



MODELAGEM GEOESTATÍSTICA DA DINÂMICA E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA ÁREA BASAL EM POVOAMENTO DE TECA

Allan Libanio Pelissari¹, Sidney Fernando Caldeira², Ângelo Augusto Ebling¹, Alexandre Behling³, Afonso Figueiredo Filho⁴

1. Doutorando em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil (allanpelissari@gmail.com).
2. Professor Doutor da Faculdade de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil.
3. Mestrando em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil
4. Professor Doutor da Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, Paraná, Brasil.

Recebido em: 06/05/2013 – Aprovado em: 17/06/2013 – Publicado em: 01/07/2013

RESUMO

Os avanços tecnológicos na identificação dos fatores que limitam a produtividade e a produção dos povoamentos florestais mostram a importância de se entender as relações espaciais e temporais de suas propriedades dendrométricas, visando definir medidas de gestão e de ordenamento e o alcance do máximo rendimento e da produção sustentada. Assim, o objetivo do presente trabalho foi aplicar a análise geoestatística para caracterizar a dinâmica e a distribuição espacial da área basal de um povoamento de teca no estado de Mato Grosso, Brasil. Para a coleta de dados, foram alocadas de forma sistemática 46 parcelas permanentes de 15 x 30m e obtidos os valores da área basal nas idades de dois a nove anos. Foi utilizada a análise geoestatística e modelos de semivariogramas para descrever os padrões espaciais, com a seleção dos melhores ajustes determinada segundo o coeficiente de determinação e a validação cruzada. A interpolação e a espacialização foram realizadas pelo método da krigagem ordinária pontual. A análise geoestatística é uma técnica eficaz, e com precisão estatística, para a identificação e a determinação do grau de ocupação do terreno florestal e da variabilidade da área basal em povoamentos de teca. É uma ferramenta essencial para a elaboração de mapas e a definição de zonas homogêneas de manejo, que visa a adoção de práticas silviculturais de precisão durante o ciclo de produção da cultura.

PALAVRAS-CHAVE: Variabilidade espacial, geoestatística, krigagem.

GEOSTATISTICAL MODELING OF DYNAMICS AND DISTRIBUTION SPATIAL OF BASAL AREA IN TEAK STAND

ABSTRACT

The technological advances in the identification of factors that limit the productivity and production of forest stands show the importance of understanding the spatial and temporal relationships of its properties dendrometrical, aiming to define the management measures and ordering and reach maximum yield and sustained production. The objective of this study was to apply geostatistical analysis to

characterize the dynamics and distribution spatial of basal area in a teak stand in Mato Grosso State, Brazil. Were used geostatistical analysis and semivariogram models to describe the spatial patterns, with the selection of best adjustments determined by the coefficient of determination and cross-validation. The interpolation and spacialization were conducted by the method of ordinary kriging punctual. The geostatistical analysis is an effective technique and with statistical accuracy for the identification and determination of the occupation degree of forest land and variability of the basal area in teak stands. It an essential tool for mapping and definition homogeneous areas of management, aiming the adoption of precision forestry practices during the production cycle of the crop.

KEYWORDS: Spatial variability, geoestatistic, kriging.

INTRODUÇÃO

A teca (*Tectona grandis* L.f. - Lamiaceae) é uma espécie natural do Sul e do Sudeste Asiático. É cultivada em diversas regiões da África e das Américas do Sul e Central (PANDEY; BROWN, 2000; PELISSARI et al., 2012). É considerada uma alternativa às espécies de alto valor econômico, como a *Swietenia macrophylla* King e a *Torresea acreana* Ducke, para o suprimento sustentável das indústrias de base florestal (DRESCHER et al., 2010), cujo principal produto é a madeira de alta qualidade, muito utilizada em móveis de luxo e na construção naval (FIGUEIREDO et al., 2005), o que torna a teca uma importante fonte de renda e um investimento lucrativo aos seus produtores (ÂNGELO et al., 2009; NEWBY et al., 2012).

Uma característica marcante de áreas de cultivo de monoculturas florestais é a sua aparente homogeneidade, contudo, é frequente observar variações ao longo dos plantios, ocasionadas por fatores edafoclimáticos, topográficos e de práticas silviculturais (RUFINO et al., 2006). No entanto, os métodos tradicionais, utilizados para a avaliação da produção e da produtividade dos povoamentos florestais, utilizam uma medida de tendência central, geralmente a média, além de uma medida de dispersão, como a variância, sem considerar as relações espaciais existentes entre as unidades amostrais. Assim, à medida que cresce a necessidade por informações detalhadas, consolida-se a utilização de análises geoestatísticas (PELISSARI et al., 2012b).

A geoestatística, ou estatística espacial, é fundamentada no estudo de uma função espacial numérica que varia de um local para outro com continuidade e cujos valores são relacionados com a posição espacial que ocupam (FARACO et al., 2008), o que permite a estimativa de uma determinada variável em locais não amostrados e a aplicação em mapeamentos, planejamentos de amostragens e modelagens (GOMES et al., 2007; GOMES et al., 2008; BORSSOI et al., 2011).

A interpolação e a espacialização espacial são realizadas com o auxílio da krigagem ordinária pontual, a qual correspondente em um interpolador de média móvel ponderada que utiliza a dependência espacial entre amostras vizinhas, para estimar valores em qualquer posição dentro do espaço, sem tendência e com variância mínima, na composição de mapas temáticos (VIEIRA, 2000).

Com a aplicação da geoestatística, espera-se alcançar dois objetivos principais. O primeiro é ser capaz de extrair da aparente desordem dos dados disponíveis uma imagem da variabilidade dos mesmos e uma medida da correlação existente entre os valores tomados em dois pontos do espaço, separados por um determinado vetor h , em que $|h| = h$, obtida com o uso de semivariogramas. E o

segundo é ser capaz de medir a precisão de toda predição ou estimativa por meio dos dados amostrados (BEDREGAL, 2008).

Os avanços tecnológicos na identificação dos fatores que limitam a produtividade e a produção dos povoamentos florestais mostram a importância de se entender as relações espaciais e temporais de suas propriedades dendrométricas, visando definir medidas de gestão e de ordenamento e o alcance do máximo rendimento e da produção sustentada. Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi aplicar a análise geoestatística para caracterizar a dinâmica e a distribuição espacial da área basal de um povoamento de teca no estado de Mato Grosso, Brasil.

MATERIAL E METODOS

O estudo foi desenvolvido em um povoamento equiâneo e homogêneo de teca, com 213 ha implantados em 1999 no espaçamento 3 x 3m, na Fazenda Campina, da empresa Teca do Brasil Ltda., localizada no município de Nossa Senhora do Livramento, região sul do estado de Mato Grosso, nas coordenadas geográficas 16°13'30" S a 16°13'50" S e 56°22'30" W a 56°24'30" W (Figura 1).

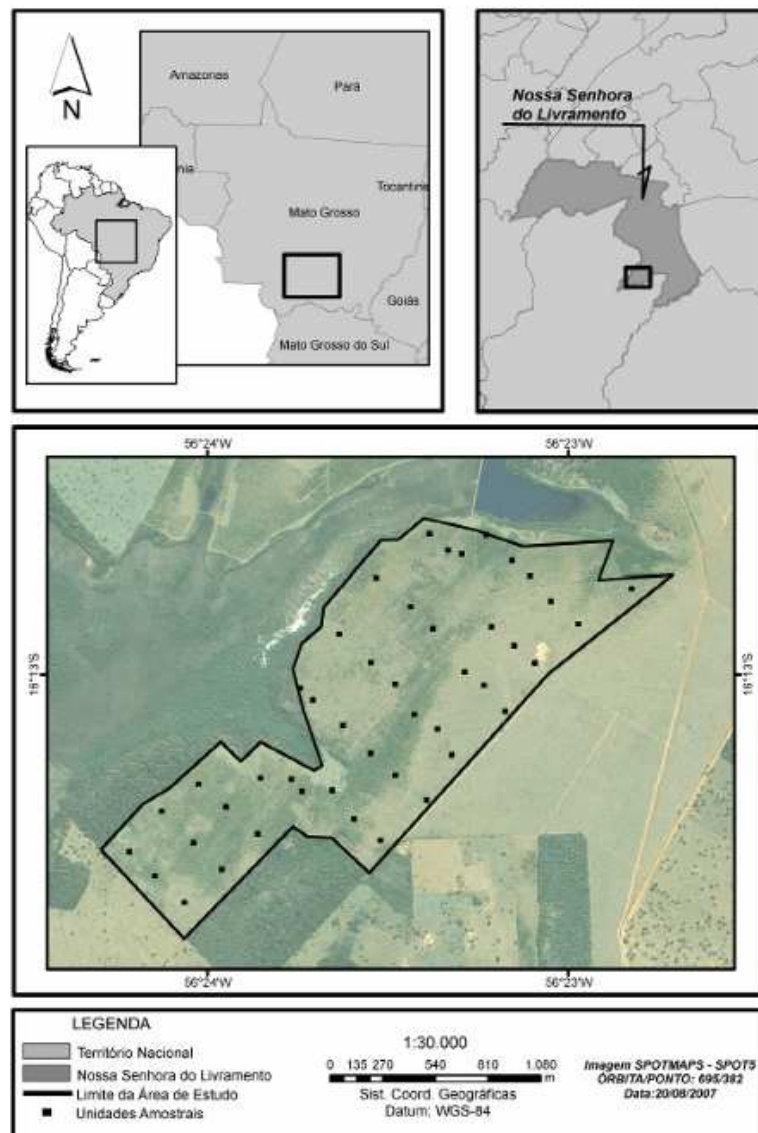


FIGURA 1. Localização do povoamento de teca no estado de Mato Grosso.

O clima da região é do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, com estações seca e chuvosa definidas (PEEL et al., 2007). A precipitação média é de 1.300mm.ano⁻¹, temperatura média anual de 25°C, com médias das mínimas de 20°C e das máximas de 32°C, evapotranspiração potencial de 4,1mm.dia⁻¹ e umidade relativa do ar de 70% a 75% (CAMPELLO JÚNIOR et al., 1991). O relevo característico é o suavemente ondulado e o solo é classificado como planossolo háplico eutrófico de textura franco-argilo-arenosa (EMBRAPA, 2006).

Para o plantio, o solo foi descompactado com subsolador, arado e nivelado. As desramas ocorreram a partir do segundo ano, com a retirada de galhos até 1/3 da altura total das árvores nessa idade, até 1/2 no terceiro ano e até 2/3 no quarto ano, e a manutenção com a remoção de galhos até 7,0 m de altura nas idades seguintes. Os desbastes, do tipo seletivo, foram executados aos cinco e aos oito anos, com a remoção média de 40% e 33%, respectivamente, do número de árvores por hectare.

Para a coleta de dados, foram alocadas, de forma sistemática, 46 parcelas permanentes de 15 x 30m (450m²), correspondendo à densidade inicial de 50 árvores por parcela, e obtidos os valores médios anuais da variável área basal (G), a qual expressa a área ocupada pelos fustes das árvores em um hectare do povoamento florestal, com a avaliação nas idades entre dois e nove anos, cuja análise estatística descritiva está apresentada na Tabela 1.

TABELA 1. Análise estatística descritiva da área basal do povoamento de teca, de dois a nove anos de idade, no estado de Mato Grosso

Idade (anos)	Área basal, em m ² .ha ⁻¹				
	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	C.V. (%)
2	1,02	4,20	2,52	2,55	31,83
3	3,22	10,21	7,61	7,82	21,46
4	5,60	16,09	12,54	13,16	18,37
5	8,81	21,85	16,67	17,11	17,67
6	13,83	23,73	19,88	20,42	14,01
7	15,49	27,49	22,91	23,53	13,39
8	15,87	29,90	24,61	25,55	13,89
9	16,22	31,09	25,79	26,50	13,80

C.V.= coeficiente de variação.

Os dados foram submetidos aos testes de Kolmogorov-Smirnov (K-S), ao nível de 5% de significância, com o auxílio do pacote estatístico Assistat 7.5 para a constatação da normalidade, comparando a distribuição observada com a normal teórica (SILVA & AZEVEDO, 2002). Na ausência de significância, os dados foram transformados em ln(x) ou x^{1/x} e submetidos novamente ao teste K-S. Para descrever e modelar os padrões espaciais foi utilizada a análise geoestatística com o ajuste do semivariograma, que corresponde a uma ferramenta matemática e permite

estudar a dispersão espacial de uma variável em função da distância, por meio da equação abaixo (ANDRIOTTI, 2003).

Em que:

$\gamma(h)$ = semivariância da variável $Z(x_i)$, em $m^2 \cdot ha^{-1}$;

h = distância, em metros;

$N(h)$ = o número de pares de pontos medidos $Z(x_i)$ e $Z(x_i + h)$, separados por uma distância h .

O semivariograma é composto pelo efeito pepita (C_0), que corresponde ao valor da semivariância para a distância zero e indica a variação ao acaso ou erros na obtenção dos dados. O patamar (C), que representa a estabilização dos valores do semivariograma aproximadamente igual à variância dos dados. A contribuição (C_1), que é dada pela diferença entre o patamar (C) e o efeito pepita (C_0). E o alcance (A), que é definido pela distância onde o semivariograma alcança o patamar e indica o limite onde as unidades amostrais estão correlacionadas entre si (VIEIRA, 2000).

Foram testados quatro modelos de semivariogramas (Tabela 2) com o auxílio do programa computacional GS+ 7.0 versão demonstração (ROBERTSON, 2008), e a seleção dos melhores ajustes foram determinadas com base no maior coeficiente de determinação (R^2) e na validação cruzada, a qual consistiu em estimar o valor de cada unidade amostrada, por meio do semivariograma ajustado, e plotar os valores observados em função dos estimados. Para um ajuste ideal, têm-se o coeficiente linear (a) igual a um, o coeficiente angular (b) igual a zero e, o coeficiente de determinação da validação cruzada (R^2_{vc}) igual a um. Além disso, os semivariogramas foram executados nas direções de 0° , 45° , 90° e 135° , a fim de se verificar a presença de anisotropia.

TABELA 2. Modelos de semivariogramas ajustados para a área basal do povoamento de teca, no estado de Mato Grosso

Modelo	Denominação
1 $\gamma(h) = C_0 + C \left[\left(\frac{3}{2} \right) \left(\frac{h}{A} \right) - \left(\frac{1}{2} \right) \left(\frac{h}{A} \right)^3 \right]$	Esférico
2 $\gamma(h) = C_0 + C \left(1 - e^{-h/A} \right)$	Exponencial
3 $\gamma(h) = C_0 + C \left(1 - e^{-h^2/A^2} \right)$	Gaussiano
4 $\gamma(h) = C_0 + p(h)^A$	Linear

$\gamma(h)$ = semivariância da variável de interesse; C_0 = efeito pepita; C = patamar; A = alcance; h = distância; e = exponencial; e p = inclinação da reta.

Após o ajuste dos modelos, foi obtido o grau de dependência espacial (GD), expresso pela razão percentual entre o efeito pepita (C_0) e o patamar (C). O GD representa a porção da variabilidade espacial ao acaso, classificada conforme os

critérios estabelecidos por CAMBARDELLA et al. (1994), em forte para o $GD < 25\%$, moderada, entre $25\% \leq GD \leq 75\%$; e fraca para valores do $GD > 75\%$.

A interpolação e a espacialização foram realizadas pelo método da krigagem ordinária pontual, que considera a dependência espacial e estima sem tendência e com variância mínima (VIEIRA, 2000). Os mapas temáticos foram obtidos por meio do programa computacional Surfer 8.0 versão demonstração (GOLDEN SOFTWARE, 2010). Para tal, foram utilizadas as amplitudes das classes de distribuição das alturas dominantes, obtidas por meio da média e o respectivo desvio padrão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área basal apresentou distribuição normal, ao nível de 5% de significância pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, apenas no segundo e terceiro ano de idade, em que as transformações $\ln(x)$ e \sqrt{x} nas demais ocasiões de avaliação não proporcionaram a normalidade dos dados (Tabela 3). Assim, optou-se pela utilização da escala original dos dados, visto que a distribuição normal não é uma pressuposição da geoestatística (AZEVEDO, 2004).

TABELA 3. Parâmetros dos semivariogramas ajustados para a altura dominante da teca, nas idades de dois a nove anos, no estado de Mato Grosso

Idade (anos)	Modelo	C ₀	C	A (m)	GD (%)	R ²	Validação cruzada		
							a	b	R ² _{vc}
2 *	Esférico	0,352	0,831	1.319	42,3 6	0,94	0,16	0,94	0,26
3 *	Efeito pepita puro	2,636	2,636	-	-	-	-	-	-
4 ^{ns}	Efeito pepita puro	4,977	4,977	-	-	-	-	-	-
5 ^{ns}	Efeito pepita puro	6,294	6,294	-	-	-	-	-	-
6 ^{ns}	Gaussiano	2,560	8,418	282	30,4 1	0,99	3,62	0,81	0,22
7 ^{ns}	Gaussiano	3,760	10,23 0	323	36,7 5	0,99	2,48	0,89	0,25
8 ^{ns}	Gaussiano	6,600	13,21 0	486	49,9 6	0,99	2,41	0,90	0,20
9 ^{ns}	Esférico	4,670	14,07 0	773	33,1 9	0,98	2,73	0,89	0,21

*= significativo a 5% pelo teste de Kolmogorov-Smirnov; e ns= não significativo; C₀= efeito pepita; C= patamar; A= alcance; GD= grau de dependência espacial; R²= coeficiente de determinação; a= coeficiente linear; b= coeficiente angular e; R_{vc}= coeficiente de determinação da validação cruzada.

Os ajustes dos semivariogramas mostraram que a área basal do povoamento de teca apresenta dependência espacial e predominância de melhores ajustes com os modelos gaussiano e esférico, exceto aos três, quatro e cinco anos de idade, onde houve a presença de efeito pepita puro (Tabela 3). Para estes casos, a variável apresentou-se aleatoriamente distribuída na área de estudo, com a ausência de uma estrutura espacial definida (ORTIZ et al., 2006; MOTOMIYA et al., 2011).

O efeito pepita (C₀) representa a variância não explicada ou ao acaso, frequentemente causada por erros ou variações que não podem ser detectadas

(VIEIRA, 2000). Foram verificados baixos valores de C_0 , que indica a satisfatoriedade dos ajustes dos semivariogramas, com forte redução do C_0 ao sexto e ao nono ano, possivelmente em decorrência dos desbastes que afetaram a estrutura espacial da variável.

A variável área basal apresentou valores diferentes de alcance (A), com o mínimo de 282m ao seis anos e o máximo de 1.319m ao segundo ano de idade (Tabela 3), o que indica uma heterogeneidade alta e representa as distâncias em que a utilização das análises geoestatísticas conduz as estimativas com maior precisão (CHIG et al., 2008). Os ajustes dos semivariogramas mostraram dependência espacial moderada, com variação de 30,41% a 49,96%. Isso indica a necessidade de uma análise específica da continuidade espacial dessa variável em cada idade do povoamento (PELISSARI et al., 2012b).

Os valores dos coeficientes de regressão (R^2) dos semivariogramas foram superiores a 0,9. Enquanto a validação cruzada evidenciou bons ajustes dos semivariogramas, com coeficiente linear (a) de 0,16 a 3,62; coeficiente angular (b) entre 0,81 e 0,94; e coeficiente de determinação da validação cruzada (R^2_{vc}) de 0,20 a 0,26 (Tabela 3). Isso demonstra a obtenção de ajustes apropriados dos semivariogramas para as estimativas da área basal em locais não amostrados do povoamento de teca.

Após a obtenção dos ajustes e constatada a dependência espacial entre as amostras e a ausência de anisotropia, procedeu-se a interpolação, por meio da krigagem ordinária pontual, para a confecção da distribuição espacial da área basal, entre dois e nove anos de idade do povoamento de teca no estado de Mato Grosso (Figura 2).

Não foram observadas dependências espaciais da área basal aos três (Figura 2B), quatro (Figura 2C) e cinco anos de idade (Figura 2D). Nesses casos, a semivariância é constante e igual ao patamar para qualquer distância, o que representa a ausência total de dependência espacial, denominado de efeito pepita puro (VIEIRA, 2000). Isso indica que as diferenças entre os valores medidos estão distribuídos ao acaso e não apresentam um padrão possível para confeccionar a distribuição espacial (ORTIZ et al., 2006). Esta tendência apenas foi modificada após a aplicação do primeiro desbaste, no período anterior ao sexto ano de idade do povoamento florestal (Figura 2E), e a maior homogeneização da distribuição espacial nas subseqüentes ocasiões de avaliação (Figuras 2F a 2H).

A dificuldade em modelar a distribuição espacial da área basal nos primeiros anos de plantio sugere que, nos estágios iniciais de desenvolvimento e pré-desbaste, a estrutura da floresta é muito heterogênea, devido ao desenvolvimento da teca ser fortemente afetado pela competição intra-específica, onde há a redução da luz lateral individual, pelo contato entre as copas das árvores, e há menor disponibilidade de água e nutrientes no solo (CALDEIRA; OLIVEIRA, 2008). Assim, à medida que aumenta o processo de competição, os fatores edafoclimáticos se manifestam na forma de diferenças que afetam a estrutura espacial do povoamento florestal e permite a sua caracterização (KANEAE JÚNIOR et al., 2007).

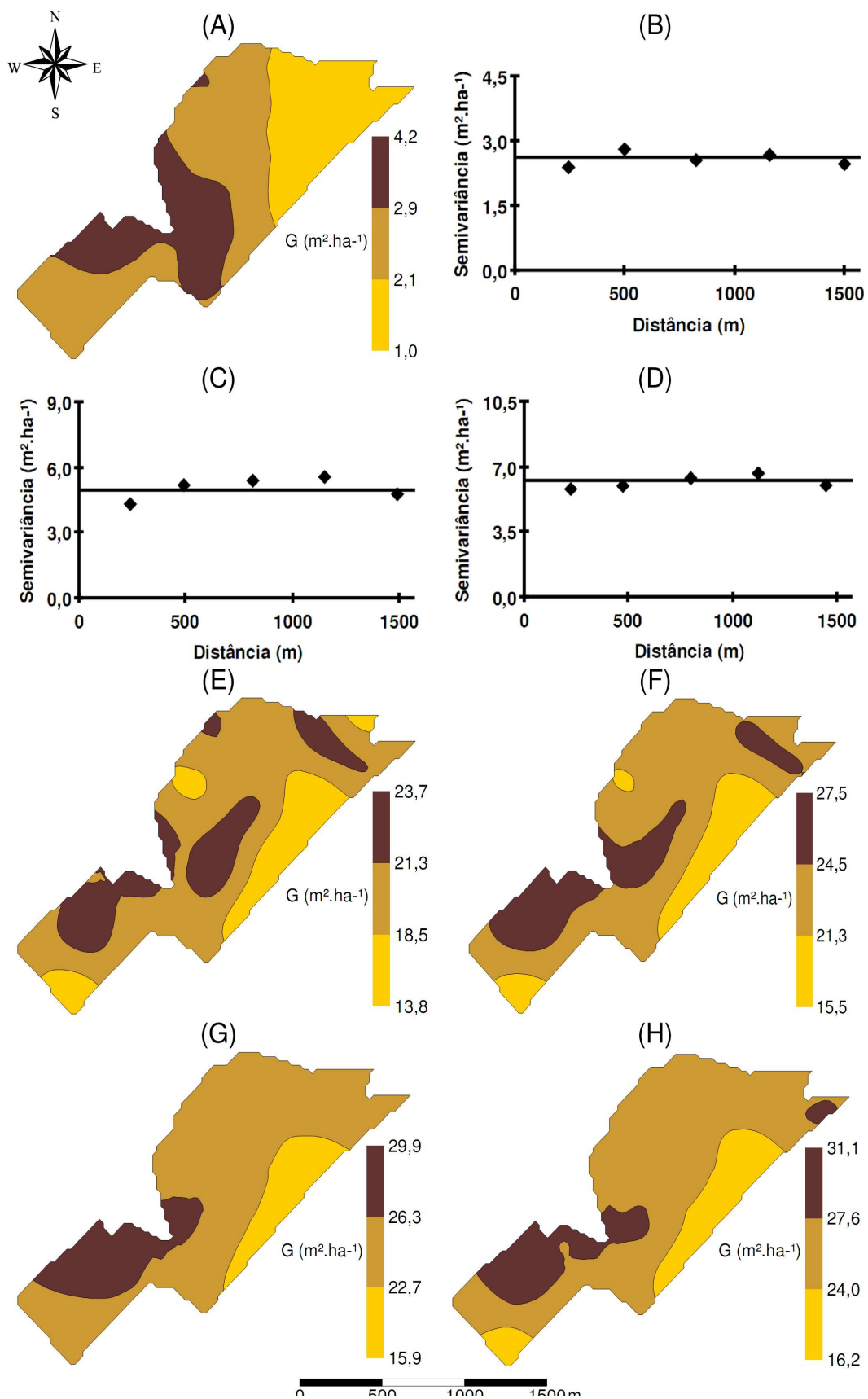


FIGURA 2. Distribuição espacial da área basal do povoamento de teca, de dois a nove anos de idade (A a H), no estado de Mato Grosso.

CONCLUSÃO

A análise geoestatística é uma técnica eficaz e com precisão estatística para a identificação e a determinação do grau de ocupação do terreno florestal e da variabilidade da área basal em povoamentos de teca. É uma ferramenta essencial para a elaboração de mapas e a definição de zonas homogêneas de manejo, visando à adoção de práticas silviculturais de precisão durante o ciclo de produção da cultura.

REFERÊNCIAS

ANDRIOTTI, J. L. S. **Fundamentos de Estatística e Geoestatística**. São Leopoldo: UNISINOS, 2003. 165 p.

ÂNGELO, H.; SILVA, V. S. de M.; SOUZA, Á. N. de; GATTO, A. C. Aspectos financeiros da produção de teca no Estado de Mato Grosso. **Floresta**, v. 39, n. 1, p. 23-32, 2009.

AZEVEDO, E. C. de. **Uso da geoestatística e de recursos de geoprocessamento no diagnóstico da degradação de um solo argiloso sob pastagem no Estado de Mato Grosso**. 2004. 158 f. Dissertação (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

BEDREGAL, M. A. P. **Análise estatística e geoestatística de dados geoquímicos de superfície aplicada a exploração de hidrocarbonetos**. 2008. 156 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

BORSSOI, J. A.; URIBE-OPAZO, M. A.; GALEA, M. Técnicas de diagnóstico de influência local na análise espacial da produtividade da soja. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 2, p. 376-387, 2011.

CALDEIRA, S. F.; OLIVEIRA, D. L. C. Desbaste seletivo em povoamentos de *Tectona grandis* com diferentes idades. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 2, p. 223-228, 2008.

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.

CAMPELLO JÚNIOR, J. H.; PRIANTE FILHO, N.; CASEIRO, F. T. Caracterização macroclimática de Cuiabá. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS SOBRE O MEIO AMBIENTE, 3., Londrina. **Anais...** Londrina: UEL/NEMA, p. 542-552, 1991

CHIG, L. A.; COUTO, E. G.; NOVAES FILHO, J. P.; RODRIGUES, L. C. M.; JOHNSON, M. S.; WEBER, O. L. dos S. Distribuição espacial da granulometria, cor e carbono orgânico do solo ao longo de um transecto em microbacias na Amazônia meridional. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 4, p. 715-722, 2008.

DRESCHER, R.; PELISSARI, A. L.; GAVA, F. H. Fator de forma artificial para povoamentos jovens de *Tectona grandis* em Mato Grosso. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 63, p. 191-197, 2010.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 2. ed, 306p, 2006..

FARACO, M. A.; URIBE-OPAZO, M. A.; SILVA, E. A. A. da; JOHANN, J. A.; BORSSOI, J. A. Seleção de modelos de variabilidade espacial para elaboração de mapas temáticos de atributos físicos do solo e produtividade da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 463-476, 2008.

FIGUEIREDO, E. O.; OLIVEIRA, A. D. de; SCOLFORO, J. R. S. Análise econômica de povoamentos não desbastados de *Tectona grandis* L.f., na microrregião do baixo Rio Acre. **Cerne**, v. 11, n. 4, p. 342-353, 2005.

GOLDEN SOFTWARE. **Surfer: user's guide**. Colorado: Golden Software, 840p, 2010.

GOMES, N. M.; SILVA, A. M. da; MELLO, C. R. de; FARIA, M. A. de; OLIVEIRA, P. M. de. Métodos de ajuste e modelos de semivariograma aplicados ao estudo da variabilidade espacial de atributos físico-hídricos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 435-443, 2007.

GOMES, J. B. V.; BOLFE, E. L.; CURI, N.; FONTES, H. R.; BARRETO, A. C.; VIANA, R. D. Variabilidade espacial de atributos de solos em unidades de manejo em área piloto de produção integrada de coco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2471-2482, 2008.

KANEGAE JUNIOR, H.; MELLO, J. M. de; SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D. de. Avaliação da continuidade espacial de características dendrométricas em diferentes idades de povoamentos clonais de *Eucalyptus* sp. **Revista Árvore**, v. 31, n. 5, p. 859-866, 2007.

MOTOMIYA, A. V. de A.; CORÁ, J. E.; PEREIRA, G. T. Spatial variability of soil properties and cotton yield in the Brazilian Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 10, p. 996-1003, 2011.

NEWBY, J. C.; CRAMB, R. A.; SAKANPHET, S.; McNAMARA, S. Small holder teak and agrarian change in Northern Laos. **Small-scale Forestry**, v. 11, p. 27-46, 2012.

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

PANDEY, D.; BROWN, C. Teak: a global overview. **Unasylva**, v. 51, n. 201, p. 3-13, 2000.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen–Geiger climate classification. **Hydrology Earth System Sciences**, v.11, p.1633–1644, 2007.

PELISSARI, A. L.; CALDEIRA, S. F.; SANTOS, V. S.; SANTOS, J. O. P. Correlação espacial dos atributos químicos do solo com o desenvolvimento da teca em Mato Grosso. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 71, p. 247-256, 2012.

PELISSARI, A. L.; CALDEIRA, S. F.; DRESCHER, R.; SANTOS, V. S. Modelagem geoestatística da dinâmica espacial da altura dominante de *Tectona grandis* L.f. (teca). **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, p. 1249-1260, 2012.

ROBERTSON, G. P. **GS+**: Geostatistics for the Environmental Sciences. Plainwell: Gamma Design Software, 2008. 179 p.

RUFINO, T. M. C.; THIRSCH, C. R.; FERREIRA, S. O.; KANEGAE JUNIOR, H.; FAIS, D. Uso da Geoestatística no estudo da relação entre variáveis dendrométricas de povoamentos de *Eucalyptus* sp. e atributos do solo. **Ambiência**, v. 2, n. 1, p. 83-93, 2006.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 4, n. 1, p. 71-78, 2002.

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