

VARIAÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA ACIDEZ POTENCIAL DOS SOLOS, COM PREPARO CONVENCIONAL

LUCAS NASCIMENTO BRUM¹, JULIO CÉSAR WINCHER SOARES², DANIEL NUNES KRUM³, THAYNAN HENTZ DE LIMA⁴, OTÁVIO LADISLAU GARCIA MEDEIROS⁵

¹ Laboratório de Solos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, 733, São Vicente, 97711-500, Santiago-RS, Brasil, lucasbrum13@hotmail.com.

² Laboratório de Solos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, 733, São Vicente, 97711-500, Santiago-RS, Brasil, juliowincher@gmail.com.

³ Laboratório de Solos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, 733, São Vicente, 97711-500, Santiago-RS, Brasil, Daniel.krum@hotmail.com.

⁴ Laboratório de Solos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, 733, São Vicente, 97711-500, Santiago-RS, Brasil, Thaynanh.lima@hotmail.com.

⁵ Laboratório de Solos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Avenida Batista Bonoto Sobrinho, 733, São Vicente, 97711-500, Santiago-RS, Brasil, otaviogarciamedeiros@outlook.com.

RESUMO: O reconhecimento da variabilidade espaço e temporal das propriedades ligadas a acidez do solo permite o manejo eficiente da sua fertilidade. O objetivo do trabalho foi prever a variabilidade espaço-temporal das propriedades ligadas a acidez e a demanda por calcário de solos após a inserção da cultura da soja, com preparo convencional, sob o campo nativo. A pesquisa foi realizada na fazenda escola da Universidade Regional Integrada, Campus de Santiago, RS. Foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0 a 0,2 m, em 52 pontos, através de uma grade de 15 x 15 m, nos diferentes momentos e sistemas de ocupação: campo nativo (2016) e soja em plantio convencional (2017). Através da geoestatística, observou-se a variabilidade espaço-temporal das variáveis ligadas a acidez do solo e a demanda por calcário nos diferentes momentos e sistemas de ocupação. Registrou-se a redução da acidez potencial e, conseqüentemente, a redução na demanda por calcário. As variáveis estudadas, nos diferentes momentos, apresentaram relações espaciais em sua distribuição na paisagem e a densidade amostral mostrou-se de grande importância para as predições acuradas, tendo em vista que o menor valor de alcance foi de 28,84 m, perfazendo 12 pontos de observação por hectare.

Palavras-chave: Vegetação nativa; Acidez do solo; Monitoramento espaço-temporal; Manejo e conservação do solo; Agricultura digital.

SPATIAL AND TEMPORAL VARIATION OF POTENCIAL ACIDITY IN SOILS IN CONVENTIONAL TILLAGE

ABSTRACT: The recognition of the spatial-temporal variability of properties linked to acidity soil allows the efficient management of its fertility. The aim of this work was to predict the spatio-temporal variability of properties linked to acidity and demand for limestone soils after the insertion of soybean crop, with conventional tillage, under the native field. The research was carried out at the Fazenda Escola of the Integrated Regional University, Campus de Santiago, RS. Soil samples were collected at a depth of 0 to 0.2 m, at 52 points, through a 15 x 15 m grid, at different times and occupation systems: native field (2016) and soybean under conventional tillage (2017). Through geostatistical, the spatio-temporal variability of linked variables to soil acidity and the demand for limestone was observed different times and occupation systems. There was a reduction in potential acidity and, consequently, a reduction in demand for limestone. The studied variables, at different times, showed spatial relationships in their distribution in the landscape and the sample density proved to be of great importance for accurate predictions, considering that the lowest range value was 28.84 m, totaling 12 points observation rate per hectare.

Keywords: Native vegetation; Acidity of soil. Spatial-temporal monitoring. Soil Conservation and Management. Digital agriculture.

1 INTRODUÇÃO

Com o avanço da agricultura digital, é possível determinar com exatidão diferentes zonas de manejo do solo, conforme as suas propriedades. Nessas zonas de manejo, as produtividades das culturas podem ser restringidas pela presença de elementos tóxicos para o desenvolvimento vegetal.

A elevada presença de alumínio ligado aos coloides do solo e a baixa disponibilidade de cátions básicos, culminam em reduzidos valores de saturação de bases (V%) - processo que contribui para a restrição ao crescimento radicular e para a redução da quantidade de água absorvida pelas culturas (DELIN; LINDÉN; BERGLUND, 2005).

De acordo com Tiecher et al. (2016), valores reduzidos de pH em água influenciam diretamente nos valores de saturação de bases (V%), além de altos valores de saturação por alumínio (m%). Conforme a atividade do H^+ , ocorre a dissolução do alumínio da estrutura dos minerais para formas trocáveis e altamente tóxicas, portanto, quanto menor o pH em água, maior será essa dissolução. Devido a esse fato, Sousa et al. (2007), descrevem que, com a elevação dos valores de pH, o Al não permanece na solução e precipita-se, na forma de oxihidróxidos de Al, restando os cátions básicos na solução do solo, na forma trocável.

A acidez potencial (H+Al) representa a soma dos teores trocáveis entre o Alumínio e o íon hidrogênio (H^+), podendo ser estimada pelo método pH SMP, pois, existe forte correlação entre ambos (KAMINSKI et al. 2001). Esse é um método simples que auxilia na determinação da necessidade de calagem, para a melhoria e manutenção da fertilidade do solo; isso se deve ao equilíbrio entre a acidez do solo e a alcalinidade do tampão (FREITAS; PRATT; VETTORI, 1968; KAMINSKI, 1974; SOUSA et al., 1980). Assim, a recomendação de calcário visa proporcionar um ambiente propício ao desenvolvimento radicular, diminuindo a atividade de elementos potencialmente tóxicos, como Al e o Manganês (Mn), favorecendo a disponibilidade de

elementos essenciais à nutrição de plantas (SOUSA; MIRANDA; OLIVEIRA et al., 2007).

Para a implementação da agricultura digital, torna-se necessário o estudo da variabilidade espacial e temporal das propriedades químicas do solo, utilizando técnicas aplicadas a variáveis regionalizadas, por meio da geoestatística (VIEIRA, 2000), o que resulta na produção de mapas acurados para as bases de informação dos setores de produção (McBRATNEY et al., 1986). A geoestatística é a parte da estatística que desenvolve e aplica modelos para representar fenômenos naturais, cujas propriedades variam em função da localização espacial de pontos de medição (MEIRELLES et al.; CAMARA; ALMEIDA, 2007). Assim, pode-se identificar e avaliar a variabilidade espacial das propriedades químicas do solo e, desse modo, determinar uma nova dimensão para a análise e interação dessas propriedades (JUNQUEIRA JUNIOR et al., 2008).

O estudo da variabilidade espaço-temporal das propriedades químicas do solo possibilita a gestão da sua fertilidade, contribuindo para a elevação da produtividade das culturas, além de ser fundamental para a obtenção de uma agricultura sustentável (CAJAZEIRA; ASSIS JÚNIOR, 2011).

Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo prever a variabilidade espaço-temporal do pH SMP, da acidez potencial (H+Al) e da necessidade de calagem, após a inserção da cultura da soja, com preparo convencional, sob o campo nativo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

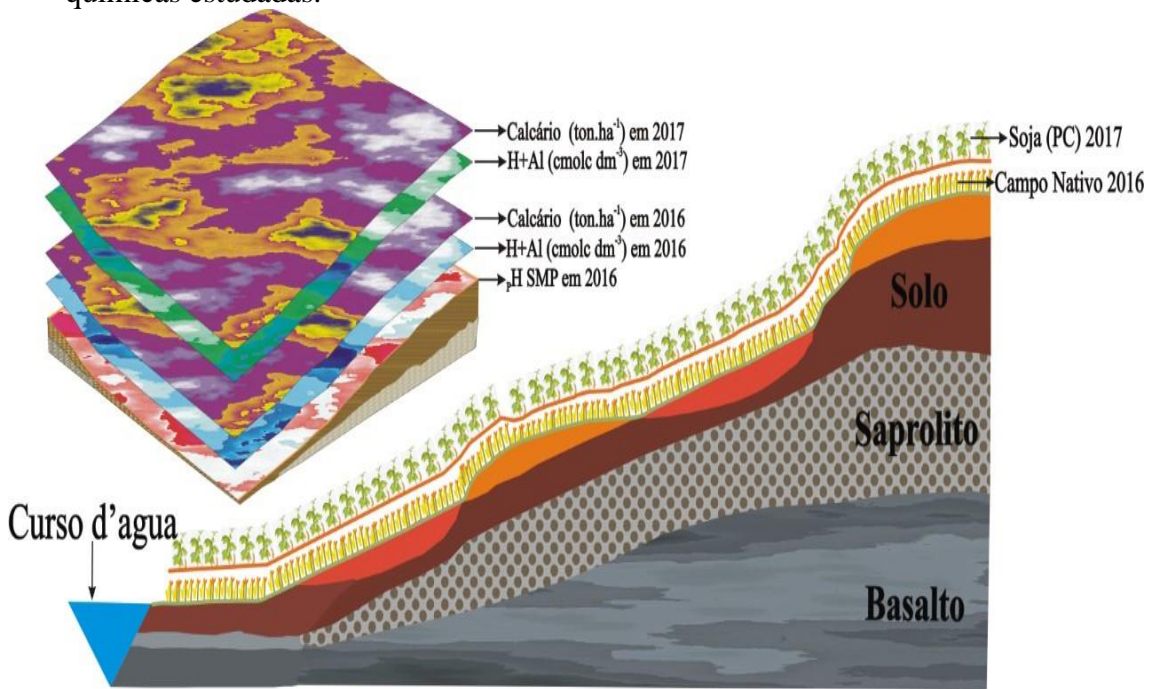
O estudo foi realizado em uma catena de 1,17 ha, localizada na Fazenda Escola da Universidade Regional do Alto Uruguai e das Missões, no câmpus de Santiago (RS), nas coordenadas 6769119.44 m E, 705573.07 m S.

O relevo da área de estudo é moderadamente ondulado, com elevação média de 394 m, predominando feições côncavas, com fluxos convergentes.

Segundo a classificação de Köppen, o clima predominante é o Cfa, subtropical úmido, com precipitação excessiva em todos os meses do ano, perfazendo uma precipitação anual de 1.919 mm, com temperatura média anual de 17,9 °C (MORENO, 1961). A descrição pedométrica foi realizada em uma área que abrange argissolos vermelhos,

cambissolos aplicos, neossolos regolíticos e neossolos litólicos, pontualmente no mês de abril nos anos de 2016 e 2017, com diferentes coberturas vegetais, primeiramente sob campo nativo, sem correções na fertilidade química e, posteriormente, no ano seguinte, com a cultura da soja sob preparo convencional (Figura 1).

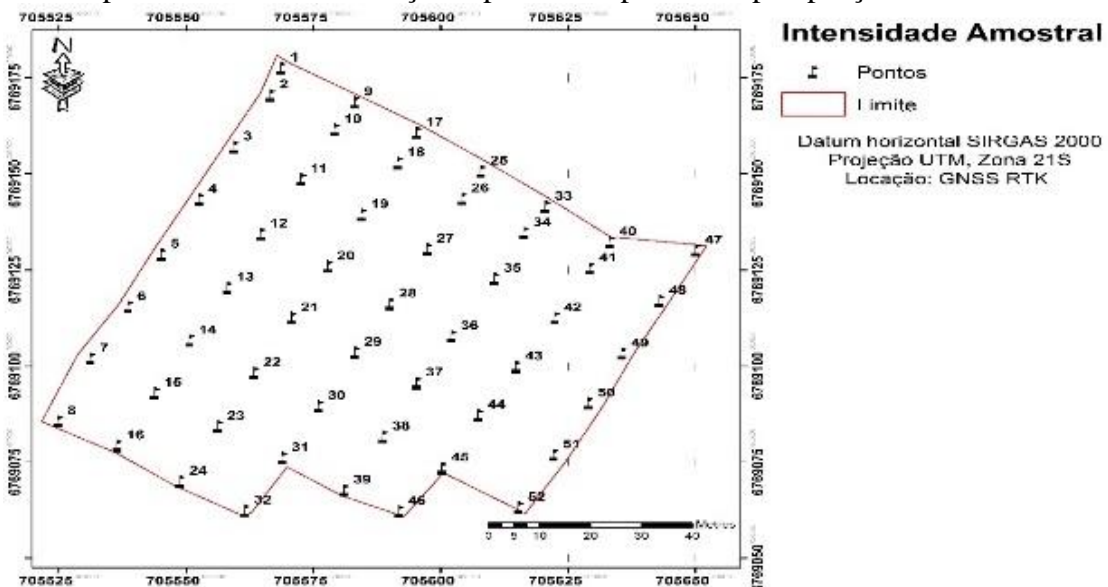
Figura 1. Perfil longitudinal da catena em estudo, com diferentes coberturas vegetais e propriedades químicas estudadas.



Foi realizada a amostragem em 52 pontos de prospecção de uma malha multitemporal com intervalos regulares de 15

metros, na profundidade de 0,0 – 0,2 m (Figura 2).

Figura 2. Mapa amostral da distribuição espacial dos pontos de prospecção.



A localização dos pontos contou com o apoio de receptores GNSS (Sistema Global de Navegação por Satélite), modelo viva GS15, com dupla frequência (L1/L2) e disponibilidade de RTK (Posicionamento em Tempo Real), com referencial geodésico no datum horizontal SIRGAS 2000, zona 21 S.

Durante as prospecções, foram coletadas amostras deformadas dos solos, e no laboratório, para determinação do pH SMP, foi utilizada a solução tampão SMP, sugerida por Shoemaker; Mclean; Pratt (1961) e, posteriormente, o valor de H+Al foi predito conforme a equação estabelecida por Kaminski et al. (2001). Os valores de matéria orgânica (MOS) foram obtidos com a transformação do teor de carbono orgânico (CO), determinado conforme Raij et. al (2001), o Alumínio trocável (Al) e o pH H₂O, foram determinados conforme Donagemma et al. (2011).

O cálculo de necessidade de correção foi baseado no pH SMP, conforme a recomendação para o primeiro ano de correção. Para os anos seguintes, a recomendação foi realizada através da equação polinomial, baseando-se nos teores de matéria orgânica e alumínio (pH desejado: $NC = -0,653 + 0,480MO + 1,937Al$), como recomendado para solos de baixo poder tampão, assim como é prescrito pela CFSRS/SC (2016).

Os resultados das diferentes variáveis, nos diferentes períodos, foram submetidos a

análise estatística descritiva, com teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov ($p < 0,01$). O coeficiente de variação (CV) das variáveis foi classificado conforme Warrick e Nielsen (1980).

No *software* ArcGIS® 10.5.1, utilizando a geoestatística, foram realizados os ajustes dos modelos de semivariogramas aos dados, sendo definidos os seguintes parâmetros: efeito pepita, patamar e alcance. Posteriormente, o grau de dependência espacial (GDE) foi classificado conforme Cambardella et al. (1994): a dependência espacial é fraca quando a razão do efeito pepita for superior a 75 % do patamar; a dependência espacial é moderada quando a razão do efeito pepita for superior a 25 % e inferior ou igual a 75 % do patamar; a dependência espacial é forte quando a razão do efeito pepita for inferior ou igual a 25 % do patamar. Em seguida, foram elaborados mapas utilizando um algoritmo preditor, a krigagem ordinária, que permitiu o maior detalhamento espacial dos fenômenos estudados, sendo de suma importância para a acurácia do estudo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes às análises estatísticas descritivas apresentaram distribuição normal, conforme o teste de Kolmogorov-Smirnov ($p < 0,01$) (Tabela 1).

Tabela 1. Análise estatística descritiva e teste de normalidade para as propriedades químicas e demanda por calcário dos solos, sob campo nativo e após a inserção da cultura da soja, com preparo convencional.

Prop.	Casos	Mín.	Máx.	Méd.	CV (%)	K-S	SIG
Campo Nativo (2016)							
pH SMP	52	3,7	5,4	4,5	9,2	0,9	0,3
H + Al	52	6,6	14,9	11,8	14,0	0,5	0,9
Calcário (t.ha ⁻¹)	52	5,4	10,7	8,8	11,3	1,2	0,1
Preparo Convencional (2017)							
H + Al	52	4,9	19,4	10,8	31,7	0,9	0,3
Al	52	0,3	5,5	2,2	54,0	0,9	0,3
MOS	52	0,2	3,7	2,5	19,6	0,9	0,2
Calcário (t.ha ⁻¹)	52	2,1	14,3	6,9	39,3	0,7	0,9

Mín: Mínimo. Méd: Média. Máx: Maxima. t.ha⁻¹: Toneladas por hectare. CV: Coeficiente de Variação. K-S: Teste de Kolmogorov-Smirnov. SIG: Significância. cmolc/dm⁻³: Centímetro por decímetro cúbico.

A análise estatística descritiva para o campo nativo apresentou valores de pH SMP mínimo de 3,7 e máximo de 5,4, com média de 4,5. Para a acidez potencial, os valores tiveram variação de 6,6 a 14,9 cmolc.dm^{-3} , com média de 11,8 cmolc.dm^{-3} . Quanto à demanda por calcário, os valores variaram de 5,4 a 10,7 ton.ha^{-1} , com média de 8,8 ton.ha^{-1} .

No cultivo da soja com preparo convencional, o H+Al oscilou de 6,6 a 14,49 cmolc.dm^{-3} , perfazendo a média de 11,8 cmolc.dm^{-3} , com CV de 31,7, enquanto o Al oscilou entre 0,3 e 5,5 com média de 2,2 e CV de 54,0. A MOS apresentou média de 2,5%, com valores entre 0,2 e 3,7%, tendo dispersão média (CV de 19,6%). A necessidade de calagem teve a demanda mínima de 5,4 e máxima de 10,7 ton.ha^{-1} , com média de 8,8 ton.ha^{-1} .

Os valores de H+Al demonstraram que a área estudada possuía alta acidez potencial, com Al médio de 2,4 cmolc.dm^{-3} , considerado alto (SOBRAL et. al., 2015), potencialmente limitante à fertilidade do solo, apresentando dispersão média (59,5 %) (Tabela 1).

Os valores de pH relacionam-se diretamente a valores de H+Al. Desse modo, é possível determinar através da equação de Kaminski et al. (2001) o valor de neutralidade da acidez potencial. No ano de 2016, para recomendação de calagem, foi utilizado este método, no qual os valores encontrados se mostraram superiores aos considerados ideais; desta maneira, a presença de Al^{3+} é prejudicial para o desenvolvimento do sistema radicular. Porém, com a implantação do sistema convencional, houve uma redução significativa, proveniente da aplicação de calcário, o que

resultou em valores mais próximos aos considerados adequados.

A necessidade de calagem teve uma discreta redução com a conversão do campo nativo em cultura da soja sob preparo convencional. De acordo com Alvarez e Ribeiro (1999), a determinação da quantidade de calcário a ser aplicada deve considerar a percentagem da superfície do solo a ser coberta pela calagem, a profundidade na qual o calcário será incorporado e o poder de neutralização do calcário (PRNT) utilizado. Assim, foram aplicadas 4 ton.ha^{-1} para um PRNT de 100% a lanço, logo após a dessecação e antes da gradagem do solo. Com isso, pode-se inferir que o revolvimento do solo por meio da utilização da grade superpesada acarretou a incorporação do calcário em camadas inferiores a do estudo (0-20), o que vai de encontro com o estudo de Prado e Roque (2002), que constataram o efeito do calcário nas camadas abaixo de 20 cm.

Quanto aos parâmetros analisados no modelo dos semivariogramas, no primeiro momento, os dados de de H+Al se ajustaram ao modelo circular, com valores de alcance, patamar e pepita respectivos de: 170,26 m, 2,89 e 1,63; dessa maneira, o grau de dependência foi considerado moderado (56,65 %). Para os valores do pH SMP, o ajuste se deu com o modelo Gaussiano, com valores de alcance, patamar e pepita respectivos de: 146,61 m, 0,01 e 0,013; dessa maneira, o grau de dependência foi considerado fraco (93,02 %). Por fim, a demanda por calcário teve os dados ajustados ao modelo Stable, com alcance de 138,73 m, patamar de 1,27 e efeito pepita de 0,00, com DE classificado como forte (0,00) (Tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros dos modelos de semivariogramas ajustados para a variabilidade do pH SMP, H+Al, e demanda por calcário, sob campo nativo.

Propriedades	pH SMP	H+Al	Calcário t/ha
Modelo	Gaussiano	Circular	Stable
Alcance	146,61	170,26	138,73
Patamar	0,01	2,89	1,27
Pepita	0,01	1,63	0,00
M	-0,00	0,04	0,01
RMS	0,12	1,49	0,90
MS	-0,03	0,02	0,02
RMSS	0,98	0,99	1,00
ASE	0,12	1,51	0,91
DE	Fraca	Moderado	Forte
GDE (%)	93,02	56,65	0,00

M: Média. RMS: Raiz Quadrada Média. MS: Média Padronizada. RMSS: Raiz Quadrada Média Padronizada. ASE: Erro Médio Padrão. DE: Dependência Espacial. GDE: Grau de Dependência Espacial.

Após a inserção do cultivo da soja com preparo convencional, o H+Al, se ajustou ao modelo Stambe. Os valores do semivariograma experimental foram de 28,84 m para o alcance, 13,64 para o patamar, 0,00 para o efeito pepita.

Em relação à demanda por calcário, esses valores foram de 170,26 m, 14,30 e 3,20 respectivamente. Quanto ao DE, todas as propriedades foram classificadas como fortes (Tabela 3).

Tabela 3. Parâmetros dos modelos de semivariogramas ajustados para a variabilidade do H+Al, demanda por calcário para solos, sob plantio convencional.

Propriedades	H+Al	Calcário t/ha
Modelo	Stable	Gaussiano
Alcance	28,84	170,26
Patamar	13,25	14,30
Pepita	0,00	3,20
M	0,02	0,05
RMS	3,72	2,02
MS	0,00	0,02
RMSS	0,99	1,01
ASE	3,75	2,00
DE	Forte	Forte
GDE (%)	0,00	22,43

M: Média. RMS: Raiz Quadrada Média. MS: Média Padronizada. RMSS: Raiz Quadrada Média Padronizada. ASE: Erro Médio Padrão. DE: Dependência Espacial. GDE: Grau de Dependência Espacial.

Conforme as Tabelas 2 e 3, a equidistância da grade amostral foi suficiente para descrever com exatidão as propriedades analisadas, pois os valores de alcance identificados nas análises foram superiores a 15 m. De acordo com Vieira et al. (1997), o alcance indica a distância onde os pontos amostrais estão correlacionados entre si, sendo assim, um instrumento necessário para o planejamento e avaliação experimental,

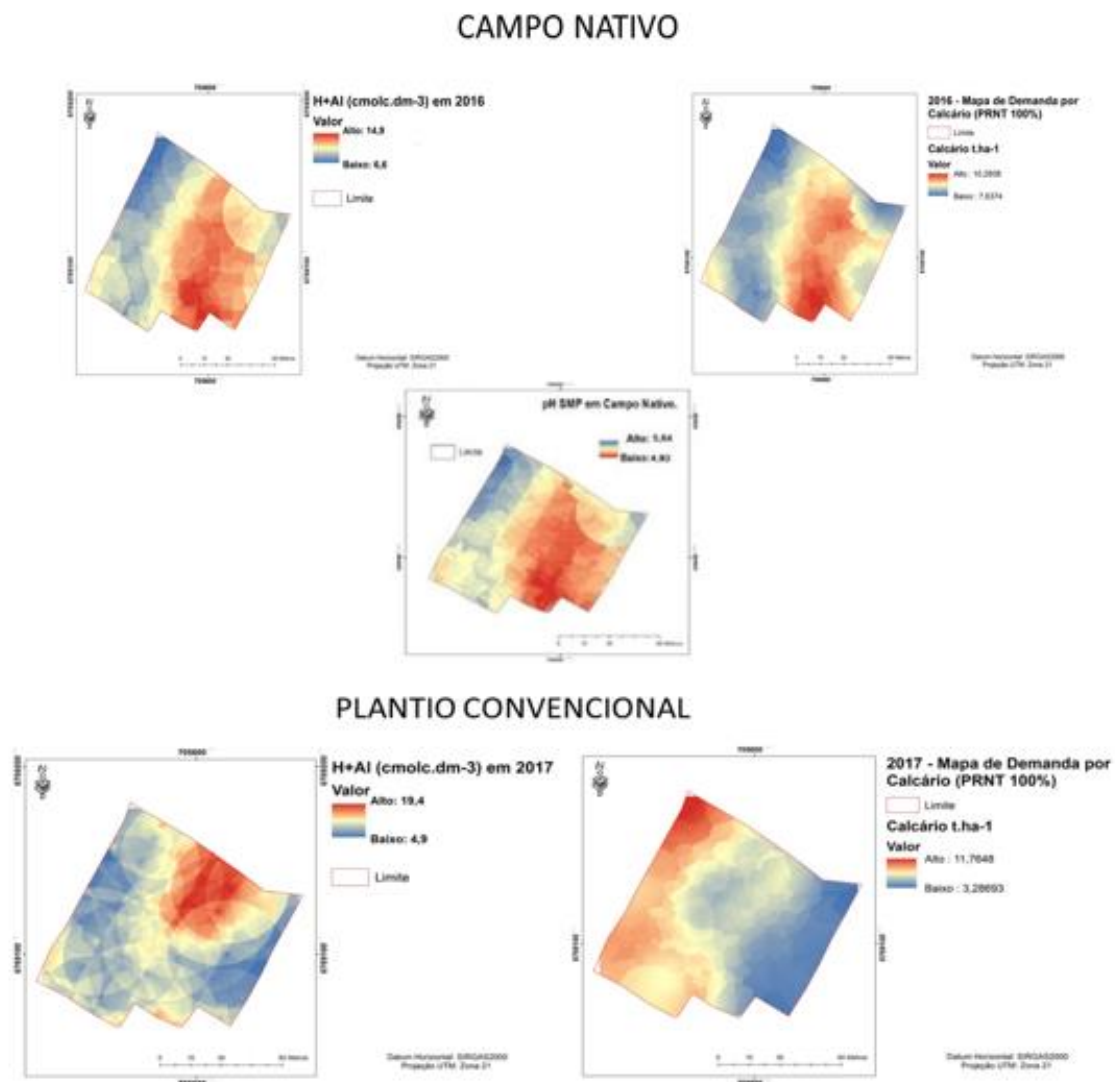
auxiliando na definição dos procedimentos de amostragem (McBRATNEY; WEBSTER, 1986).

Outro fator importante na geoestatística é o efeito pepita; quanto menor a proporção deste em relação ao patamar do semivariograma, maior será a dependência espacial apresentada pela propriedade, em consequência, maior será a continuidade espacial do fenômeno, tendo assim, uma menor

variância não explicada e maior confiabilidade no resultado (LIMA, 2007). Portanto, uma análise na qual o efeito pepita resultante for próximo a 0, tem-se o erro experimental praticamente nulo, e não há variação significativa para distâncias menores que a amostrada (TRANGMAR; YOST; UEHARA, 1985). Desta maneira, para a maioria das variáveis, nos diferentes momentos, pode-se comprovar que o erro experimental foi praticamente nulo.

Conforme a Figura 3, observa-se que o pH SMP e a acidez potencial possuem relações espaciais inversas, sendo assim, valores baixos de pH SMP estabelecem relação com valores altos de H+Al, indicando também uma maior demanda por calagem. Na transição de campo nativo para sistema de plantio convencional na área de estudo, observou-se uma redução dos valores de H+Al e, conseqüentemente, a diminuição da demanda por calagem.

Figura 3. Mapas de distribuição espacial das propriedades químicas e da demanda por Calcário para a cultura da soja com preparo convencional (2017) e para o campo nativo (2016).



4 CONCLUSÕES

Foi observada a variabilidade espaço-temporal do pH SMP, H+Al da demanda por calcário, sob o campo nativo e, posteriormente, com a cultura da soja sob preparo convencional.

Observou-se também, a redução da acidez potencial e, conseqüentemente, a redução da demanda por calcário nos diferentes usos do solo. As variáveis estudadas, nos diferentes momentos, apresentaram relações espaciais em sua distribuição na paisagem e a densidade

amostral mostrou-se de grande importância para a predição acurada das variáveis, tendo em vista que o menor valor de alcance foi de 28,84

m, perfazendo 12 pontos de observação por hectare.

5 REFERÊNCIAS

CAJAZEIRA, J. P.; ASSIS JÚNIOR, R. N., Variabilidade espacial das frações primárias e agregados de um Argissolo no Estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.2, p.258-267, 2011.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F. e KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 58, n. 1, p.1501-1511, 1994.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - CQFS-RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Núcleo Regional Sul, 2016.

DELIN S.; LINDÉN B.; BERGLUND K., Yield and protein response to fertilizer nitrogen in different parts of a cereal field: potential of site-specific fertilization. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v.22, n.3, p.325-336, 2005.

DONAGEMMA G. K., V. D. B. Campos, S.B. Calderano, W.G. Teixeira e J.H.M. Viana. 2011. **Manual de métodos de análise de solo**. 2a ed. Rio de Janeiro: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2011.

FREITAS, L. M. M.; PRATT, P. F. & VETTORI, L., Testes rápidos para estimar a necessidade de calcário em alguns solos do estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**., Brasília, n.1, v.3, p.159-164, 1968.

JUNQUEIRA JÚNIOR, J. A.; SILVA, A. M.; MELLO C. R.; PINTO D. B. F., Continuidade espacial de atributos físico-hídricos do solo em sub-bacia hidrográfica de Cabeceira. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 914-922, 2008.

KAMINSKI, J. **Fatores da acidez e necessidade de calcário em solos do Rio Grande do Sul**. 1974. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1974.

KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER D. S.; BARTZ H, R.; GATIBONI, L. C.; BISSANI, C. A.; ESCOSTEGUY, P. A. V. Proposta de nova equação para determinação do valor de H + Al pelo uso do índice SMP em solos do RS e de SC. *In*: REUNIÃO ANUAL DA REDE OFICIAL DE LABORATÓRIOS DE ANÁLISE DE SOLO E DE TECIDO VEGETAL DOS ESTADOS DO RIO GRANDE DO SUL E DE SANTA CATARINA, 33, Frederico Westphalen, 2001. **Atas** [...]. Frederico Westphalen: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2001. p. 21-26.

LIMA, C. L. R.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; SUZUKI, L. E. A. S.; DALBIANCO, L. Densidade crítica ao crescimento de plantas considerando água disponível e resistência à penetração de um Argissolo Vermelho distrófico arênico. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 1166-1169, 2007.

MCBRATNEY, A. B.; WEBSTER, R. Choosing functions for semi-variograms of soil properties and fitting them to sampling estimates. **European Journal of Soil Science**, Cranfield, v. 37, n. 4, p. 617-639, 1986.

MEIRELLES, M. S. P.; CAMARA, G.; ALMEIDA, C. M. **Geomática: Modelos e aplicações ambientais**. Brasília, DF: Embrapa, 2007.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961.

PRADO, R. M.; ROQUE, C. G. Uso alternativo da grade aradora superpesada na correção da acidez do solo em profundidade e na produção da aveia-preta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 275-81, 2002.

VAN RAIJ, B.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 2001.

SHOEMAKER, H. E.; MCLEAN, E. O.; PRATT, P. F., Buffer methods for determining lime requirements of soils with appreciable amounts of extractable aluminum. **Soil Science Society American Journal**. Madison, v. 25, n. 4, p. 274-277, 1961.

SOBRAL, L. F.; BARRETO, M. C. de V.; SILVA, A. J. da; ANJOS, J. L. dos. **Guia prático para interpretação de resultados de análises de solo**. Embrapa Tabuleiros Costeiros: Aracaju, 2015, 13 p. (Documentos, 206).

SOBRAL, L. F.; BARRETO, M. C. V.; SILVA, A. J.; ANJOS, J. L. **Guia prático para interpretação de resultados de análises de solo**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. (Documentos, 206).

SOUSA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; LOBATO, E.; KLIEMAN, H. J. Avaliação de métodos para determinar de calcário em solos do cerrado de Goiás e do Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 4, n. 1, p. 144-148, 1980.

SOUSA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. *In*: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap. 5, p. 205-274.

TRANGMAR, B. B.; YOST, R. S.; UEHARA, G. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. **Advances in Agronomy**, Delaware, v. 38, n. 1, p. 45-94, 1985.

TIECHER, T.; MARTINS, A. P.; PERETTO, E. J. S.; FINK, J. R.; SILVA, L.; DENARDIN, L. G. O.; TIECHER, T. L. **Evolução e estado da fertilidade do solo no Norte do Rio Grande do Sul e Sudoeste de Santa Catarina**. 1. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2016.

VIEIRA, S. R. **Variabilidade espacial de argila, silte e atributos químicos em uma parcela experimental de um latossolo roxo de Campinas (SP)**. *Bragantia*, Campinas, v. 56, n. 1, p. 1-17, 1997.

VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de argila, silte e atributos químicos em uma parcela experimental de um latossolo roxo de Campinas (SP). *Bragantia*, Campinas, v. 56, n. 1, p. 1-17, 1997.

VIEIRA S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. *In*: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; SCHAEFER, G. R. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1, p. 1-54.

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R.; Spatial variability of soil physical properties in the field. *In*: HILLEL, D. (ed.). **Applications of soil physics**. New York: Academic Press, 1980. p. 319-344.