

Variabilidade espacial de aspectos do sistema silvipastoril e atributos físicos de um Neossolo em Mato Grosso do Sul⁽¹⁾

Adriany Rodrigues Corrêa⁽²⁾, Douglas Martins Pereira Pellin⁽³⁾, Rafael Montanari⁽⁴⁾, Evelize Nayara Santana da Silva⁽²⁾ e Anderson Secco dos Santos⁽⁵⁾

⁽¹⁾Trabalho executado com recursos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)

⁽²⁾Mestrandas em Agronomia; Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Aquidauana, Rodovia Aquidauana-UEMS, Km 12, 79200-000, Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brasil. E-mail: E-mail: adriany@agronoma.eng.br, lize_santana@hotmail.com

⁽³⁾Doutorando em Agronomia - Produção Vegetal, Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). Rodovia Dourados-Itahum, km 12, CEP 79804-970, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil. E-mail: douglas.martins@agronomo.eng.br

⁽⁴⁾Professor, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Campus de Ilha Solteira, Av. Brasil, 56, Centro, 15385-000, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil. E-mail: montanari@agr.feis.unesp.br

⁽⁵⁾Mestrando em Agronomia; Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Campus de Ilha Solteira, Av. Brasil, 56, Centro, 15385-000, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil. E-mail: andersonsecco@ambiente.eng.br

RESUMO: - O presente trabalho teve por objetivo, definir o atributo físico do solo, que melhor se apresente para explicar a variabilidade da produtividade do eucalipto e dos componentes da produtividade da forragem. O trabalho foi desenvolvido no ano agrícola de 2011/12, no município de Ribas do Rio Pardo (MS), foram analisadas as correlações lineares e espaciais entre atributos do eucalipto e de alguns atributos físicos de um Neossolo Quartzarênico, em duas profundidades (0,00-0,10 e 0,10-0,20 m). Para isso, foi instalada uma malha geoestatística, onde foram coletados 72 pontos. Do ponto de vista espacial, a altura do eucalipto é influenciada pela resistência à penetração. Assim, valores da resistência acima de 2,3 MPa indicaram sítios com as maiores alturas do eucalipto.

Termos de indexação: Geoestatística, agricultura de precisão, conservação do solo.

INTRODUÇÃO

No Brasil, o processo de degradação dos solos e os baixos índices de produtividades das pastagens têm merecido, por parte da classe agrônoma e dos produtores rurais, especial atenção (Montanari et al., 2013). O emprego dos sistemas silvipastoris diminuem os impactos ambientais, inerentes aos sistemas convencionais de criação de gado, por favorecerem a restauração ecológica de pastagens degradadas, diversificando a produção das propriedades rurais, gerando lucros e produtos adicionais, ajudando a depender menos de insumos externos, permitindo e intensificando o uso sustentável do solo (Pezarico et al., 2013). O estudo da relação entre a capacidade produtiva de povoamentos de *Eucalyptus spp.* e de atributos do solo favorece o manejo racional da floresta e do solo, evitando a degradação de seus atributos

físicos, visando à produção sustentável (Ortiz et al., 2006) e, sobretudo contribuindo para a aplicação de técnicas de silvicultura de precisão. A resistência à penetração é um dos atributos físicos do solo de influência direta sobre o crescimento das plantas sendo um indicador da qualidade física do solo para o crescimento das plantas, onde que, que o solo exerce uma restrição ao desenvolvimento das raízes, uma vez que, em condições adversas, limita a elongação radicular e, conseqüentemente, a redução da produtividade vegetal. Este trabalho teve por objetivo, diante dos atributos do solo trabalhado, definir o atributo físico do solo, que melhor se apresente para explicar a variabilidade da altura do eucalipto e dos componentes da produtividade da forragem.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no ano agrícola de 2011/12, no município de Ribas do Rio Pardo (MS), na latitude 20°26'34"S, e na longitude 53°45'32"W, com precipitação média anual de 1.500 mm e temperatura média anual oscila de 19° a 25°C. O tipo climático é o Aw, segundo a classificação de Koppen, caracterizado como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno.

O plantio foi efetuado entre 29/04 e 15/05/2008, em área característica de pastagem degradada de braquiária (*Brachiaria decumbens* cv. Basilisk), formada há mais de 20 anos em Neossolo Quartzarênico, de relevo plano.

A área foi preparada conforme a rotina utilizada na fazenda, para plantio comercial de eucalipto, ou seja, dessecação da braquiária com herbicida glifosato e, após 15 dias subsolagem a 0,60 m com abertura de sulcos e adubação. Logo em seguida foi efetuado o plantio, com mudas produzidas comercialmente em viveiro.

A semeadura da forragem foi realizada em

março de 2011, onde foram implantadas três forrageiras diferentes: *B. brizantha* cv Marandú, *B. brizantha* cv Piatã e *P. maximum* cv. Massai.

As amostragens das propriedades dendrométricas, da massa seca e dos atributos bromatológicos da forragem foram realizadas em uma grade amostral contendo 72 pontos, com espaçamento irregular. As propriedades das plantas de eucalipto estudadas foram: Circunferência a Altura do Peito (CAP), altura das plantas (ALT), já para a forragem foram: Produtividade da Massa Seca Total (PMST), Produtividade da Massa Seca das Folhas (PMSF), Proteína Bruta (PB). Os atributos físicos do solo estudados foram: a resistência do solo à penetração (RP), umidade gravimétrica (UG), no entorno das plantas de eucalipto mais próximas ao ponto de amostragem, coletados nas profundidades: 1) 0-0,10 m, 2) 0,10-0,20 m.

A resistência à penetração (RP) foi avaliada com o penetrômetro de impactos (Stolf, 1991) e calculada segundo expressão contida em Rosa Filho et al. (2009). Para a UG foram utilizadas amostras deformadas de solo, coletadas com uma sonda caladora no mesmo momento que o da resistência à penetração, com um trado de caneco. A etapa laboratorial das análises físicas do solo foi realizada na UEMS-Unidade Aquidauana.

Para cada atributo estudado, efetuou-se a análise descritiva clássica, com auxílio do software estatístico SAS (SCHLOTZHAVER e LITTELL, 1999). A análise geoestatística foi feita com o software GS⁺ (GS⁺, 2004).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com Pimentel Gomes & 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 ($CV \leq 10\%$), média ($10\% < CV \leq 20\%$), alta ($20\% < CV \leq 30\%$) e muito alta ($CV > 30\%$). A umidade gravimétrica (UG), apresentou coeficientes de variação entre médios e altos (15,48% a 20,03%) e resistência à penetração (RP) apresentou alta variabilidade (25,64%, 29,17%) (**Tabela 1**) diferentemente do encontrado por Lima et al. (2010), que apresentaram dados com variabilidade entre baixa e média. Montanari et al. (2013) estudando um Argissolo sob pastagem de braquiária encontraram valores do coeficiente de variação da umidade gravimétrica entre 10,9 e 13,8% corroborando com o presente estudo.

A circunferência a altura do peito (CAP) e a altura (ALT) apresentaram média variabilidade (13,8%, 11,5%), concordando com Rosa Filho et al. (2011)

que também verificaram valores médios de coeficiente de variação para CAP e ALT de 15,4% e 14,4% respectivamente.

Se a forragem fosse utilizada para pastoreio animal, o valor médio de 6,80% de PB (**Tabela 1**) estaria baixo, pois segundo van Soest (1994), forrageiras com teores inferiores a 7% reduzem sua digestibilidade devido à inadequada disponibilidade de N para os microrganismos do rúmen, prejudicando também a ingestão de matéria seca, então é necessário um valor mais elevado de PB para suprir as exigências proteicas do organismo animal. Porém este fato pode ser explicado pela época que foi realizada a coleta da forragem, no mês de abril, já que no período entre os meses de março a setembro o valor da PB tende a reduzir devido à redução das chuvas.

Os valores médios da RP em profundidade indicaram haver maior compactação na segunda camada do solo (**Tabela 1**), onde ocorreu o maior valor (RP2 = 4,13 MPa) e para a umidade gravimétrica UG apresentou valor médio de 0,06 kg kg⁻¹. No que se refere à RP, seus valores médios em profundidade foram classificados, conforme Arshad et al. (1996), em alto (RP1) e muito alto (RP2), assim como ficaram em consonância com a magnitude de valores observados por Montanari et al. (2013) para a segunda profundidade. Uma vez que a camada superficial do solo perde mais água pelo processo de evapotranspiração e um grande conteúdo de areia no solo pesquisado

O único atributo do solo que obteve correlação significativa com o ALT foi a RP1 com um coeficiente de correlação de 0,261^{*}, significativo e positivo. A equação de regressão da ALT em função da RP1 foi representada por um modelo exponencial ($ALT = 1,516.10e^{4,911.10^{-2}RP1}$), com um baixo, entretanto, significativo, coeficiente de correlação ($r = 0,265^*$). Portanto, a variação da ALT em questão pode ser explicada por apenas 26,5% da variação dos dados da RP1. Dessa forma, quando a RP1 variar entre 1,39 e 4,38, ALT aumentará de 16,23 a 18,80 m. Já quando tomado o valor médio de 2,47 da RP1 poderá ser estimada a ALT média de 17,16 m.

Foi encontrada dependência espacial para os atributos: PMST, PMSF, PB, CAP, ALT, RP1 e UG1, exceto para RP2 e UG2 que apresentaram efeito pepita puro.

No tocante ao desempenho dos semivariogramas, a relação decrescente deles, analisada pelo coeficiente de determinação espacial (r^2), foi a seguinte: 1- CAP (0,827), 2- UG1 (0,732), 3- (0,691), 4- ALT (0,691), 5- (0,672), 6- (0,632) e 7- (0,464). Dessa forma em relação à ALT e RP1 que apresentaram correlação significativa, observou-se o

seguinte: ALT e RP1 com r^2 (0,691) apresentando os dois um ADE muito alto (83,50%), com o mesmo alcance (15,3 m) e modelo exponencial, ficando na mesma ordem de grandeza dos obtidos por Montanari et al. (2013), no qual também foi constatado valor muito alto (86,0%). O modelo exponencial ajustado corroborou com Montanari et al. (2013) e o alcance semelhante do valor encontrado por Montanari et al. (2010) sendo (15,5 m).

Na **Figura 1**, estão contidos os mapas de krigagem dos atributos que apresentaram dependência espacial, especificamente para os atributos que apresentaram correlação RP1 x ALT. Constatando que onde ocorreram os maiores valores de RP1 foram mapeados os maiores valores de ALT (Figura 1a). Podem-se recomendar práticas conservacionistas para as zonas de manejo, nas quais a RP1 (Figura 1b) apresentou seus menores valores, visando elevar a ALT do local. Sendo assim, do ponto de vista espacial, a RP1 apresentou-se como um indicador da qualidade física do solo, quando considerado a ALT de eucalipto. Esse comportamento provavelmente pode ser atribuído, como na correlação linear, com o aumento da RP acredita-se que nesse caso melhore a agregação do solo favorecendo que ocorra maior contato solo/raiz, melhorando a eficiência de absorção de água e nutrientes.

CONCLUSÕES

Do ponto de vista espacial, a altura do eucalipto é influenciada pela resistência à penetração. Assim, valores da resistência acima de 2,3 MPa indicaram sítios com as maiores alturas do eucalipto.

REFERÊNCIAS

ARSHAD, M.A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical test for monitoring soil quality. In: DORAN, J.W. (Eds). Methods for assessing soil quality. Madison: **Soil Science Society American Journal**, 1996. p.123-141.

CARVALHO, M.P.; MENDONÇA, V.Z.; PEREIRA, F.C.B.L.; ARF, M.V.; KAPPES, C.; DALCHIAVON, F.C. Produtividade de madeira do eucalipto correlacionada com atributos do solo visando ao mapeamento de zonas específicas de manejo. **Ciência Rural**, v.42, p.1797-1803, 2012.

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

KIEHL, E.J. Manual de edafologia: relações solo-planta. São Paulo: **Agronômica Ceres**, 1979. 264p.

MONTANARI, R.; CARVALHO, M. P.; ANDREOTTI, M.;

DLACHIAVON, F. C.; LOVERA, L. H.; HONORATO, M. A. O. Aspectos da produtividade do feijão correlacionados com atributos físicos do solo sob elevado nível tecnológico de manejo, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, p.1811-1822, 2010.

MONTANARI, R.; LIMA, E.S.; LOVERA, L.H.; GODOY, L.T.R.; HENRIQUE, A.F.; DALCHIAVON, F.C. Correlación de la productividad de un forraje con las propiedades físicas de un Ultisol en Aquidauana. **Revista Ceres**, v. 60, p.102-110, 2013.

ORTIZ, J.L.; VETTORAZZI, C.A.; COUTO, H.T.Z.; GONCALVES, J.L.M. Relações espaciais entre o potencial produtivo de um povoamento de eucalipto e atributos do solo e do relevo. **Revista Scientia Florestalis**, v.72, p.67-79, 2006.

PEZARICO, C.R.; VITORINO, A.C.T.; MERCANTE, F.M.; DANIEL, O. Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais. **Revista de Ciências Agrárias**, v.56, p.40-47, 2013.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C.H. Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais. 11.ed. Piracicaba: **FEALQ**, 2002. 309p.

ROSA FILHO, G.; CARVALHO, M. P.; ANDREOTTI, M.; MONTANARI, R.; BINOTTI, F. F. S.; GIOIA, M. T. Variabilidade da produtividade da soja em função de atributos físicos de um Latossolo Vermelho distroférrico sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 283-293, 2009.

SANTOS, M. L.; CARVALHO, M. P.; RAPASSI, R. M. A.; MURASHI, C. T.; MALLER, A.; MATOS, F. A. Correlação linear e espacial entre produtividade de milho (*Zea mays* L.) e atributos físicos de um Latossolo Vermelho distroférrico sob plantio direto do Cerrado Brasileiro. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 28, n. 3, p. 313-321, 2006.

SCHLOTZHAVER, S.D.; LITTELL, R.C. SAS system for elementary statistical analysis. 2.ed. Cary: **SAS**, 1997. 441p.

SHAPIRO, S. S. & WILK, M. B. An analysis of variance test for normality: complete samples. **Biometrika**, London, v. 52, p. 591-611, 1965.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistências do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, p.229-235, 1991.

van SOEST, P.J. Nutritional ecology of the ruminant. 2.ed. New York: **Cornell University Press**, 1994. 476p.

Tabela 1: Análise descritiva inicial de propriedades dendrométricas do eucalipto urograndis, da produtividade e atributos bromatológicos da forragem e atributos físicos de um Neossolo Quartzarênico em um sistema silvipastoril em Ribas do Rio Pardo, MS.

Atributo ^(a)	Medidas estatísticas descritivas								Probabilidade do teste ^(b)	
	Média	Mediana	Valor		Desvio Padrão	Coeficiente			Pr<w	DF
			Máximo	Mínimo		Varição (%)	Curtose	Assimetria		
Atributos da cultura de eucalipto										
CAP (cm)	46,38	46,06	66,42	29,35	6,40	13,8	1,217	0,118	0,3079	NO
ALTURA (m)	17,25	17,20	19,95	13,66	1,98	11,5	-1,324	-0,281	0,0001	IN
Atributos da cultura da forragem										
PMST (kg ha ⁻¹)	2990,67	2652,00	6680,00	896,00	1356,76	45,4	0,682	1,059	0,0001	IN
PMSF (kg ha ⁻¹)	1078,00	1008,00	2304,00	260,00	468,12	43,4	-0,159	0,517	0,0966	NO
PB (%)	6,80	6,82	8,92	4,61	1,00	14,7	-0,857	-0,069	0,1714	NO
Atributos físicos do solo										
RP1 (MPa)	2,47	2,36	4,38	1,39	0,63	25,64	0,703	0,839	0,0014	IN
RP2 (MPa)	4,13	3,93	6,86	1,82	1,20	29,17	-0,720	0,205	0,2718	NO
UG1 (kg kg ⁻¹)	0,06	0,06	0,10	0,04	0,01	20,03	0,888	0,719	0,0552	NO
UG2 (kg kg ⁻¹)	0,06	0,06	0,08	0,04	0,01	15,48	-0,004	-0,689	0,0082	IN

^(a) CAP, ALT, PMST, PMSF, PB, RP e UG, são respectivamente, Circunferência a Altura do Peito, Altura, Produtividade da Massa Seca Total, Produtividade da Massa Seca das Folhas, Proteína Bruta, Resistência à Penetração, Umidade Gravimétrica, coletados nas camadas do solo de (1) 0,00-0,10 m e (2) 0,10-0,20 m; ^(b) DF = distribuição de frequência, sendo NO e IN, respectivamente do tipo normal e indeterminado.

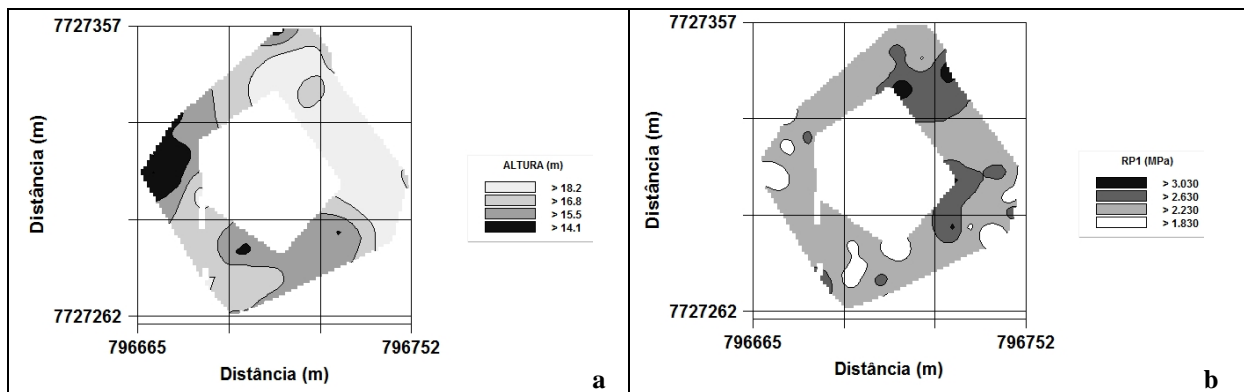


Figura 1 – Mapas de krigagem da altura do eucalipto e da resistência a penetração da primeira profundidade 0,0 – 0,10 m em um Neossolo Quartzarênico em um Sistema Silvipastoril em Ribas do Rio Pardo, MS.