



Distribuição espacial do desenvolvimento de *Eucalyptus urograndis* no município de Água Clara, MS⁽¹⁾.

Ligia Maria Lucas Videira⁽²⁾; Diego Gonçalves Feitosa⁽³⁾; Isabô Melina Pascoaloto⁽²⁾; Jaqueline Bonfim de Carvalho⁽²⁾; Alexandre Marques da Silva⁽⁴⁾; Tatiane Sanches Jeromini⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Fapesp e FUNDUNESP. ⁽²⁾ Mestrando em Produção Vegetal; Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"; Ilha Solteira, São Paulo; ligiavideira@hotmail.com; ⁽³⁾ Aluno especial no Doutorado de Produção Vegetal; Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"; Ilha Solteira, São Paulo; ⁽⁴⁾ Doutorando em Produção Vegetal; Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"; Ilha Solteira, São Paulo; ⁽⁵⁾ Aluno especial no Mestrado de Programa de Produção Vegetal; Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"; Ilha Solteira, São Paulo.

RESUMO: A geoestatística é uma ferramenta surpreendente para o manejo das lavouras, incluindo espécies como o eucalipto. O objetivo do trabalho foi avaliar a variabilidade espacial de atributo da planta e dos nutrientes foliares de plantas de *Eucalyptus grandis*, no município de Água Clara, MS. O trabalho foi realizado na Fazenda Bom Retiro de propriedade da Eldorado Brasil Celulose localizada no município de Três Lagoas, MS. O trabalho foi desenvolvido em um talhão de eucalipto em um solo caracterizado como Neossolo Quartzarênico (Embrapa, 2013), numa área de 50 ha, foram aplicados lama 2 toneladas por hectare de cal + Oxyfertil (fonte de óxidos de cálcio e magnésio). Foram coletadas folhas em início de maturação de cada árvore com quatro repetições, e posteriormente realizadas as análises de N (nitrogênio), P (fósforo), K (potássio), Ca (cálcio), Mg (magnésio) e S (enxofre). realizou-se a análise descritiva clássica, com o programa estatístico SAS, aplicou-se o teste de Shapiro & Wilk a 5%, o semivariograma executado com o Gamma Design Software 7.0 (GS+, 2004). A análise do Avaliador da Dependência Espacial (ADE). Os parâmetros Alt, Ca_f, K_f, N_f, e P_f, apresentaram dependência espacial classificada como muito alta mostrando que a distribuição espacial de cada atributo não ocorre de maneira aleatória. Cálcio, nitrogênio e fósforo foliar, a maior área dos mapas foi ocupada com valores médios destes nutrientes.

Termos de indexação: geoestatística, semivariograma, teor foliar.

INTRODUÇÃO

O gênero *Eucalyptus* é originário da Austrália e da Indonésia, sendo uma das principais fontes de matéria prima para produzir papel. No Brasil encontrou ótimas condições de clima e solo para se desenvolver, com crescimento rápido e alto

índice de produtividade. A madeira oriunda da cultura do eucalipto pode ser utilizada para energia (lenha e carvão vegetal), postes, mourões, construção civil, móveis, celulose e papel. Das folhas é possível ainda, a extração de óleos essenciais, muito utilizados como aromatizantes de ambientes (Wilcken et al., 2008).

A agricultura de precisão (AP) determina o "exato" manejo da lavoura tendo como base o mapeamento de zonas específicas de manejo do solo. No Brasil, encontra-se em fase de adoção, na qual o agricultor tenta elaborar mapas de produtividade agrícola que possuam elevada correlação espacial com os mapas dos nutrientes vegetais (Carvalho et al., 2012). A geoestatística baseia-se na teoria das variáveis regionalizadas, que leva em consideração as componentes aleatórias e estruturais da dependência espacial das variáveis, fornecendo ferramentas quantitativas para a sua descrição e estimativas sem tendência (Montanari et al., 2014).

Mello (2004) observou que características dendrométricas mensuradas no inventário florestal, por meio de dois procedimentos de amostragem, apresentaram se estruturadas espacialmente. Este fato revelou que independente do procedimento de amostragem, a dependência espacial se manifestou. Ortiz et al. (2006) analisaram a variabilidade espacial do potencial produtivo de um talhão com clones de *Eucalyptus grandis*, avaliando o índice de sítio relacionado com os atributos do solo e relevo, concluindo que os atributos físicos, mais precisamente estrutura e textura foram mais importantes na determinação do potencial produtivo do que atributos químicos.

O objetivo do trabalho foi avaliar a variabilidade espacial de atributo da planta e dos nutrientes foliares de plantas de *Eucalyptus grandis*, no município de Água Clara, MS.



MATERIAL E MÉTODOS

Tratamentos e amostragens

A área experimental utilizada para o trabalho foi da Fazenda Bom Retiro de propriedade da Eldorado Brasil Celulose localizada no município de Três Lagoas, MS, com precipitação média anual de 1300 mm e a temperatura média de 23,7° C. O tipo climático é Aw, segundo a classificação de Koeppen, caracterizado como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. As coletas de dados a campo e as análises laboratoriais foram realizadas durante o segundo semestre de 2014.

O trabalho foi desenvolvido em um talhão de eucalipto em um solo caracterizado como Neossolo Quartzarênico (Embrapa, 2013), numa área de 50 ha, sendo que um croqui georreferenciado foi confeccionado contendo 50 pontos amostrais formando 1 ha a cobrir toda a área do talhão escolhido para amostragem (50 ha). Suas coordenadas originaram uma planilha de dados de latitude, longitude e altitude de cada ponto no espaço coletados com o auxílio de um GPS Garmin etrex. Na área experimental foram aplicadas 2 toneladas por hectare de cal + Oxyfertil (fonte de óxidos de cálcio e magnésio).

Foram coletadas folhas em início de maturação de cada árvore com quatro repetições, em ramos situados a meia altura das copas, dirigidas aos quatro pontos cardiais, ou seja, norte, sul, leste e oeste. O material coletado foi seco em estufa a 65°C por 48 horas e posteriormente moído, as análises dos seguintes macronutrientes N (nitrogênio), P (fósforo), K (potássio), Ca (cálcio), Mg (magnésio) e S (enxofre), de acordo com as recomendações de Malavolta et al. (1997), e a altura foi mensurada com o auxílio de uma régua graduada.

Análise estatística

Para cada atributo analisado, realizou-se a análise descritiva clássica, com auxílio do programa estatístico SAS (Schlotzhaver & Littell, 1997), no qual se determinou a média, mediana, valores de mínimos e de máximos, desvio-padrão, coeficiente de variação, curtose, assimetria e distribuição de frequência.

Para a avaliação da normalidade dos dados, aplicou-se o teste de Shapiro & Wilk a 5%, a dependência espacial, por sua vez, calculou-se pelo semivariograma executado com o Gamma Design Software 7.0 (GS+, 2004). A análise do Avaliador da Dependência Espacial (ADE) foi conforme proposição de Dalchiavon et al. (2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados apresentados no **quadro 1** são relativos à análise descritiva inicial da altura e dos teores foliares para a cultura do eucalipto tratado com uma mistura de lama de cal + oxyfertil. Para os teores foliares N_f e S_f os coeficientes de variação foram considerados médios ($10\% < CV < 20\%$) e para as demais variáveis foram considerados altos ($20\% < CV < 30\%$), segundo a classificação proposta por Pimentel Gomes e Garcia (2002).

Segundo Dalchiavon et al. (2014) variáveis estatísticas que apresentam distribuição de frequência classificada como normal ou tendendo a normal, utilizam como medida de tendência central o valor da média, entretanto se tratando de distribuição de frequência do tipo indeterminada utiliza-se a mediana. Perante os dados apresentados, os atributos que se valeram da média como medida da tendência foram a ALT, N_f , P_f , Ca_f e S_f que apresentaram distribuição do tipo normal e tendendo a normal coeficiente de assimetria positiva entre 0,5 e 0,9 e negativo entre 0,30 e 0,6; em compensação os teores de K_f e Mg_f foram representados pela mediana para os valores de tendência central.

A matriz de correlação entre altura de plantas e teores foliares é apresentada no **quadro 2**. Houve correlação positiva significativa a 5% para o teor de potássio, e correlação negativa significativa para magnésio. Já os teores de nitrogênio, fósforo, cálcio e enxofre não apresentaram correlação significativa com a altura de planta.

A análise de geoestatística apresentada no **quadro 3**, demonstra que os parâmetros Alt, Ca_f , K_f , N_f , e P_f , apresentaram dependência espacial classificada como muito alta, sendo ajustados por modelos exponenciais e apresentando valores de dependência espacial entre 86 e 89,5%, deixando evidente que a distribuição espacial de cada atributo não ocorre de maneira aleatória. Dessa mesma forma os parâmetros K_f , Mg_f e S_f não apresentaram dependência espacial uma vez que obtiveram um modelo de efeito pepita puro.

Para cada parâmetro analisado, foram ajustados os modelos dos semivariogramas considerando os valores do coeficiente de determinação (R^2) e soma do quadrado dos resíduos (SQR) (**Quadro 3**). Para o alcance, medida de raio para o qual pontos em seu interior possuem comportamento similares garantindo que todos os pontos da mesma área com este raio são tão similares que podem ser usados para estimar valores para qualquer ponto entre eles (Machado et al., 2007), sendo observados valores



variando de 15,3 a 17,4, para Alt e Pf respectivamente.

A avaliação dos mapas de krigagem (**Figura 1**) demonstrou que para Altitude, o predomínio ocorreu com os valores entre 2,83 e 3,59 que representam 62,7% da área do mapa, enquanto os valores acima de 3,59 ocuparam 35,9% da área, já os valores entre 2,08 e 2,83 ocorreram em apenas 1,4% do mapa.

Para o mapa de cálcio foliar, a maior área do mapa foi ocupada com valores entre 2,58 e 4,04 g/Kg, representando 62% da área, seguido pelos valores entre 4,04 a 5,51 g/Kg (37,6%), sendo os valores entre 5,51 e 6,97 g/Kg aparecendo em apenas 0,4% da área, concentrados em um único ponto na região noroeste do mapa.

Avaliando-se o mapa de nitrogênio foliar, observa-se que 84,5% da área apresenta valores entre 26,1 e 29,6 g/Kg, seguido pelos valores entre 29,6 e 33,1 g/Kg que ocorrem em 9,9% do mapa, sendo a sua ocorrência observada do lado oeste do mapa, já os valores entre 22,5 e 26,1 g/Kg, ocorrem em apenas 5,6% da área com predomínio do lado leste do mapa.

Já o Mapa de fósforo foliar apresenta predomínio de valores entre 1,66 e 2,08 g/Kg (58,6%), sendo esses valores encontrados predominantemente na área perimetral do mapa, sendo que na porção central do mapa, prevalecem os valores abaixo de 1,23 g/Kg, ocupando 41,3% do mapa, sendo que apenas 0,1% da área apresenta valores superiores a 2,08 g/Kg, onde estes estão localizados no extremo sudeste do mapa.

CONCLUSÕES

Os parâmetros Alt, Ca_f, K_f, N_f, e P_f, apresentaram dependência espacial classificada como muito alta mostrando que a distribuição espacial de cada atributo não ocorre de maneira aleatória.

Cálcio, nitrogênio e fósforo foliar, a maior área dos mapas foi ocupada com valores médios destes nutrientes.

AGRADECIMENTOS

À Fapesp processo número: 2013/25329-5 e ao Incentivo à captação de recursos – FUNDUNESP processo número: 2333/002/14 – PROPE/CDC pelo apoio financeiro e a Eldorado Brasil Celulose de Três Lagoas, MS.

REFERÊNCIAS

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*, Santa Maria, 42:1797-1803, 2012.

DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P.; MONTANARI, R.; ANDREOTTI, M.; PANOSSO, A. R. Produtividade da cana-de-açúcar: Variabilidade linear e espacial entre componentes tecnológicos e da produção. *Bioscience Journal*, Uberlândia, 30:390-400, 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2013. 306 p.

MACHADO, L. O.; LANA, A. M. Q.; LANA, R. M. Q.; GUIMARÃES, E. C.; FERREIRA, C. V. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo em áreas sob sistema de plantio convencional. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 31: 591-599, 2007.

MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2a ed., Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MELLO, J. M. Geoestatística aplicada ao inventário Florestal. 2004. 122 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MONTANARI, R.; TOMAZ, P. K.; PELLIN, D. M. P. Produção de cana-de-açúcar correlacionada com o teor de fósforo em Mato Grosso do Sul. *Revista de Agricultura Neotropical*, Cassilândia-MS, 1:1-9, 2014.

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

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

WILCKEN, C. F.; LIMA, A. C. V.; DIAS, T. K. R.; MASSON, M. V.; FERREIRAFILHO, P. J.; DAL POGETTO, M. H. F. A. Guia prático de manejo de plantações de eucalipto. Botucatu: FEPAF, 2008. 25 p.

Quadro 1 - Análise descritiva inicial da altura e teores foliares para o *Eucalyptos urograndis* num solo com mistura de lama de cal + oxyfertil

Atributo ^(a)	Medidas estatísticas descritivas									
	Média	Mediana	Valor		Desvio Padrão	Coeficiente			Probabilidade do teste ^(b)	
			Mínimo	Máximo		Varição (%)	Curtose	Assimetria	Pr<w	DF
<i>Atributo da planta</i>										
ALT(m)	3,51	3,60	1,70	4,50	0,64	18,23	0,03	-0,63	0,076	NO
<i>Teor foliar</i>										
N _f (g kg ⁻¹)	27,91	27,25	21,30	35,20	2,92	10,46	0,27	0,54	0,1400	NO
P _f (g kg ⁻¹)	1,64	1,70	0,90	2,70	0,33	20,70	1,15	0,51	0,2400	NO
K _f (g kg ⁻¹)	10,90	12,00	6,00	16,00	3,11	28,48	-0,75	-0,30	0,0001	IN
Ca _f (g kg ⁻¹)	4,01	3,85	2,20	7,70	1,13	28,09	1,28	0,90	0,0400	NO
Mg _f (g kg ⁻¹)	2,32	2,20	0,90	3,80	0,55	23,98	1,04	0,67	0,0085	IN
S _f (g kg ⁻¹)	1,60	1,60	1,20	2,10	0,18	11,24	0,41	0,51	0,0300	TN

(a) ALT, N_f, P_f, K_f, Ca_f, Mg_f e S_f são respectivamente altura da planta, teores foliares de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre. (b) DF=distribuição de frequência, sendo NO, TN e IN respectivamente do tipo normal, tendendo a normal e indeterminada.

Quadro 2 - Matriz de correlação entre a altura de plantas e teores foliares de para o *Eucalyptos urograndis* num solo com mistura de lama de cal + oxyfertil.

Atributo ^(a)	Coeficiente de Correlação ^(a)						
	Alt	N	P	K	Ca	Mg	S
N	0,23	1,00	-	-	-	-	-
P	-0,22	0,48**	1,00	-	-	-	-
K	0,47**	0,18	-0,21	1,00	-	-	-
Ca	0,17	0,39**	0,26	0,42**	1,00	-	-
Mg	-0,50**	0,25	0,53**	-0,02	0,33*	1,00	-
S	0,00	0,36*	0,34*	0,25	0,38**	0,40**	1,00

(a) Alt, N_f, P_f, K_f, Ca_f, Mg_f e S_f são respectivamente altura da planta, teores foliares de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre. * significativo a 5%; ** significativo a 1%.

Quadro 3 - Parâmetros de semivariogramas simples da altura do eucalipto e alguns atributos químicos de um Neossolo Quartzarênico.

Atributos ^(a)	Parâmetros										
	Modelo ^(b)	Efeito pepita (C ₀)	Patamar (C ₀ + C)	Alcance (A ₀) (m)	r ²	SQR ^(c)	ADE ^(d)		Validação cruzada		
							%	Classe	a	b	r
<i>γ(h) simples dos atributos da planta</i>											
ALT	EXP. (44)	4,0 . 10 ⁻²	3,81.10 ⁻¹	15,3	0,320	2,64.10 ⁻²	89,5	MA	3,22	0,084	0,031
Ca _f	ESP. (42)	1,5 . 10 ⁻¹	1,081	16,0	0,362	1,7.10 ⁻³	86,0	MA	4,01	-0,005	0,000
K _f	EPP	1,0 . 10	1,0 . 10	-	-	-	-	-	-	-	-
N _f	EXP. (57)	1,10	7,997	15,6	0,385	6,23	86,2	MA	36,74	-0,320	0,089
Mg _f	EPP	2,5 . 10 ⁻⁴	2,5 . 10 ⁻⁴	-	-	-	-	-	-	-	-
P _f	EXP.(101)	1,1 . 10 ⁻³	0,098	17,40	0,717	1,43 . 10 ⁻⁴	88,8	MA	1,74	-0,056	0,031
S _f	EPP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

^(a) Alt é a Altura; Ca_f, K_f, N_f, Mg_f, P_f e S_f são respectivamente: cálcio, potássio, nitrogênio, magnésio, fosforo e enxofre foliares. ^(b) EXP = exponencial, ESP = esférico, EPP = efeito pepita puro, parênteses sucedendo o modelo = número de pares no primeiro lag; ^(c) SQR = soma dos quadrados dos resíduos; ^(d) ADE = avaliador da dependência espacial, sendo MA = muito alta.

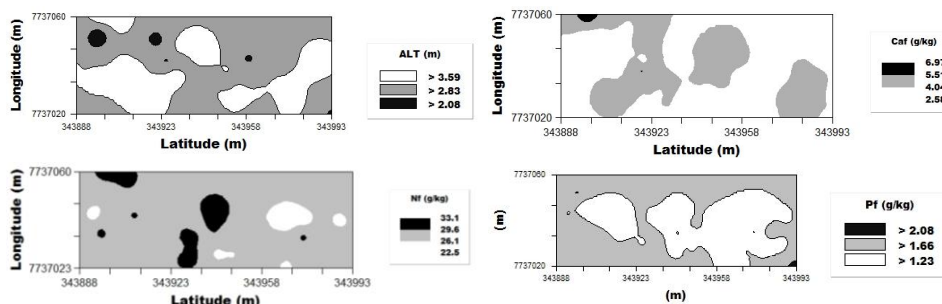


Figura 1 - Mapas de krigagem para Altura e atributos foliares (Ca, N e P) de *Eucalyptos Urophylla*.