório sem comprometer o orçamento do produtor.

O grande desafio da agricultura moderna é a adoção desse novo sistema de mapeamento dos atributos físicos e químicos do solo devido ao diferencial inicial na quantidade de amostras de solo enviadas ao laboratório e a falta de estudos práticos de viabilidade de uso desta técnica na região.

Para melhor entendimento de diferentes camadas de solo, é interessante o estudo de análises de solo estratificado de 5 em 5 cm até a profundidade de 40 cm e quantificar a relação dos elementos em diferentes profundidades e texturas de solo, para ocasionar melhor gestão de solo e sua intimidade com a água no carreamento de nutrientes do solo.

REFERÊNCIAS

AGROSMART. **Vantagens e desvantagens dos principais tipos de irrigação.** São Paulo. 2016. Disponível em: <<https://www.agrosmart.com.br/blog/vantagens-tipos-de-irrigacao/>> Acesso em: 15 de agosto de 2017.

ARRUDA, Murilo Rodrigues de; MOREIRA, Adônis; PEREIRA, José Clério Rezende. **Amostragem e cuidados na coleta de solo para fins de fertilidade.** Embrapa Amazônia Ocidental. Manaus, 2014.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES – ANFAVEA. **Indústria Automobilística Brasileira - 50 anos.** São Paulo: Autodata editora, 2006. 194 p. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/50anos/180.pdf>>. Acesso em: nov. 2013.

BALASTREIRE, L. A. . **A Estado-da-Arte da Agricultura de Precisão no Brasil.** 1. ed. Piracicaba: L.A. Balastreire, 2000. v. 1. 224 p.

Bongiovanni, R. and J. Lowenberg-Deboer. 2004. **“Precision Agriculture and Sustainability.”** Precision Agriculture 5: 359-387.

LINSLEY, C. M.; BAUER, F. C. **Test Your Soil for Acidity.** College of Agriculture and Agricultural Experiment Station, Univesity of Illinois, 1929. 16 p. (Circular n. 346).

Cochran, R.L., R.K. Roberts, B.C. English, J.A. Larson, W.R. Goodman, S.R. Larkin, M.C. Marra, S.W. Martin, K.W. Paxton, W.D. Shurley, and J.M. Reeves. 2006. **“Precision Farming by Cotton Producers in Eleven States: Results from the 2005 Southern Precision Farming Survey.”** Research Report 01-06, Department of Agricultural and Resource Economics, The University of Tennessee, Knoxville, TN.

MALAVOLTA, E. Função dos nutrientes na planta e qualidade dos produtos agrícolas. In: SIMPÓSIO SOBRE ADUBAÇÃO E QUALIDADE DOS PRODUTOS AGRÍCOLAS, 1, Ilha Solteira, 1989. Anais, Ilha Solteira, FEIS/UNESP/ANDA/POTAFOS, 1989. 42p.

MOLIN, Jose Paulo; ANSEMI, Adriano Adelcino. **Agricultura de precisão considera variabilidade das áreas de cultivo.** Visão Agrícola. ed. 13. 2015. Disponível em: <http://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA_13_Colheita_armazenamento-artigo2.pdf> Acesso em: 14 de agosto de 2017.

Roberts, R.K., B.C. English, J.A. Larson, R.L. Cochran, W.R. Goodman, S.L. Larkin, M.C. Marra, S.W. Martin, W.D. Shurley, and J.M. Reeves. 2004. **“Adoption of Site-Specific Information and Variable-Rate technologies in Cotton Precision Farming.”** Journal of Agricultural and Applied Economics 36: 143-158.

STAFFORD, J. V. Implementing Precision Agriculture in the 21st Century. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 76, p. 267-275, 2000. <http://dx.doi.org/10.1006/jaer.2000.0577>

SILVA, M. L. N.; CURI, N.; BLANCANEUX, P. Sistemas de manejo e qualidade estrutural de



Latossolo Roxo. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 35, n. 12, p. 2485-2492, 2000.