



VARIABILIDADE DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E MAPAS DE RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO PARA CULTURA DA SOJA

MENEZES, Ronaldo Rodrigues de¹
ROSA, Helton Aparecido²

RESUMO

O conhecimento da variabilidade dos atributos químicos permite racionalizar o uso de adubos e fertilizantes, minimizando custos ao produtor. Com isto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade dos atributos químicos do solo e obter mapas de recomendação de fertilidade. O trabalho foi realizado em propriedade particular no município de Guaraniaçu, PR, no período de abril a julho de 2021. Coletou-se amostras de solo na profundidade de 0-20 cm, formada de 10 subamostras, de maneira aleatória ao redor de cada ponto amostral, em uma grade regular de 95x95 m, totalizando 21 pontos amostrais, onde foi analisado: pH, P, K, Ca, Mg, H+Al, CTC total, CTC efetiva, SB e V %. Realizou-se estatística descritiva e classificação do coeficiente de variação, e foi usado método de interpolação IDW, na segunda potência. Para elaborar os mapas da variação da fertilidade e recomendação, foi utilizado o *software* de geoestatística em plataforma livre QGIS. A variabilidade dos atributos químicos de um modo geral foi baixa. A fertilidade da área estava adequada, não havendo necessidade de calagem e adubação potássica. Para a recomendação de fósforo o mapa gerado mostra que em aproximadamente 70 % da área a aplicação será de 70 kg ha⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: Fertilidade; Interpolação; Geoestatística

1. INTRODUÇÃO

A agricultura ao longo do tempo vem evoluindo, sendo uma atividade que requer uma utilização eficiente de recursos, ou seja, um melhor gerenciamento dos processos de produção, a agricultura de precisão (AP) vem ao auxílio do produtor com técnicas e metodologias que podem otimizar o manejo. A AP é um método de manejo que leva em consideração a variabilidade espacial permitindo a aplicação pontual de corretivos, pesticidas, insumos, fertilizantes e outros (BASSOI *et al.*, 2019).

O uso da geoestatística na agricultura de precisão caracteriza a variabilidade espacial dos atributos do solo e também das culturas, a relações entre eles no espaço e tempo (BERNARDI *et al.*, 2015). O estudo da variabilidade espacial dos atributos químicos do solo e uso de técnicas para auxiliar o manejo, no caso da geoestatística, é muito importante para o desenvolvimento da cultura (DALCHIAVON *et al.*, 2017). A variabilidade dos atributos químicos do solo pode ocorrer de várias maneiras, estando relacionados aos fatores edafoclimáticos e topografia do solo em questão, aliado a isso solos com mesma característica podem ter variações dos atributos químicos do solo, mesmo sendo considerados homogêneos (CORRÊA *et al.*, 2017). Sendo conhecida a distribuição espacial dos atributos químicos é possível obter um manejo adequado da área de acordo com o que a cultura necessita, e assim minimizando o custo ao agricultor (MATIAS *et al.*, 2015).

¹ Engenheiro Agrônomo, Egresso do Curso de Agronomia do Centro Universitário Assis Gurgacz (FAG).

² Engenheiro Agrícola, Professor Doutor, Docente do Curso de Agronomia do Centro Universitário Assis Gurgacz (FAG).



O método adotado para fornecer nutrientes é parte do processo produtivo e impacta o rendimento das lavouras, pois poucos agricultores e técnicos não podem determinar com exatidão quais são as melhores doses de adubos nos mais variados ambientes de cultivo com o passar do tempo (RESENDE *et al.*, 2016). Dessa forma a fertilidade do solo pode influenciar o rendimento das culturas, e a distribuição espacial, horizontal e vertical, tem um peso muito grande na produtividade (LIMA, SILVA e SILVA, 2013). Contudo, conhecendo a variabilidade espacial e usando a geoestatística pode-se encontrar valores médios padrão que indiquem a fertilidade do solo (DA SILVA CARNEIRO *et al.*, 2016).

A amostragem de solo é utilizada para avaliação dos parâmetros ou atributos químicos e físicos do solo, e para se obter uma variabilidade espacial se faz necessário coleta de várias amostras georreferenciadas em toda área, a mais comum é a amostragem em grid (MOLIN *et al.*, 2015). A amostragem georreferenciada do solo, juntamente com o sistema de informações geográficas (SIG) e geoestatística, são úteis na geração de mapas que mostram a variabilidade dos atributos químicos das amostras do talhão (TEIXEIRA *et al.*, 2013).

Os mapas temáticos mostram a relação entre as variabilidades espaciais dos atributos químicos do solo, e também é a maneira mais prática de expressá-las comercialmente, muitas empresas com enfoque na agricultura de precisão estão sendo buscadas pelos produtores para correção de áreas com baixa produtividade de suas propriedades (CORRÊA *et al.*, 2017). Utilizando os mapas de recomendação de corretivos e fertilizantes podem garantir uma aplicação pontual dos insumos, assim deve garantir uma fertilidade do solo homogênea e ainda gerar uma economia na compra de insumos, aumento de produtividade e melhorias no manejo do solo (SILVA CARNEIRO *et al.*, 2016).

Nesse sentido, o objetivo desse trabalho foi avaliar a variabilidade dos atributos químicos do solo e obter mapas de recomendação de fertilidade.

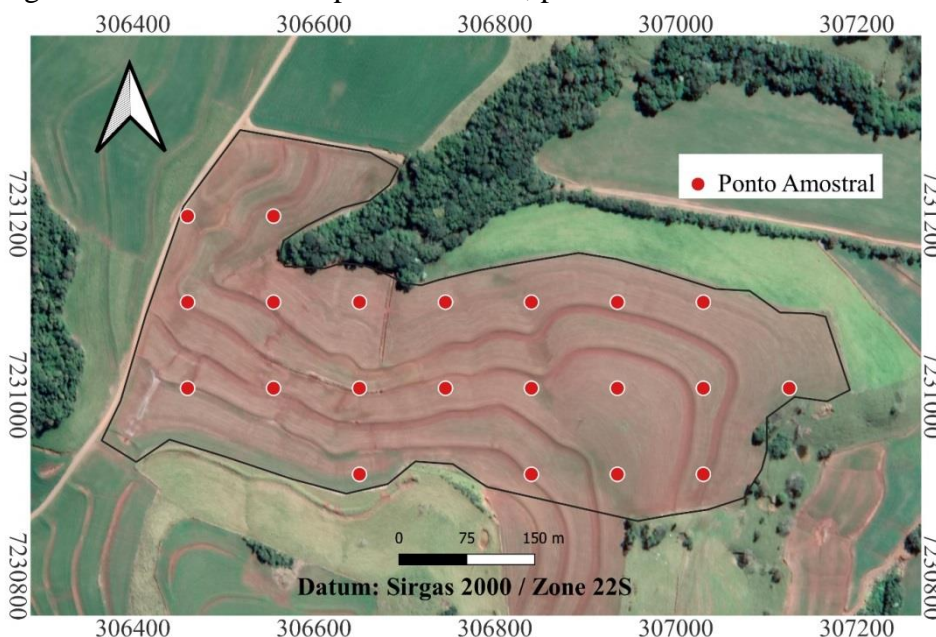
2. METODOLOGIA

O trabalho foi realizado em uma propriedade particular, no período de abril à julho de 2021, localizada no município de Guaraniaçu, PR, cujas coordenadas geográficas são 25° 1'26.51"S e 52°54'55.88"O, com altitude média de 708 m. O clima da região é subtropical úmido (classificação climática de Köppen-Geiger: Cfa). O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico típico de textura argilosa A moderado (BHERING *et al.*, 2007).

A área experimental possui 19,7 ha, cultivados a mais de 10 anos com semeadura direta sobre a palha, sempre com a cultura da soja no período de primavera-verão e a cultura do trigo no período do outono-inverno.

Para a caracterização dos atributos químicos do solo foi georreferenciada a área de 19,7 ha, onde foi realizado o trabalho, com um grid amostral gerada pelo *software* geostatístico em plataforma livre QGIS (versão 3.10.7), sendo a grade com 21 pontos alocados de forma regular com um ponto a cada 0,90 ha (95x95 m), a Figura 1 representa a área de estudo com os 21 pontos amostrais. A coleta do solo foi realizada, de forma manual com um trado holandês e um pá cortadeira de bico, na profundidade de 0-20 cm, formada de 10 sub-amostras, de maneira aleatória ao redor de cada ponto amostral, os quais todos foram georreferenciados e localizados com o auxílio de GPS. As amostras de solo foram enviadas para um laboratório de análise de solos.

Figura 1 – Grid com cada ponto amostral, para a coleta de amostras de solo.



Os atributos químicos determinados foram: potencial hidrogeniônico em cloreto de cálcio (pH CaCl_2), matéria orgânica (MO), fósforo (P), potássio (K^+), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), hidrogênio mais alumínio (H+Al), soma de bases SB, capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (CTC) e saturação por bases (V%).

Primeiramente os dados foram submetidos a análise estatística descritiva, onde foram calculadas as medidas de posição (média, mediana, mínimo e máximo), de variabilidade (coeficiente de variação) e de tendência central (assimetria e curtose), e para a análise do coeficiente



de variação foi utilizado a classificação de Pimentel Gomes (1985), considerando baixo se menor que 10%, médio de 10 a 20 %, alto de 20 a 30 % e muito alto quando superior a 30 %.

Para a interpretação dos atributos químicos do solo (pH CaCl₂, MO, P, K⁺, Ca, Mg, H+Al, V% e CTC), foram usados os dados de acordo com o Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná (2019) (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1 - Interpretação de parâmetros químicos do solo para o estado do Paraná

Classe de interpretação	pH CaCl ₂	Ca ²⁺	Mg ²⁺	CTC _(T) a pH 7,0	CTC _(t) efetiva	V	MO
Muito baixo	< 4,0	< 0,5	< 0,2	< 5	< 1,1	< 20	< 7
Baixo	4,0 – 4,4	0,5 – 1,0	0,2 – 0,4	5 – 7	1,1 – 2,0	21 – 35	7 – 14
Médio	4,5 – 4,9	1,1 – 2,0	0,5 – 1,0	8 – 14	2,1 – 4,0	36 – 50	15 – 24
Alto	5,0 – 5,5	2,1 – 6,0	1,1 – 2,0	15 – 24	4,1 – 8,0	51 – 70	25 – 34
Muito Alto	> 5,5	> 6,0	> 2,0	> 24	> 8,0	> 70	> 3,4

Fonte: Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná (2019)

Tabela 2 - Interpretação para o fósforo disponível e potássio trocável no solo (extraído por Mehlich - 1) para o estado do Paraná considerando acima de 40 % de argila

Classe de interpretação	P disponível	K trocável
	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³
Muito baixo	< 6	< 0,06
Baixo	6 – 12	0,06 – 0,12
Médio	13 – 18	0,13 – 0,21
Alto	19 – 24	0,22 – 0,45
Muito Alto	> 24	> 0,45

Fonte: Pauletti e Motta (2019)

Para o cálculo da calagem, seguiu-se a recomendação do Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná (2019), que deve-se elevar a saturação por base para 60% quando estiver abaixo de 50%, para a cultura da soja, a necessidade calculada pela equação (1):

$$NC = \frac{(V_2 - V_1) \cdot CTC_T}{PRNT} \quad (1)$$



onde:

NC = quantidade de calcário em $t\ ha^{-1}$;

V_1 = saturação atual em porcentagem;

V_2 = saturação desejada em porcentagem;

$PRNT$ = poder relativo de neutralização total do calcário a ser aplicado 90%.

No cálculo da fosfatagem e recomendação de Potássio para obter uma produtividade de 3 a 4 $t\ ha^{-1}$, de acordo com o Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná (2019), em que os valores são classificados como muito baixo recomenda-se a adubação de 110 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 e 120 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O , valores baixos recomenda-se 90 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 e 100 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O , valores médios recomenda-se 70 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 e 80 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O , valores altos recomenda-se 50 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 e 60 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O , e ainda quando classificados como muito alto recomenda-se 30 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 e 0 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O .

A geração dos mapas foi feita utilizando o software Qgis (versão 3.20.3), com o método de interpolação IDW na segunda potência, dimensionados com uma resolução espacial com pixel de 5 metros.

3. ANÁLISES E DISCUSSÕES

Na análise estatística descritiva dos atributos químicos (Tabela 3), nota-se que os valores das médias e medianas são similares na maioria dos atributos químicos avaliados, indicando que os dados sofreram uma baixa variação em torno do valor central.

Segundo Pimentel Gomes (1985) a variabilidade dos atributos químicos pode ser classificada de acordo com o coeficiente de variação (CV), na área estudada os CVs foram baixos para $pH(CaCl_2)$, MO, $H+Al$, $CTC_{(T)}$ e V, médios para K^+ , Ca^{2+} , SB e $CTC_{(t)}$, alto para Mg^{2+} e muito alto para P (Tabela 3). Por consequências de adubação e calagem de maneira sucessivas e irregulares, tem-se as variações das características químicas do solo (BOTTEGA *et al.*, 2013).



Tabela 3 – Estatística descritiva dos atributos químicos do solo

Atributos	Und	Média	CV ⁽¹⁾	Min.	Mediana	Max.	ASS ⁽²⁾	K ⁽³⁾
pH CaCl ₂		5,13	0,02	4,90	5,10	5,40	0,49	-0,29
MO	g dm ⁻³	34,90	0,06	28,83	34,33	44,70	1,02	1,72
P	mg dm ⁻³	10,07	0,35	5,75	9,19	42,02	5,22	33,33
K ⁺	cmol dm ⁻³	0,73	0,12	0,51	0,72	1,09	0,75	1,14
Ca	cmol dm ⁻³	7,83	0,15	5,06	7,71	14,93	1,99	7,71
Mg	cmol dm ⁻³	1,94	0,21	1,28	1,87	4,36	1,73	5,66
H + Al	cmol dm ⁻³	6,20	0,06	4,61	6,22	7,20	-0,52	0,93
SB	cmol dm ⁻³	10,50	0,14	6,99	10,23	19,92	2,03	7,59
CTC _(T)	cmol dm ⁻³	16,69	0,08	13,68	16,50	24,53	1,99	7,23
CTC _(e)	cmol dm ⁻³	10,52	0,14	7,14	10,24	19,92	2,07	7,71
V	(%)	62,08	0,06	51,11	61,60	81,17	0,86	2,31

P: fósforo; K⁺: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; H+Al: acidez potencial; SB: soma de bases; CTC_(T): capacidade de troca catiônica total; CTC_(e): capacidade de troca catiônica efetiva; V%: saturação por bases; (1) CV: coeficiente de variação; (2) ASS: coeficiente de assimetria; (3) K: coeficiente de curtose

O atributo acidez potencial (H + Al) foi o único que apresentou coeficiente de assimetria (ASS) negativa (-0,52) (Tabela 3). Os outros atributos químicos do solo apresentaram distribuição assimétrica positiva. O coeficiente de assimetria (ASS) caracteriza de que forma e quanto a distribuição de dados se afasta da simetria. Se o valor encontrado para esse coeficiente for zero, a distribuição é simétrica; se positivo, a distribuição é assimétrica à direita; e se negativo, é assimétrica à esquerda (ZANÃO JUNIOR *et al.*, 2010). O maior valor de assimetria positiva observado foi para fósforo (P) (5,22), caracterizando como sendo o atributo menos simétrico.

Os valores de pH(CaCl₂), estão entre 4,9 a 5,4 (Tabela 3), e de acordo com a (Tabela 1), pode-se notar que em alguns locais do talhão o pH é considerado médio e alto. Observando o mapa de distribuição do pH CaCl₂, pode-se notar a baixa variabilidade desse atributo (Figura 2 - A).

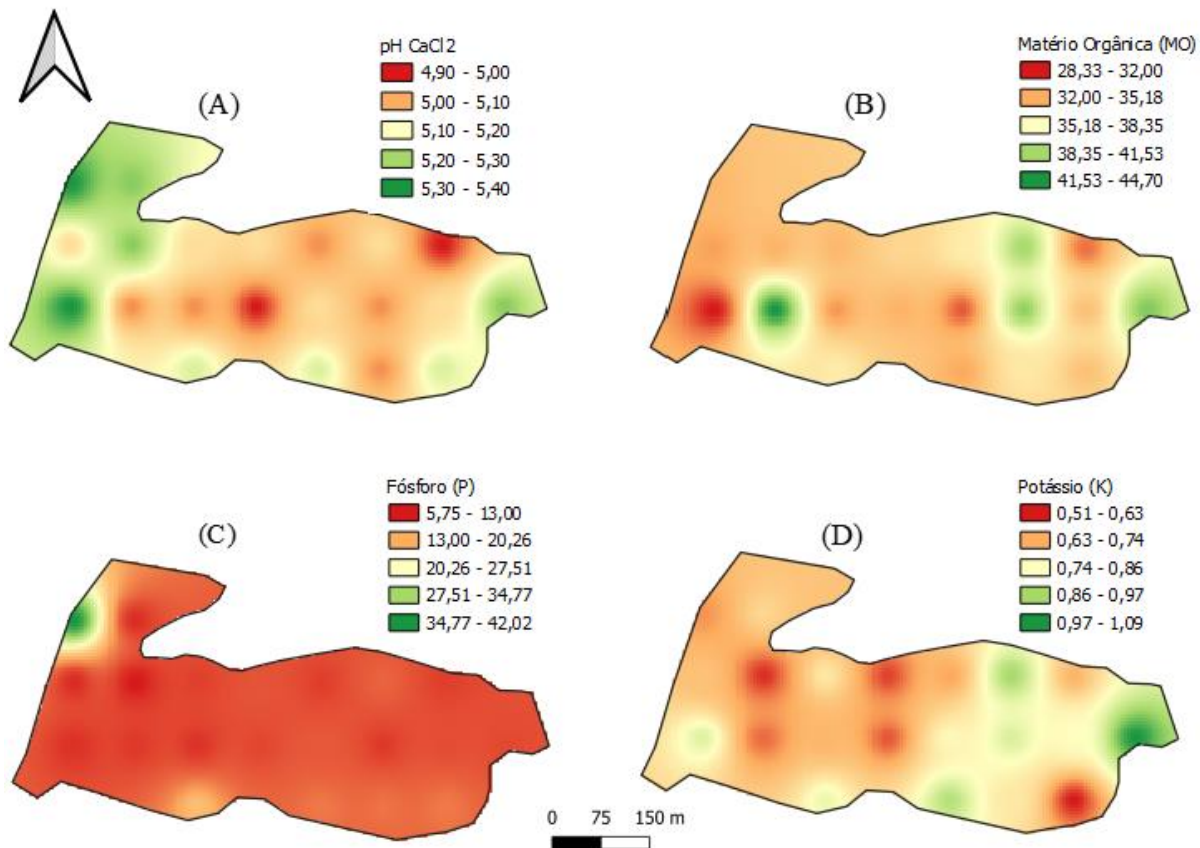
A matéria orgânica (MO), indica a qualidade do solo, devido a sua interação com componentes do mesmo exercendo diretamente efeitos sobre retenção de água, pH, CTC, entre outros (CUNHA, *et al.*, 2015). Os valores de MO variaram entre 28,8 e 44,7 g dm⁻³ (Tabela 3), que pode ser considerado de alto a muito alto. Analisando o mapa de MO (Figura 2 - B), observa-se a baixa variabilidade no talhão, novamente explicado pelo baixo coeficiente de variação.

Da tabela 3 verificou-se que, os valores para Fósforo (P), variam de 5,75 a 42,02 mg dm⁻³, que pode ser classificado de baixo a muito alto. Analisando o mapa de distribuição do Fósforo (P), nota-se uma baixa variabilidade em grande parte do talhão, no geral o maior valor do teor de P foi



na faixa de 5,75 a 27,51 mg dm⁻³, exceto na região noroeste do mapa (Figura 2-C), que pode explicar o CV de 35 % classificado como muito alto.

Figura 2 - Mapas de variabilidade dos atributos químicos do solo para pH CaCl₂, Matéria Orgânica, Fósforo e Potássio.



Analisando os valores do potássio (K), que variou de 0,51 a 1,09 cmol dm⁻³ (Tabela 3), pode ser classificado de como muito alto de acordo com o Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná (2019), (Tabela 2), mas dentro desses valores possui um CV de 12% médio, observando o mapa disponibilidade de K (Figura 2- D) pode-se observar esta variabilidade. Segundo Hurtado *et al.* (2008) o alto teor de K é muito comum em áreas onde se produz grãos a mais de 5 anos.

De acordo com a Tabela 3, o Cálcio (Ca) variou de 5,06 a 14,93 cmol dm⁻³ e o Magnésio (Mg) de 1,28 a 4,36 cmol dm⁻³, esses atributos foram classificados como muito alto para o Ca e de alto a muito alto para o Mg (Tabela 1). O mapa de cálcio (Figura 3 – A) apresentou certa homogeneidade exceto pelas áreas que variaram de 10,98 a 12,96 cmol dm⁻³ e 12,96 a 14,93 cmol dm⁻³ que elevou o CV para médio, já o mapa de Mg (Figura 3 – B) apresentou maior variabilidade, explicado pelo seu CV de 21 % classificado como alto.



A capacidade de troca de cátions (CTC) de um solo, a $CTC_{(T)}$ a pH 7,0, que é determinada pela soma dos cátions ($Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + H^+ + Al^{3+}$), que variou de 13,68 a 24,53 $cmol\ dm^{-3}$, e a $CTC_{(t)}$ efetiva, expressa sem considerar o íon H^+ variou de 7,14 a 19,92 $cmol\ dm^{-3}$ (Tabela 3), a interpretação de acordo com a tabela 1, é de alto para muito alto. Analisando os mapas (Figura 3 – C e D), nota-se certa semelhança da variabilidade no talhão, a diferença entre os CVs se dá pela variação da quantidade de H^+ , pois Al^{3+} é praticamente nula na área.

A média da saturação de bases (V%) foi de 62,08 %, classificada como alta, entretanto teve uma variação de 51,11 a 81,17% (Tabela 3), classificados de alto para muito alto (Tabela 2). Segundo Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná (2019), não há necessidade de aplicação de calcário no talhão estudado, considerando a cultura da soja, que deve-se aplicar calcário para elevar V para 60 % quando for menor que 50 %, o mesmo vale para a adubação potássica, que teve o teor de K^+ considerado muito alto, sendo assim não foi necessário gerar o mapa de recomendação.

Figura 3 - Mapas de variabilidade dos atributos químicos do solo: Cálcio, Magnésio, CTC total e CTC efetiva.

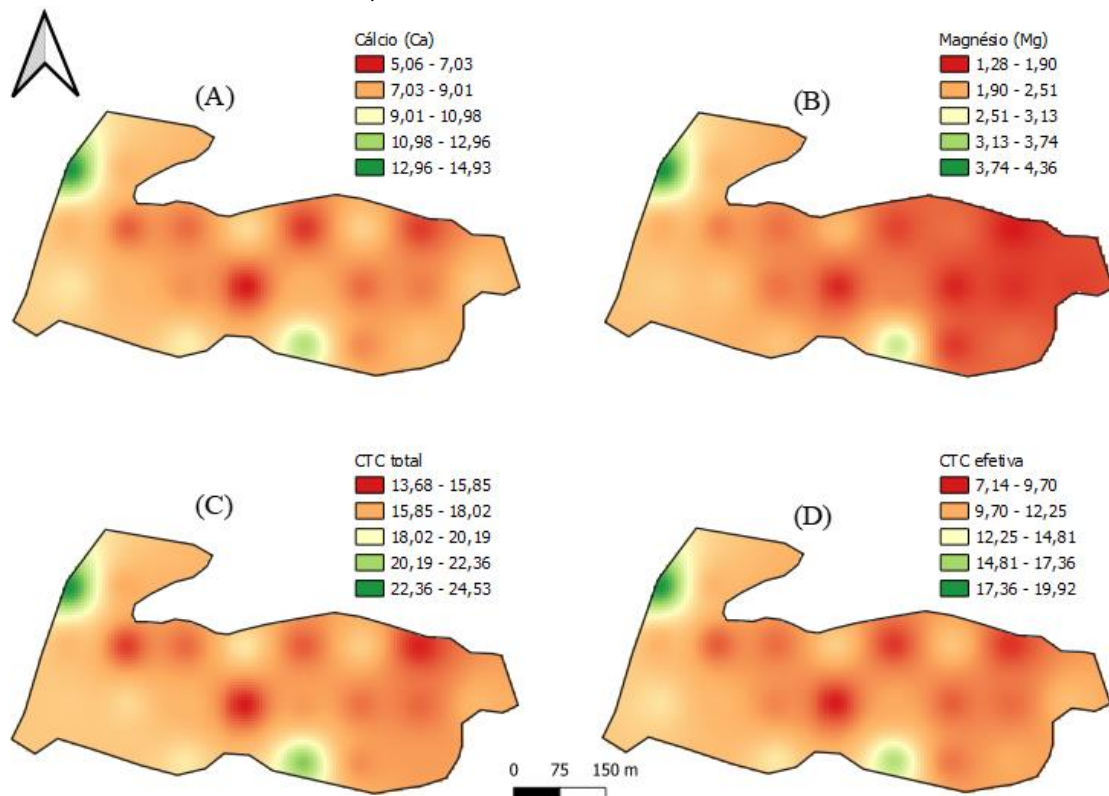
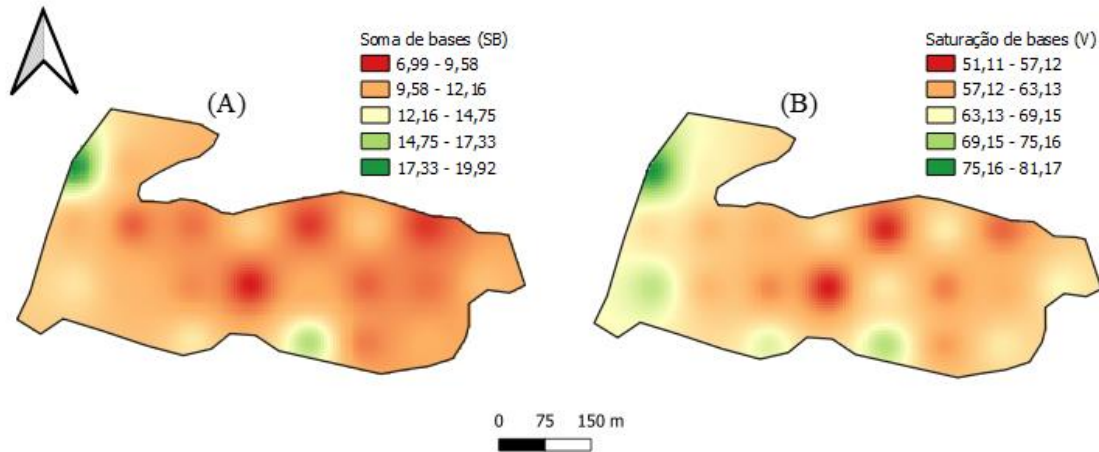
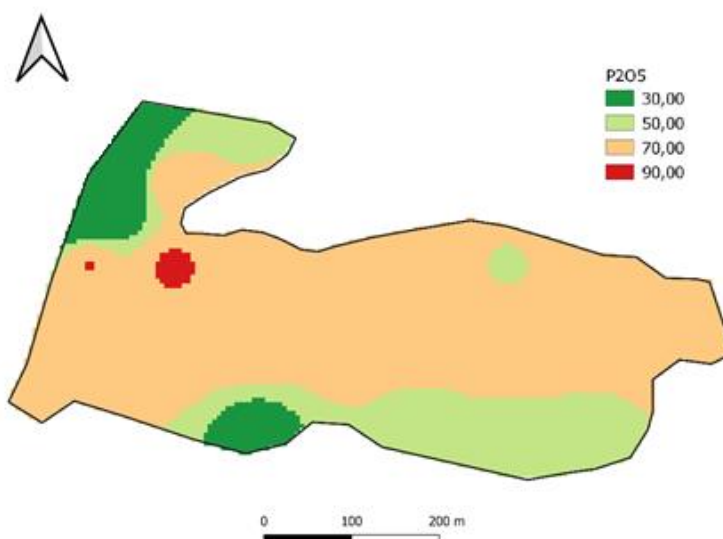


Figura 4 - Mapas de variabilidade dos atributos químicos do solo: Soma de bases e Saturação de bases.



O mapa de necessidade de P mostra que quando ocorre aplicação de forma variável, em alguns locais do talhão (ou área), pode existir maior exigência de P_2O_5 , como nota-se na faixa central que corresponde a aproximadamente 70 % da área onde deverá ser aplicado 70 kg há^{-1} , ou de menor, como na região noroeste e sul sudeste do mapa (Figura 5).

Figura 5 - Mapa de recomendação de fósforo (P_2O_5) (kg há^{-1})



Analisando os mapas (Figura 3 – A,B,C,D e Figura 5 – B) , pode-se observar a similaridade na variabilidade do Ca, Mg, V e CTC, pois o cálcio tem forte relação com magnésio, e ainda fazem parte do cálculo da CTC e que por sua vez faz parte do cálculo da saturação por bases. Portanto,



mostra-se que os mapas de variabilidade dos atributos químicos do solo são uma ótima ferramenta para avaliar a fertilidade do solo e auxiliar na recomendação de adubação e corretivos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A variabilidade dos atributos químicos do solo avaliados foi baixa, com valores adequados de fertilidade, não havendo necessidade de calagem e adubação potássica para a cultura da soja. Para a recomendação de fósforo o mapa gerado mostra uma baixa variabilidade da necessidade de fósforo.

REFERÊNCIAS

- BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y.; BERNARDI, A. D. C.; VAZ, C. M. P.; SPERANZA, E. A.; CRUVINEL, P. E. **Agricultura de precisão e agricultura digital**. Embrapa Pecuária Sudeste-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2019.
- BERNARDI, J. V. E.; NEIRA, M. P.; MANZATTO, A. G.; DE HOLANDA, I. B. B., DE ALMEIDA, R., BASTOS, W. R., ... & VIEIRA, L. C. G. Aplicação da análise geoestatística para modelagem espacial do mercúrio e matéria orgânica em solos florestais na Amazônia Ocidental. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 4, n. 3, p. 31-46, 2015.
- BHERING, S. B.; DOS SANTOS, H. G.; MANZATTO, C. V.; BOGNOLA, I. A.; FASOLO, P. J.; DE CARVALHO, A. P.; CURCIO, G. R. **Mapa de solos do estado do Paraná**. Embrapa Solos-Documents (INFOTECA-E), 2007
- BOTTEGA, E. L.; QUEIROZ, D. M.; PINTO, F. A. C.; SOUZA, C. M. A. Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no cerrado brasileiro. **Revista Ciência Agrônoma**, v. 44, n. 1, p. 1-9, 2013.
- CORRÊA, M. F.; NAVROSKI, R.; GOMES, A. D.; NETO, A. G.; NADAL, A. P.; FLORES, J. H. N.; SCHUCH, L. O. B. Variabilidade espacial dos atributos químicos e agrônômicos do solo em campo de produção de sementes de trigo. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 16, n. 4, p. 500-509, 2017.
- CUNHA, T. J. F.; MENDES, A. M. S.; GIONGO, V. (2015). **Matéria orgânica do solo**. Embrapa Semiárido-Capítulo em livro científico (ALICE).
- DALCHIAVON, F. C.; RODRIGUES, A. R.; DE LIMA, E. S.; LOVERA, L. H.; MONTANARI, R. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo cultivado com soja sob plantio direto. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 16, n. 2, p. 144-154, 2017.
- DE CAMPOS BERNARDI, A. C.; BETTIOL, G. M.; GREGO, C. R.; ANDRADE, R. G.; RABELLO, L. M.; INAMASU, R. Y. (2017). Ferramentas de agricultura de precisão como auxílio



ao manejo da fertilidade do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 32, n. 1/2, p. 211-227, 2017.

HURTADO, S. M. C.; RESENDE, A. V.; CORAZZA, E. J.; SHIRATSUCHI, L. S.; HIGASHIKAWA, F. S. Otimização da adubação em lavouras com altos teores de potássio no solo. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo-RS, v. 106, n. 1, p.1-4, 2008.

LIMA, J. S. D. S.; SILVA, S. D. A.; SILVA, J. M. D. Variabilidade espacial de atributos químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado em plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, p. 16-23, 2013.

MATIAS, S. S. R.; NÓBREGA, J. C. A.; NÓBREGA, R. S. A.; ANDRADE, F. R.; BAPTISTEL, A. C. Variabilidade espacial de atributos químicos em Latossolo cultivado de modo convencional com soja no cerrado piauiense. **Revista Agro@ mbiente On-line**, v. 9, n. 1, p. 17-26, 2015.

MOLIN, J. P.; DO AMARAL, L. R.; COLAÇO, A. **Agricultura de precisão**. Oficina de textos, 2015.

PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V. **Manual de Adubação e Calagem para o estado do Paraná**. SBCS, Núcleo Estadual Paraná. Curitiba, 2ª Ed. 289p. 2019.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. São Paulo: Nobel, 1985. 467 p.
TEIXEIRA, T. D. G.; AMADO, T. J. C.; BORTOLOTTI, R. P.; DE OLIVEIRA FERREIRA, A.; SCHOSSLER, D. S.; ALBA, P. J.; HANSEL, F. D. (2013). Variabilidade de atributos químicos do solo sob diferentes grids de amostragem em agricultura de precisão. **Brazilian journal of agriculture-revista de agricultura**, v. 88, n. 3, p. 169-178, 2013.

RESENDE, A. V.; FONTOURA, S. M. V.; BORGHI, E.; DOS SANTOS, F. C.; KAPPES, C.; MOREIRA, S. G.; BORIN, A. L. D. C. Solos de fertilidade construída: características, funcionamento e manejo. **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2016.

SILVA CARNEIRO, J. S.; DOS SANTOS, A. C. M.; FIDELIS, R. R.; DA SILVA NETO, S. P.; DOS SANTOS, A. C.; DA SILVA, R. R. Diagnóstico e manejo da variabilidade espacial da fertilidade do solo no cerrado do Piauí. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 14, n. 2, 2016.

ZANÃO JÚNIOR, L. A.; LANA, R. M. Q.; CARVALHO-ZANÃO, M. P.; GUIMARÃES, E. D. Variabilidade espacial de atributos químicos em diferentes profundidades em um Latossolo em sistema de plantio direto. **Revista Ceres**, v. 57, n. 3, p. 429-438, 2010.