



IVariabilidade espacial dos atributos químicos do solo em TPA sob cultivo de pastagem na região sul do Amazonas⁽¹⁾

Romária Gomes de Almeida⁽²⁾; José Maurício da Cunha⁽³⁾; Milton César Costa Campos⁽⁴⁾; Douglas Marcelo Pinheiro da Silva⁽⁵⁾; Romário Pimenta Gomes⁽⁶⁾; Emily Simões Lira⁽⁷⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM e UFAM; ⁽²⁾ Acadêmica em Agronomia do IEAA/UFAM-AM, e-mail: ro_gomes14@hotmail.com; ⁽³⁾ Professor do IEAA/UFAM-AM; ⁽⁴⁾ Professor Adjunto III do IEAA/UFAM-AM, email:mcesarsolos@gmail.com; ⁽⁵⁾ Professor do IEAA/UFAM-AM, Email:douglasmcarcelo@gmail.com; ⁽⁶⁾ Acadêmico em agronomia do IEAA/UFAM-AM, Email: rpgagronomia@gmail.com; ⁽⁷⁾ Acadêmica em Agronomia do IEAA/UFAM-AM, Email:emilylira12@gmail.com.

RESUMO: O conhecimento do comportamento dos atributos químicos do solo torna-se uma premissa básica quando se pretende estabelecer práticas de manejo adequadas de solo e de culturas. O presente estudo teve como objetivo avaliar a variabilidade espacial dos atributos químicos do solo em área de terra preta arqueológica sob cultivo de pastagem na região de Manicoré AM. Foi realizado o mapeamento de uma malha de 80 x 56 m, com espaçamento regular de 08 x 08 m, nas profundidades de amostragem 0,0-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m, totalizando 88 pontos em cada uma das profundidades totalizando 264 pontos amostrais. Após as coletas foram realizadas as análises no laboratório onde foram realizados as análises de pH em H₂O, Acidez potencial e Matéria orgânica, Em seguida os dados foram tratados sob análise estatística descritiva e geoestatística Conclui-se que as variáveis em estudo apresentaram fraca dependência espacial em todas as profundidades, ajustadas pelo modelo exponencial do semivariograma.

Termos de indexação: Dependência Espacial; Semivariograma; Geoestatística.

INTRODUÇÃO

As áreas de pastagens constituem a base da produção agropecuária no Brasil e no mundo, permitindo gerar vários produtos, desde os tradicionais como carne, leite e, até outros de importância específica, como a proteção do solo, a manutenção da paisagem e utilidade social (Rezende et al., 2011).

Zelar pela conservação de tais ambientes é assim fundamental, onde o conhecimento da variabilidade espacial das propriedades do solo pode ser útil na avaliação da fertilidade do solo para fins de recomendação de adubação, implementação e manejo das pastagens (Grego et al., 2012).

Desta forma o uso da terra na Amazônia brasileira conduz com o passar do tempo, o

aumento na heterogeneidade dos atributos físicos, químicos e biológicos, uma vez que aproximadamente 75% das áreas desmatadas foram ou estão sendo utilizadas como pastagens (Cerri et al., 2008; Santos; Salcedo, Candeias, 2002; Cavalcante et al., 2007).

Devido às várias combinações a que estão sujeitos os elementos do solo e às constantes reações químicas que ocorrem na solução do solo, os atributos químicos apresentam maior variação do que os físicos e, conseqüentemente, necessitam de maior número de amostras para estimá-los dentro da mesma área (Beckett & Webster, 1971; Jacob & Klutte, 1976).

Portanto, em estudos agronômicos do sistema solo, água e planta deve-se considerar a variabilidade dos solos, pois os fatores e processos de sua formação que atuaram ao longo do tempo imprimiram-lhe variabilidades naturais; estas, somadas ao manejo realizado pelo homem, acentuam a variabilidade dos atributos do solo (Albuquerque et al., 1996).

A avaliação da variabilidade espacial dos atributos do solo vem sendo utilizada através de ferramentas da geoestatística como fonte eficiente para o conhecimento da relação das propriedades do solo no espaço (Grego & Vieira, 2005). Sendo adequada no estudo de um manejo que vise aperfeiçoar as práticas culturais na produção e a conservação do solo (Cambardella et al., 1994).

Nesse sentido, (Cavalcante et al., 2007) relataram que a aplicação da geoestatística na ciência do solo vem aumentando e tornando-se uma ferramenta adicional para o estudo dos atributos espacialmente correlacionados. Este aumento pode ser explicado pela crescente competitividade do agronegócio e a preocupação com a conservação ambiental, que juntos estimulam a investigação e o uso de técnicas mais adequadas na ciência do solo.

Portanto o objetivo do trabalho foi avaliar variabilidade espacial dos atributos químicos do solo sob área de campo de pastagem, Manicoré, AM.



MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo localiza-se na região do município de Manicoré, Sul do Estado do Amazonas, sob as coordenadas geográficas de 7° 30' 24" S e 63° 04' 56" W. A zona climática da região, segundo a classificação de Köppen, pertence ao grupo A (Clima Tropical Chuvoso) e tipo climático AM (chuvas do tipo monção), apresentando um período seco de pequena duração, com precipitação média anual varia entre 2.500 mm, e com período chuvoso iniciando em outubro e prolongando-se até junho. As médias anuais de temperatura variam em torno de 25° C e 27° C, e a umidade relativa do ar varia entre 85 e 90%.

A área em estudo foi em solo denominado terra preta arqueológica sob o cultivo de pastagem, cultivado há doze anos consecutivo, dessa mesma espécie

Foi realizado o mapeamento de uma malha de 80 x 56 m, com espaçamento regular de 08 x 08 m, nas profundidades de amostragem 0,0-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m, totalizando 88 pontos em cada uma das profundidades totalizando 264 pontos amostrais nas 3 profundidade (Vieira,2000). Esses pontos foram georreferenciados com um equipamento de GPS para construção do Modelo Digital de Elevação (MDE).

A determinação do pH foi determinado potenciométricamente utilizando-se água, solução de cloreto de potássio (KCl) 1 mol/l, em relações solo: solução 1:2,5. (Embrapa, 1997).

Acidez potencial (H+Al) foi extraída com solução tamponada a pH 7,0 de acetato de cálcio utilizando-se metodologia proposta pela Embrapa (1997). Com base nos resultados das análises químicas, serão calculadas as somas de bases (SB), a capacidade de troca catiônica (CTC), a saturação por bases (V%) e por alumínio.

Os atributos do solo foram analisados por meio da análise estatística descritiva, sendo determinados a média, mediana, o coeficiente de variação, o coeficiente de assimetria e curtose. As hipóteses de normalidade dos dados foram testadas pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, por meio do software computacional Minitab 14 (Minitab, 2000).

Para a caracterização da variabilidade espacial, foi utilizada a análise geoestatística (Isaaks & Srivastava, 1989). Com base na pressuposição de estacionariedade da hipótese intrínseca, a qual é estimada por:

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

Sendo: $\gamma(h)$ - valor da semivariância para uma distância h; N(h) - número de pares envolvidos no cálculo da semivariância; Z(x_i) - valor do atributo Z

na posição x_i; Z(x_i+h) - valor do atributo Z separado por uma distância h da posição x_i.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes à análise descritiva dos atributos químicos são apresentados na **(Tabela 1)**. Os valores de média e mediana apresentaram semelhanças para todas as variáveis, em todas as profundidades, indicando distribuição simétrica dos dados com exceção da variável de Matéria orgânica (M.O) que apresentou valores relevantes em relação as outras variáveis.

Os coeficientes de assimetria e curtose estão próximos de zero **(Tabela 1)**, para todas as variáveis caracterizando distribuição simétrica, justificados pelos valores de média e mediana, concordando com os valores encontrados por Bottega et al., (2011).

Seguindo a classificação do coeficiente de variação (CV), proposta por Warrick & Nielsen (1980), os valores de CV para a classificação de variáveis do solo (CV < 12 %), (12 % < CV > 60 %) e (CV > 60 %), os atributos indicam variabilidade baixa, moderada e alta, respectivamente, e sendo assim, a variável de pH nas três profundidades 0,0-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20m apresentaram valores baixos do coeficiente de variação (<12 %) indicando baixa variabilidade ou maior homogeneidade dos dados. Todas as demais variáveis apresentaram CV entre 12% < CV < 60%, indicando assim moderada variabilidade dos dados.

Os modelos dos parâmetros dos atributos químicos do solo são apresentados na **(Tabela 2)**. As variáveis de pH em H₂O nas profundidades de 0,0-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20m e Matéria orgânica (M.O) nas profundidades 0,0-0,05, 0,05-0,10m se ajustaram respectivamente no modelo exponencial. O modelo exponencial que se ajustou aos dados desse estudo concordam com os resultados de pesquisas de Souza et al., (2004), que indicam esse modelo como um dos de maior ocorrência para atributos do solo.

Na variável de acidez potencial, somente na profundidade de 0,0-0,05m se ajustou ao modelo exponencial, Já nas profundidades de 0,05-0,10 e 0,10-0,20m, ajustou-se ao modelo linear conferindo a esses atribuídos a condição de efeito pepita puro (EPP), significando que as amostras são independentes para distâncias maiores que a menor distância entre as amostras utilizadas nesse estudo. De acordo com (ABREU *et al.*, 2003), o efeito pepita constitui-se numa medida importante do semivariograma e indica a variação não explicada, que pode ser devido a erros de medida e microvariações não detectadas, considerando a distância de amostragem utilizada.



A análise do grau de dependência espacial das variáveis em estudo, utilizou-se a classificação de Cambardella et al., (1994), onde valores de $[(C0/(C0+C1))]$ menores que 25% são considerados dependência espacial forte, valores de $[(C0/(C0+C1))]$ entre 25 e 75 % indicam dependência espacial moderada e valores de $[(C0/(C0+C1))]$ maiores que 75% dependência espacial fraca. Os resultados das variáveis em estudo apresentaram fraca dependência espacial, sendo que o ideal para estas variáveis seria o adensamento da malha de amostragem.

O alcance (a) indica a distância (m) limite entre pontos correlacionados entre si. Pontos coletados com distâncias maiores que o alcance é independente e, para sua análise, pode-se utilizar a estatística clássica (Vieira, 2000). Os atributos em estudo apresentaram alcances decrescentes em todas as profundidades, partindo de 40,2 para 17,1 m para a variável de pH em H₂O, e de 22,2 para 16,8 para a Matéria orgânica do solo. Sendo que para a variável de acidez potencial não pode se comparar o alcance pois só a profundidade 0,0-0,5 apresentou valores estáveis, sendo que nas demais profundidades apresentaram efeito pepita puro (EPP).

CONCLUSÕES

As variáveis em estudo apresentaram fraca dependência espacial em todas as profundidades. E apresentaram alcances decrescentes em todas as profundidades, partindo de 40,2 para 17,1 m para a variável de pH em H₂O, e de 22,2 para 16,8 para a Matéria orgânica .

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UFAM e a FAPEAM pelo financiamento do projeto.

REFERÊNCIAS

ABREU, S.L.; REICHERT, J.M.; DALVAN, V.R.S. REINERT, J.; BLUME, E. Variabilidade espacial de propriedades físico-hídricas do solo, da produtividade e da qualidade de grãos de trigo em Argissolo Franco Arenoso sob plantio direto. Ciênc. Rural, Santa Maria-RS, v.33, n.2, p.275-282, 2003.

ALBUQUERQUE, J.A.; REINERT, D.J. & FIORIN, J.E. Variabilidade de solo e planta em podzóico vermelho-amarelo. R. Bras. Ci. Solo, 20:151-157, 1996.

BECKETT, P.H.T. & WEBSTER, R. Soil variability: A review. Soil Fert., 34:1-15, 1971. JACOB, W.L. & KLUTTE, A. Sampling soils for physical and chemical properties. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 20:170-178, 1976.

BOTTEGA, E. L.; BOTTEGA, S. P.; SILVA, S. A.; QUEIRO, D. M.; SOUZA, C. M. A.; RAFULL, L. Z. L.; Variabilidade espacial da resistência do solo à

penetração em um Latossolo Vermelho distroférrico. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.6, n.2, p. 331-336, 2011.

Cambardella, C. A.; Moorman, T. B.; Novak, J. M.; Parkin, T. B.; Karlen, D. L.; Turco, R. F. & Konopka, A. E. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa Soils. Soil Science Society of America Journal, v.58, p.1501-1511, 1994.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa. Soil Science Society of American Journal, v. 58, n. 5, p. 1501- 1511, 1994.

CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.L.; TURCO, R.F. & KONOPKA, A.E. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa Soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 58:1501-1511, 1994.

CAVALCANTE, E. G. S. et al. Variabilidade espacial de MO, P, K e CTC do solo sob diferentes usos e manejos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.2, p.394-400, 2007.

CAVALCANTE, E. G. S.; ALVES, M. C.; SOUZA, Z. M. de; 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.

CERRI, C. E. P.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C. Dinâmica da matéria orgânica do solo na Amazônia. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. Ed. Porto Alegre: Metropole, 2008. p. 325-358.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

GREGO, C. R.; RODRIGUES, C. A. G.; NOGUEIRA, S. F.; GIMENES, F. M. A.; OLIVEIRA, A.; ALMEIDA, C. G. F.; FURTADO, A. L. S.; DEMARCHI, J. J. A. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.9, p.1404, 2012.

Grego, C. R.; Vieira, S. R. Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em uma parcela experimental. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.29, p.169-177, 2005.

ISAACS, E.H. & SRIVASTAVA, R.M. **An introduction to applied geostatistics**. New York: Oxford University Press, 1989. 561p.

JACOB, W.L. & KLUTTE, A. Sampling soils for physical and chemical properties. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 20:170-178, 1976.

MINITAB Release 14.1. **Statistical Software**. US/Canada. 2000.



REZENDE, P. L. P.; RESTLE, J.; FERNANDES, J. J. R.; Pádua, J. T.; Desempenho e desenvolvimento corporal de bovinos leiteiros mestiços submetidos a níveis de suplementação em pastagem de *Brachiaria brizantha*. **Ciência Rural**, v.41, n.8, p.1453-1458, 2011.

SANTOS, A. C.; SALCEDO, I. H.; CANDEIAS, A. L. B. Relação entre o relevo e as classes texturais do solo na microbacia hidrográfica de Vaca Brava, PB. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 54, n. 1, p. 86-94, 2002.

SOUZA, Z.M. et al. Variabilidade espacial da estabilidade de agregados e matéria orgânica em solos

Tabela 1. Estatística descritiva de pH (H₂O), Acidez Potencial e Matéria Orgânica do solo em área de Terra Preta Arqueológica sob cultivo de pastagem no município de Manicoré, AM.

Estatística Descritiva	Média	Mediana	¹ Max.	² Min.	³ DP	⁴ Var.	⁵ C.V %	Assimetria	Curtose	⁶ d
0,00-0,05 m										
pH (H ₂ O)	6,38	6,37	6,69	6,04	0,15	0,02	2,35	-0,08	-0,50	0,30
H+Al	6,30	6,11	9,90	2,81	1,52	2,31	24,1	0,20	-0,37	0,68
M.O.	39,1	38,8	53,6	24,2	6,85	47,0	17,4	0,14	-0,49	0,53
0,05-0,10 m										
pH (H ₂ O)	6,37	6,42	6,72	5,83	0,21	0,04	3,29	0,57	0,12	0,29
H+Al	5,20	5,12	9,08	2,31	1,38	1,90	26,5	0,33	-0,16	0,37
M.O.	36,7	36,7	56,1	17,3	9,99	99,88	27,1	-0,14	0,91	0,10
0,10-0,20 m										
pH (H ₂ O)	5,81	5,84	6,37	5,20	0,25	0,06	4,30	-0,19	-0,71	0,27
H+Al	3,91	3,47	8,42	0,50	1,72	2,98	43,9	0,32	-0,28	0,29
M.O.	31,3	31,9	51,3	9,37	8,62	74,3	27,4	-0,09	-0,18	0,98

¹Max.: Máximo; ²Min.: Mínimo; ³DP: desvio padrão; ⁴Var.: variância; ⁵CV: coeficiente de variação; ⁶d: teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov, *significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Modelos e parâmetros estimados aos semivariogramas de pH (H₂O), Acidez Potencial e Matéria Orgânica do solo em área de Terra Preta Arqueológica sob cultivo de pastagem no município de Manicoré, AM.

Parâmetros	pH (H ₂ O)	H+Al	M.O.
0,00-0,05 m			
Modelo	Exp	Exp	Exp
Efeito Pepita	0,00	2,40	7,90
Patamar	0,03	5,27	64,4
Alcance (m)	17,1	165,0	22,2
¹ R ²	0,82	0,92	0,91
² GDE (%)	9,22	45,5	12,2
³ VC%	0,86	0,92	0,99
0,05-0,10 m			
Modelo	Exp	Lin	Exp
Efeito Pepita	0,00	-	15,90
Patamar	0,05	-	118,3
Alcance (m)	40,2	-	16,8
¹ R ²	0,75	-	0,76
² GDE (%)	15,6	-	13,4
³ VC%	0,82	-	0,75
0,10-0,20 m			
Modelo	Exp	Lin	Lin
Efeito Pepita	0,00	-	-
Patamar	0,07	-	-
Alcance (m)	22,8	-	-
¹ R ²	0,72	-	-
² GDE (%)	15,0	-	-
³ VC%	0,70	-	-

Esf.: Esférico; Exp.: Exponencial; ¹C₀: efeito pepita; ²C₀+C₁: patamar; ³a: alcance (m); ⁴R²: coeficiente de determinação; ⁵GDE%: grau de dependência espacial e; ⁶VC: validação cruzada.

de relevos diferentes. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.39, p.491- 499, 2004.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudo da variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F. de; ALVAREZ V., V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. Ed. **Tópicos ciência do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1:1-54, 2000.

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, 1980. p.319-344.