



Necessidade de adubo e calcário para recuperação de um ARGISSOLO sob pastagem degradada: Uma análise geoestatística

Rayner Sversut Barbieri⁽¹⁾; Diego dos Santos Pereira^(2*); Christtiane Fernandes Oliveira⁽³⁾; Maria Julia Betiolo Troleis⁽⁴⁾; Paulino Taveira de Souza⁽⁵⁾; Rafael Montanari⁽⁶⁾

(1, 2*, 3, 4, 5, 6) Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Ilha Solteira, SP, Brasil, 15385-000 (*apresentador, diegol_360@hotmail.com).

RESUMO: A análise espacial de dados apresenta-se como uma alternativa e/ou como uma complementação da análise clássica de dados e pode ser vista como um instrumento de gestão que potencialmente conduz a um planejamento mais eficaz na utilização de insumos. A pesquisa foi desenvolvido no ano agrícola de 2015/2016 em área de sistemas de produção em bovinocultura de corte no município de Selvíria (MS). Foi utilizada uma área de aproximadamente um hectare e confeccionada uma malha geoestatística composta por quarenta e seis pontos amostrais georreferenciados aleatoriamente. As amostras foram coletadas na profundidade de 0,00 a 0,20 m. Foram analisados: pH, potássio (K), necessidade de calagem (NC), necessidade de nitrogênio (NN), necessidade de fósforo (NP), necessidade de potássio (NK) e necessidade de enxofre (NS), ao qual foram submetidos as análises estatísticas descritivas e geoestatísticas. Especialmente falando, com exceção do K, NC e NP, que apresentaram efeito pepita puro, todos os demais atributos apresentaram dependência espacial. Com relação à NK, importante nesse estudo sendo a única necessidade de fertilização que apresentou variabilidade e dependência espacial na área analisada.

Termos de indexação: fertilização, *Urochloa brizantha*, variabilidade espacial.

INTRODUÇÃO

Os pastos do Brasil, em sua maioria, têm sido cultivadas utilizando-se da fertilidade natural dos solos. O Brasil possui cerca 167 milhões de hectares de pasto comportando um rebanho de cerca de 208 milhões de cabeças em 2014, com uma taxa de lotação de pastagem de 1,23 cabeças ha⁻¹ (ABIEC, 2015). Daquela área estima-se que cerca de 30 milhões de hectares de áreas de pastagens estejam comprometidas com algum estágio de degradação (BRASIL, 2014).

A recuperação de pastagens degradadas está refletida nas preocupações e projeções de política

para o setor; um exemplo foi à expressão do compromisso, divulgado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, de recuperar 15 milhões de hectares de áreas de pastagens degradadas até 2020 (BARROS et al., 2002).

A agricultura de Precisão (AP), é um conceito de utilização de sistemas agrícolas consolidados nas mais recentes inovações para manejo do solo, insumos e culturas, que permitiu identificar as variações espaciais e temporais de atributos que afetam a produtividade. Segundo Guimarães (2004) a análise espacial de dados apresenta-se como uma alternativa e/ou como uma complementação da análise clássica de dados. A literatura apresenta alguns procedimentos de análise espacial de dados, sendo que, nos últimos tempos, uma metodologia de análise denominada "geoestatística" ganhou ênfase neste tipo de estudo.

Sabendo que a agricultura de precisão pode ser vista como um instrumento de gestão que potencialmente conduz a um planejamento mais eficaz, o presente trabalho tem como objetivo um estudo geoestatístico de alguns atributos químicos de um solo sob pastagem degradada e sua recuperação com aplicação de adubo e calcário.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvido no ano agrícola de 2015/2016 em área experimental de sistemas de produção em bovinocultura de corte, localizada no município de Selvíria-MS, nas coordenadas, 51° 22' de longitude e 20° 22' de Latitude Sul, com altitude de 335 metros. A precipitação média anual é de 1.300 mm, e a temperatura média, de 23,7 °C. O solo foi classificado como ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico, textura arenosa (EMBRAPA, 2017).

Em 1978 a área de pastagens foi formada. Foram aplicadas 2 t de calcário dolomítico por hectare e 1 t de fosfato natural GAFSA por hectare. Em 2009 a área foi reformada e também aplicado 2 t de calcário dolomítico por hectare. A área do estudo é formada com *Urochloa brizantha* cv. Marandu e não recebeu mais nenhum tipo de adubação ou calagem. Foi realizado anteriormente controle de cupins regente.



Foi realizada uma análise para caracterização inicial do solo apresentando os seguintes resultados: P_{resina} - 9,0 mg dm^{-3} ; MO - 20,0 g dm^{-3} ; pH (CaCl_2) - 5,4; K - 5,8 mmol $_c$ dm^{-3} ; Ca - 15,0 mmol $_c$ dm^{-3} ; Mg - 18,0 mmol $_c$ dm^{-3} ; acidez potencial - 18,0 mmol $_c$ dm^{-3} ; Al - 0,0 mmol $_c$ dm^{-3} ; soma de bases - 33,8 mmol $_c$ dm^{-3} ; CTC - 54,8 mmol $_c$ dm^{-3} ; saturação por bases - 65%; saturação por alumínio - 0,0%.

Amostragens na malha geoestatística

Foi avaliada uma área de aproximadamente um hectare confeccionada uma malha composta por quarenta e seis pontos amostrais georreferenciados aleatoriamente e as coletas retiradas na profundidade de 0,00 a 0,20 m. Em 2015 as amostras foram coletadas e analisadas para determinação de potássio (K^+) e pH (CaCl_2).

As necessidades de calagem (NC), necessidades de adubação com nitrogênio (NN), fósforo ($\text{NP}-\text{P}_2\text{O}_5$), potássio ($\text{NK}-\text{K}_2\text{O}$) e enxofre (NS) foram calculadas de acordo com Raij et al. (1997) para gramíneas do "Grupo II" para manutenção, sendo que a NC foi atribuído valor "0" para os pontos amostrais em que o cálculo resultou uma recomendação de aplicação menor que uma tonelada por hectare. Não houve necessidade de gessagem pois, os teores de Ca^{2+} estão acima de 4 mmol $_c$ dm^{-3} e a saturação por alumínio não ultrapassa 40% (RAIJ et al., 1997).

Análise estatística

Para cada atributo estudado, foi realizada a análise descritiva clássica, com auxílio do software SAS, em que foram calculados a média, mediana, valores mínimos e máximos, desvio padrão, coeficiente de variação, curtose, assimetria e distribuição de frequência. Para testar a hipótese de normalidade, ou de lognormalidade foi utilizada a estatística de Shapiro e Wilk a 5%.

Foi realizada a dependência espacial de cada atributo, pelo cálculo do semivariograma simples, determinando-se o efeito pepita (C_0), o alcance (A_0) e o patamar ($C_0 + C$). A técnica de krigagem foi utilizada para estimar valores nos locais não amostrados. Uma vez determinados os valores para os locais não amostrados com a ajuda da técnica de krigagem, foram construídos mapas de isolinhas utilizando-se o programa Gamma Design Software (GS^+ , 2004).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise descritiva

Na Tabela 1 está apresentada a análise descritiva dos atributos estudados. De acordo com Pimentel Gomes e Garcia (2002), a variabilidade de um atributo pode ser classificada segundo a

magnitude de seu coeficiente de variação (CV). Suas classes foram determinadas como baixa ($\text{CV} \leq 10\%$), média ($10\% < \text{CV} \leq 20\%$), alta ($20\% < \text{CV} \leq 30\%$) e muito alta ($\text{CV} > 30\%$).

O pH foi o único atributo a apresentar variação baixa segundo Pimentel Gomes e Garcia (2002). Este dado corrobora com muitos autores na literatura (LIMA et al., 2014), mostrando que esse atributo é pouco variável em solos.

A NC e NK apresentaram variações muito altas (399,83 e 33,44 %, respectivamente) e a NP apresentou variação média (16,58 %). Campos et al. (2008) estudaram a aplicação de adubo e corretivo após o corte da cana-planta em um LATOSSOLO VERMELHO distroférico textura média e um LATOSSOLO VERMELHO eutroférico textura argilosa e também encontraram variações muito altas para NC e NK, com valores de 56,60 e 31,70 %, respectivamente.

Os dados de autores da literatura mostram que necessidades de calagem e adubação, estudados como variabilidade espacial, tendem a ter variações médias a muito altas. A NN e NS não tiveram variações, pois, segundo Raij et al. (1997), gramíneas do "grupo II" para manutenção, devem ser aplicados 60 e 20 kg ha^{-1} , respectivamente, em todos os pontos.

O pH evidenciou distribuição de frequência do tipo tendendo a normal (Tabela 1) com coeficiente de assimetria positivos de 0,598 e coeficiente de curtose também positivo (0,539). Souza et al. (2010) obtiveram distribuição de frequência do tipo normal para o pH.

A NC, NP e NK apresentaram distribuição de frequência do tipo indeterminado (Tabela 1), com coeficiente de assimetria de 3,821; -0,653 e -1,630, respectivamente e, coeficiente de curtose de 13,124; -0,523 e 2,753, respectivamente. Campos et al. (2008) também não se depararam com distribuição do tipo normal para NP, NK e NC.

As médias para NC, NN, NP, NK e NS foram 0,06 t ha^{-1} ; 60,00; 35,00; 31,60, e 20,00 kg ha^{-1} , respectivamente. Campos et al. (2008) notaram valor semelhante para NC (0,53 t ha^{-1}), estudando aplicação de adubo e corretivo após o corte da cana-planta. Porém, para NP e NK chegaram a valores superiores (174,60 e 88,80 kg ha^{-1}). Souza et al. (2008) obtiveram NC superior (1,33 t ha^{-1}) ao presente estudo avaliando a variabilidade espacial do fósforo, potássio e da necessidade de calagem numa área sob pastagem. Porém, essas variações nos estudos pouco dizem sobre as necessidades de adubação em pastagem, como vimos, estas necessidades são pouco variáveis em função das recomendações Raij et al. (1997) para gramíneas do "grupo II". Apenas a NC foi encontrada grandes diferenças, entretanto, só são recomendadas as aplicações iguais ou superiores a 1 t ha^{-1} .



Análise geoestatística

No **Tabela 2** estão apresentados os parâmetros dos semivariogramas simples ajustados para alguns atributos físicos e químicos de um ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico, textura arenosa de Selvíria (MS). Já na **Figura 1a e 1b** foram apresentados seus respectivos semivariogramas.

Assim, ficou atestado que, com exceção do K, NC e NP (**Tabela 2**), que apresentaram efeito pepita puro, todos os demais atributos apresentaram dependência espacial. No tocante ao desempenho dos semivariogramas, a relação decrescente deles, analisada pela grandeza do coeficiente de determinação espacial (r^2), foi a seguinte: 1) pH e NK (0,610).

Com relação à NK, importante nesse estudo sendo a única necessidade de fertilização que apresentou variabilidade e dependência espacial na área analisada, revelou semivariograma ajustado em um modelo exponencial, ADE classificado como muito alta (86,7 %), $r^2 = 0,610$ e alcance de 37,5 m. Alguns autores (CAMPOS et al., 2008; BARBIERI et al., 2008) apresentaram NK com semivariogramas ajustados no modelo esférico e r^2 superiores (0,900 e 0,970), diferenciando desta pesquisa. Isto mostra que, estudar a variabilidade espacial para necessidades de calagem e adubação em pastagens se trata de uma carência em função dos poucos resultados encontrados.

Na **Figura 1c e 1d** estão apresentados os mapas de krigagem, a NK (**Figura 1d**) necessitou de maiores quantidades de fertilização justamente na área central ($NK > 36,1 \text{ kg ha}^{-1}$), além de parte das regiões norte e noroeste. Menores quantidades de fertilização potássica são necessárias em parte das extremidades da região estudada.

CONCLUSÕES

O pH foi o atributo que mais correlacionou-se positivamente entre os outros atributos químicos do solo, mostrando ser importante para as necessidades de recomendação de adubação e calagem.

A NK foi importante nesse estudo sendo a única necessidade de fertilização que apresentou variabilidade e dependência espacial na área analisada.

REFERÊNCIAS

ABIEC. 2015, o ano da carne bovina brasileira. 2015. Disponível em: <http://www.abiec.com.br/news_view.asp?id={505B16C6-87D7-4B41-8434-B25FCF147723}>. Acesso em: 29 ago. 2015

BARBIERI, D.M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G.T. Variabilidade espacial de atributos químicos de um argissolo para aplicação de insumos à taxa variável em diferentes formas de relevo. Engenharia Agrícola. 28: 645-653, 2008.

BARROS, G.S.C. et al. Economia da pecuária de corte na região norte do Brasil. Piracicaba: Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, 2002. 75 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Recuperação de Áreas Degradadas. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/recuperacao-areas-degradadas>>. Acesso em: 29 maio 2016.

CAMPOS, M.C.C. et al. Aplicação de adubo e corretivo após o corte da cana-planta utilizando técnicas geoestatísticas, Ciência Rural. 38: 974-980, 2008.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Rio de Janeiro. 2017. 573 p.

GS+: Geostatistics for environmental sciences. 7. ed. Michigan, Plainwell: Gamma Desing Software, 2004. 159 p.

GUIMARÃES, E.C. Geoestatística básica e aplicada. Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia, 2004. 77 p.

LIMA, G.C. et al. Variabilidade de atributos do solo sob pastagens e mata atlântica na escala de microbacia hidrográfica. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 18: 517-526, 2014.

PIMENTEL GOMES, F. P., GARCIA, C. H. Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.

RAIJ, B. V. et al. (Ed.). Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônômico, 1997. 285 p.

SOUZA, G.S.; LIMA, J.S.S.; SILVA, S.A. Variabilidade espacial do fósforo, potássio e da necessidade de calagem numa área sob pastagem. Revista Ciência Agrônômica. 39: 384-391, 2008.

SOUZA, G.S. et al. Krigagem ordinária e inverso do quadrado da distância aplicados na espacialização de atributos químicos de um argissolo. Scientia Agraria. 11: 73-81, 2010.

Tabela 1 – Análise descritiva inicial de alguns atributos do solo e sua necessidade de calagem e adubação.

Atributo	Medidas estatísticas descritivas									
	Méd.	Medi.	Valor		DP	Coeficiente			Prob. do teste	
			Mín.	Máx.		Var. (%)	Curt.	Assi.	Pr<w	DF
<i>Atributos químicos do solo</i>										
pH	5,21	5,20	4,5	6,3	0,442	8,47	0,539	0,598	0,0200	TN
K	1,00	0,80	0,6	2,9	0,541	53,79	4,117	2,111	0,0001	IN
<i>Necessidade de calagem e adubação</i>										
NC (t ha ⁻¹)	0,06	0,00	0	1	0,240	399,830	13,124	3,821	0,0001	IN
NN (kg ha ⁻¹)	60,00	60,00	60	60	0,000	0,00	-	-	-	NO
NP (kg ha ⁻¹)	35,00	40,00	20	40	5,803	16,58	-0,523	-0,653	0,0001	IN
NK (kg ha ⁻¹)	31,60	30,00	0	40	10,568	33,44	2,753	-1,630	0,0001	IN
NS (kg ha ⁻¹)	20,00	20,00	20	20	0,000	0,00	-	-	-	NO

(1) pH, K, NC, NN, NP, NK e NS são, respectivamente, potencial hidrogeniônico, teor de potássio, necessidade de calagem; necessidade de nitrogênio, necessidade de fósforo, necessidade de potássio e necessidade de enxofre; DF = distribuição de frequência, sendo NO, TN e IN respectivamente do tipo normal, tendendo a normal e indeterminada. Méd, medi, mín, máx, DP, var, curt e assi são, respectivamente média, mediana, mínimo, máximo, mínimo, máximo, desvio padrão, variação, curtose e assimetria.

Tabela 2 – Parâmetros dos semivariogramas simples ajustados de alguns atributos do solon e sua necessidade de calagem e adubação.

Atributo	Modelo	Parâmetros						ADE	
		C ₀	C ₀ + C	A ₀ (m)	r ²	SQR	%	Classe	
<i>y(h) simples dos atributos químicos do solo</i>									
pH	exp. (28)	5,260.10 ⁻²	2,222.10 ⁻¹	107,7	0,610	8,589.10 ⁻³	86,3	MA	
K	epp.	5,950.10 ⁻¹	5,950.10 ⁻¹	-	-	-	-	-	
<i>y(h) simples das necessidades de calagem e adubação</i>									
NC (kg ha ⁻¹)	epp.	3,900.10 ²	3,900.10 ²	-	-	-	-	-	
NP (kg ha ⁻¹)	epp.	3,347.10	3,347.10	-	-	-	-	-	
NK (kg ha ⁻¹)	exp. (24)	6,500	4,875.10	37,5	0,610	1,810.10 ⁻²	86,7	MA	

(2) pH, K, exp., epp., C₀, C₀ + C, A₀, r², SQR e ADE são, respectivamente potencial hidrogeniônico, teor de potássio, exponencial, efeito pepita puro, efeito pepita, patamar, alcance, coeficiente de determinação espacial, soma dos quadrados dos resíduos e avaliador da dependência espacial.

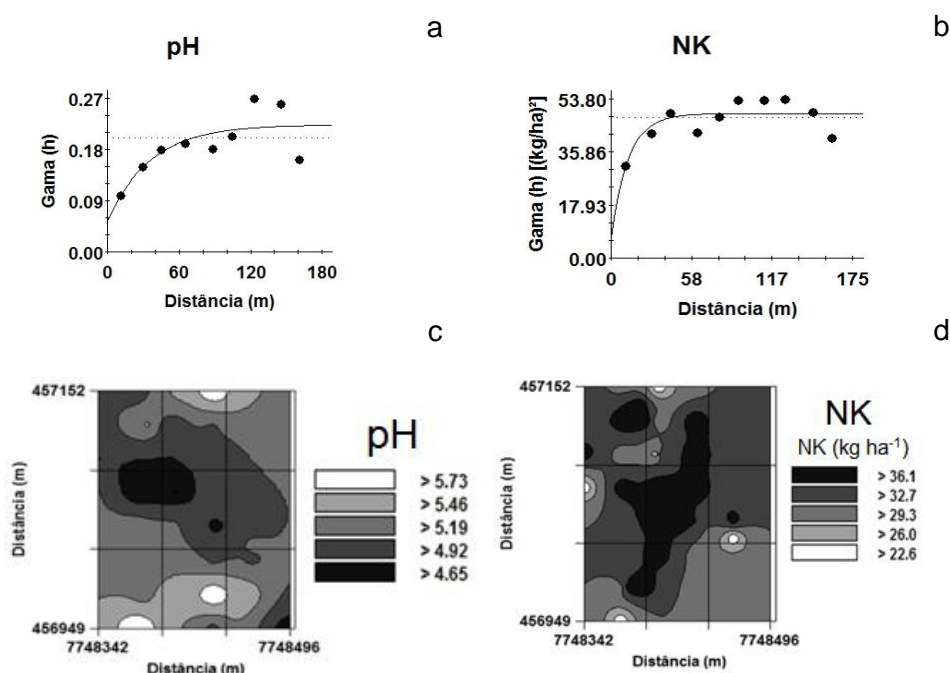


Figura 1 – Semivariogramas simples, pH (a) e K (b) e mapas de krigagem, pH (c) e NK (d).