

O USO DA GEOESTATÍSTICA EM PROPRIEDADES DA MADEIRA

Gérson Rodrigues dos SANTOS¹, Isaiás Emílio Paulino do CARMO²,

Marcelo Silva de OLIVEIRA³, Adriana Maria Rocha Trancoso SANTOS⁴

Este trabalho objetivou verificar a viabilidade do uso da Geoestatística no estudo dos padrões de variabilidade das propriedades da madeira (dureza, densidade aparente e umidade) em 4 peças de *Hevea brasiliensis* (seringueira). As dimensões das peças analisadas são de, aproximadamente, 120x12x2,5 cm, sendo que as três primeiras foram retiradas da posição externa e a última da parte interna da tora. As tábuas foram divididas em malhas regulares proporcionais às suas dimensões. A determinação da dureza da madeira foi realizada com base no método de Janka, com a carga sendo aplicada no centro de cada célula. Em seguida, foram produzidos corpos-de-prova de cada célula para a determinação da densidade aparente (12%) e umidade. Os dados obtidos foram submetidos à análise geoestatística, através de semivariogramas, verificação de dependência espacial e krigagem, mapas de isolinhas. As propriedades força e umidade apresentam-se estruturadas espacialmente, sendo o modelo esférico o que melhor se ajustou aos dados, diagnóstico feito pela validação cruzada. Já a densidade aparente não apresentou continuidade espacial.

Palavras-chave: Mapa de isolinhas. Semivariograma. Dependência Espacial. Propriedades da Seringueira. Geoestatística.

¹Doutorando em Estatística e Experimentação Agropecuária – DEX/UFLA - prof.gersonrodrigues@gmail.com

²Engenheiro florestal pela Universidade Federal de Lavras – isaiaspaulino@gmail.com

³Professor do Depto. de Ciências Exatas da Universidade Federal de Lavras – marcelo.oliveira@dex.ufla.br

⁴Professor das Faculdades Integradas Adventistas de Minas Gerais – adrianatrancoso@hotmail.com

1 - INTRODUÇÃO

A estatística clássica é tradicionalmente usada na área florestal, em especial na tecnologia da madeira. Dessa forma supõe-se que as realizações das variáveis aleatórias são independentes entre si. Contudo, são vários os fenômenos que apresentam dependência espacial, ainda que em um baixo grau (Ushizima et al., 2008).

Segundo Mello et al. (2005), a estatística clássica é usada muitas vezes desconsiderando as possíveis correlações entre amostras vizinhas, não explorando assim, de forma satisfatória, as relações que possam existir entre as unidades amostrais.

Além disso, o teste de normalidade dos dados como rotineiramente é realizado não garante a independência entre as amostras, podendo ser verificado através da autocorrelação.

A geoestatística baseia-se na teoria das variáveis regionalizadas, criada por Matheron (1963), que pode ser definida como uma função espacial numérica, que varia de um local para outro, com uma continuidade aparente. E essa continuidade é estimada através do semivariograma (Vieira, 2000).

Os semivariogramas expressam o comportamento espacial da variável regionalizada ou de seus resíduos, mostram o tamanho da zona de influência em torno de uma amostra, a variação nas diferentes direções do plano estudado e a continuidade da característica estudada no mesmo (Landim, 1998; Zimback, 2003).

Depois de verificada a dependência das amostras, pode-se utilizar a krigagem. Esta consiste em um método de interpolação que usa a dependência espacial entre as amostras vizinhas, para estimar valores em qualquer posição dentro do campo experimental, sem tendência e com variância mínima (Vieira, 2000).

A geoestatística, na área das ciências florestais, é pouco explorada, podendo-se citar apenas alguns autores, Mello et. al (2005), Ushizima et. al (2008), Lima et. al (2006).

A madeira é considerada um material heterogêneo, apresentando variações de natureza química, física e anatômicas. As propriedades da madeira podem variar na direção longitudinal, base-topo, e radial, medula-casca.

Dessa forma, objetivou-se verificar a viabilidade do uso da geoestatística no estudo dos padrões de variabilidade das propriedades: dureza, densidade aparente e umidade em 4 peças de *Hevea brasiliensis* (seringueira).

2 - MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho foram utilizadas três árvores de um clone de seringueira (*H. brasiliensis*), com onze anos de idade, de um plantio experimental, localizadas no Setor de Fisiologia Vegetal do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras - MG. As árvores foram selecionadas entre as eretas, sadias, sem bifurcação e que possuíam diâmetro à altura do peito (DAP, 1,3 m) próximo de 30 cm. Depois da árvore derrubada, foi retirada uma tora da base com 2,00 metros de comprimento, medidos a partir da base da árvore. Nos toretes, foram anotados o número seqüencial que representava as árvores amostradas. As toras foram transportadas para a Unidade Experimental de Desdobro e Secagem da Madeira pertencente ao Laboratório de Tecnologia da Madeira, na UFLA, onde as mesmas foram desdobradas. Foi retirada uma tábua tangencial de cada árvore na posição intermediária do raio.

As tábuas foram acondicionadas na sala de climatização com temperatura de 20 ± 2 °C e umidade relativa de 65 ± 5 %, por 65 dias, atingindo massa constante.

As dimensões das peças analisadas estão em torno de 120x12x2,5 cm, com umidade em torno de 12%. As mesmas foram divididas em malhas regulares proporcionais as suas dimensões, gerando os seguintes grides: A (87 células); B (102 células); C (102 células); D (117 células).

Essas células foram alocadas inclusive em partes defeituosas das peças, como nós. Objetivando assim, captar toda a variabilidade, quanto às propriedades estudadas.

O ensaio mecânico de dureza Janka (que consiste em medir o esforço necessário para introduzir na madeira uma semi-esfera de aço de 1 cm² de seção diametral até uma profundidade igual ao seu raio no tempo de carga em torno de 1 minuto) foi realizado conforme a norma ABNT NBR 07190 (1997) (Figura 1).

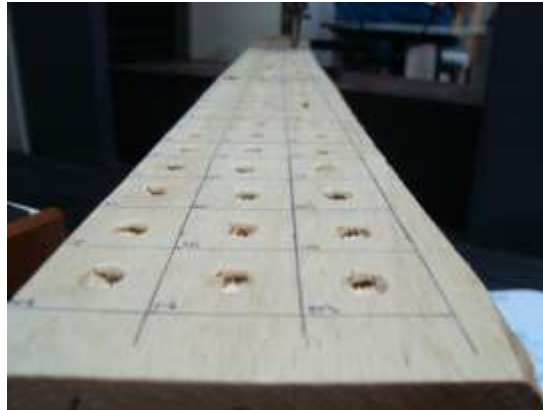


Figura 1. Ensaio de dureza janka na tábua A.

Em seguida, as tábuas foram levadas para o Laboratório de Usinagem pertencente ao Laboratório de Tecnologia da Madeira (UFLA), onde foram produzidos corpos-de-prova com dimensões em torno de 3,0 x 2,5 x 3,5 cm (largura, espessura e altura) para a determinação da densidade aparente.

A geoestatística foi utilizada para estimar a variabilidade espacial das propriedades, dureza, densidade aparente e umidade ao longo das peças de madeira. Para tal, estimou-se o grau de dependência espacial das variáveis através de semivariogramas (Journel, 1989) (Figura 4). As semivariâncias foram estimadas por

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

em que:

$\hat{\gamma}(h)$ é o estimador da semivariância populacional entre pares de pontos;
 $Z(s+h)$ e $Z(s)$ são valores medidos em locais afastados entre si pela distância h ;
 $N(h)$ é o número de pares de pontos separados pela mesma distância h .

Na construção dos semivariogramas experimentais de densidade os valores foram multiplicados por 10000 para melhorar as estimativas.

Foram ajustados modelos que apresentaram melhor desempenho para cada tábua e propriedade, variando esses entre esférico, exponencial e gaussiano. Após o ajuste procedeu-se à interpolação dos dados por meio da Krigagem, gerando mapas que apresentam o comportamento espacial dessas propriedades nas peças de *H. brasiliensis*.

Para as análises geoestatísticas foi utilizado o Programa R (R Development Core Team, 2009), através do pacote geOR (Ribeiro Júnior & Diggle, 2001).

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise geoestatística das tábuas apresentou as seguintes krigagens:

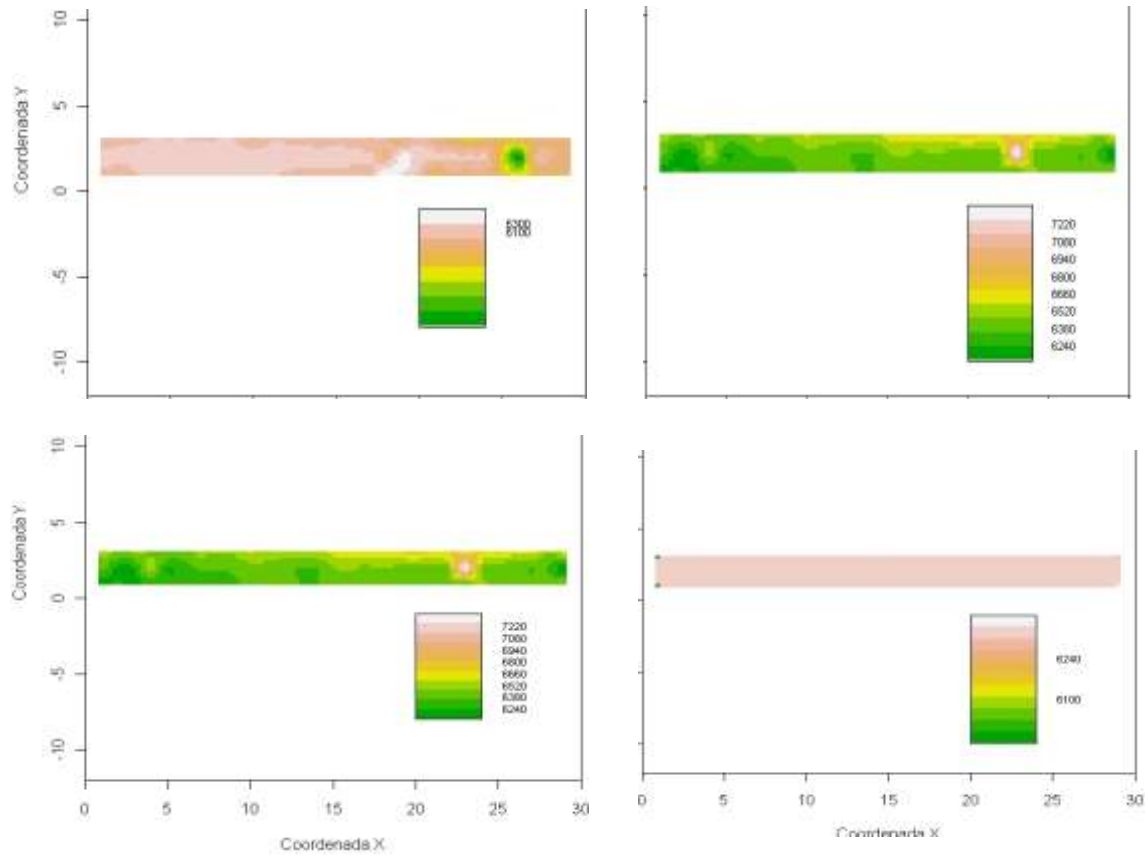
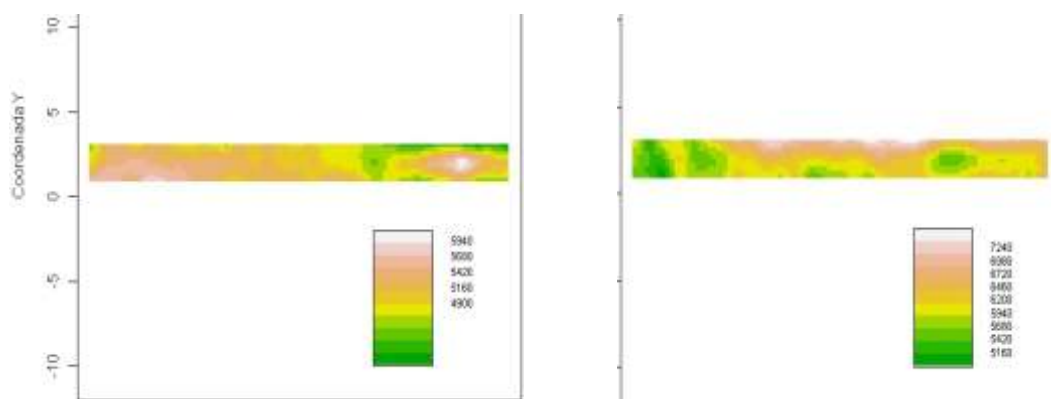


Figura 2. Krigagens para as 4 peças de seringueira para a propriedade densidade aparente.



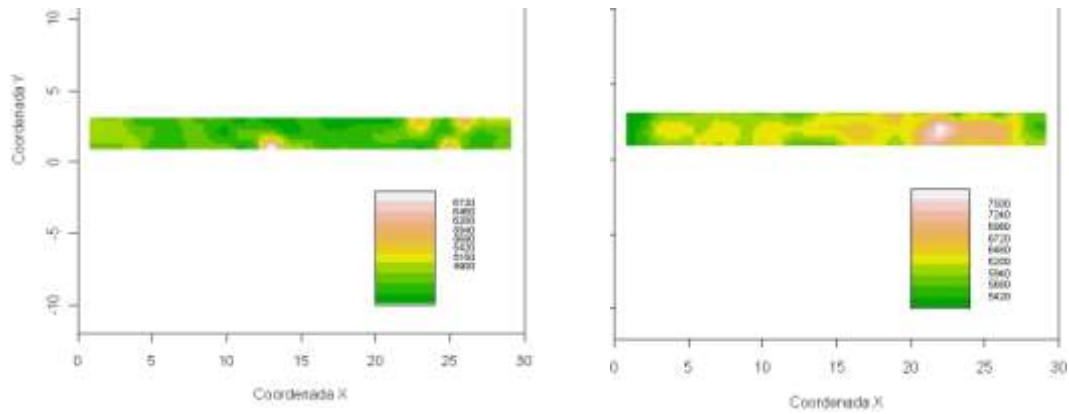


Figura 3. Krigagens para as 4 peças de seringueira para a propriedade força.

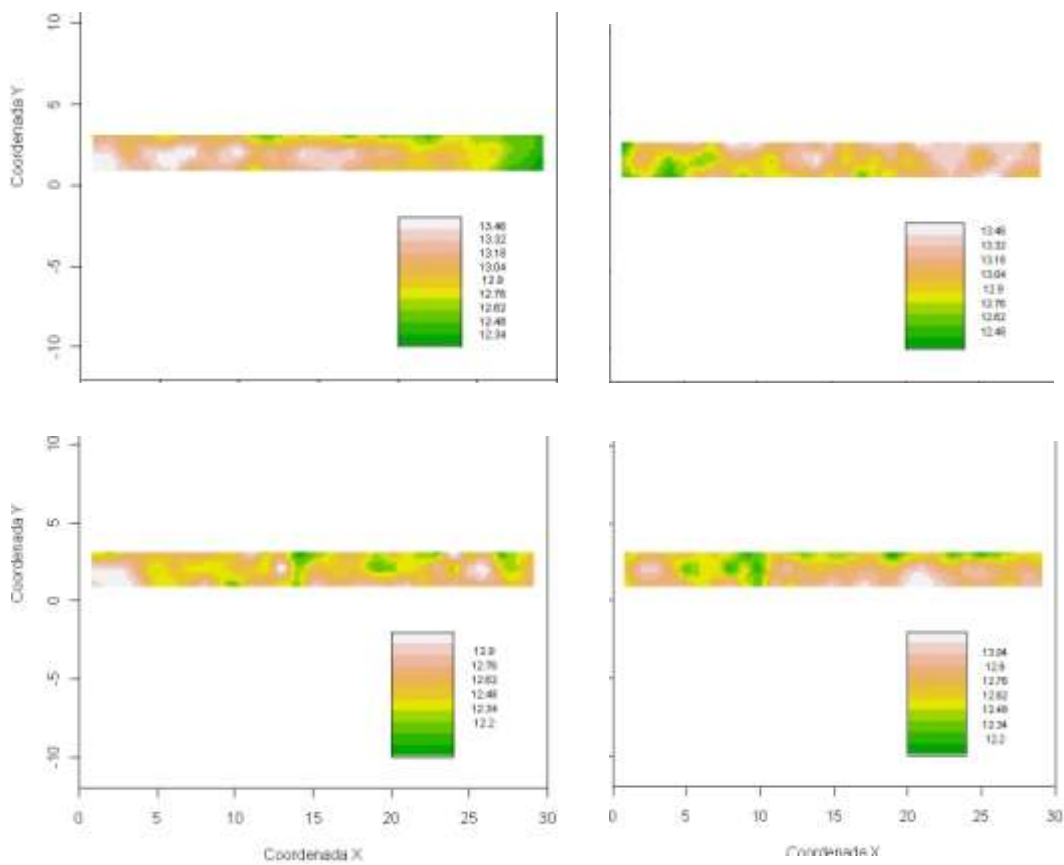


Figura 4. Krigagens para as 4 peças de seringueira para a propriedade umidade.

Os resultados evidenciaram a possibilidade da utilização da krigagem para as propriedades analisadas.

4- CONCLUSÃO

As propriedades força e umidade apresentam-se estruturadas espacialmente, sendo o modelo esférico o que melhor se ajusta aos dados. Já na densidade aparente não foi detectada continuidade espacial para os dados atuais.

Assim a geoestatística apresenta-se como uma ferramenta útil no estudo da variabilidade de propriedades da madeira.

5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ISAAKS, E.H.; SRIVASTAVA, R.M. **An introduction to applied geostatistics**. New York: Oxford University Press, 1989. 561p.
- JOURNEL, A.G. **Fundamentals of geostatistics in five lessons**. Washington: American Geophysical Union, 1989. 40 p.
- LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. São Paulo, Ed. UNESP, 1998. 226p.
- Lima, J. S. de S.; Silva, J. T. °; Oliveira, R. B.; Almeida, V. S.; Vanzo, F. L. Estudo da viabilidade de métodos geoestatísticos na mensuração da variabilidade espacial da dureza da madeira de paraju (*Manilkara* sp). **Rev. Árvore** vol.30 no.4 Viçosa July/Aug. 2006.
- Melo, J. E.; Coradin, V. T. R.; Mendes, J. C. Classes de densidade para madeiras da amazônia brasileira. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, Campos do Jordão, 1990. **Anais**. São Paulo: Sociedade brasileira de silvicultura, 1990. p 695-699.
- MELLO, J. M. et al. Estudo da dependência espacial de características dendrométricas para *Eucalyptus grandis*. **CERNE**, v.11, n.2, p.113-126, 2005.
- RIBEIRO JUNIOR, P.J. & DIGGLE, P.J. GeoR: a package for geo-statistical analysis. R-News, 1:15-18, 2001. Disponível em: <<http://cran.r-project.org/doc/Rnews>>. Acesso em: Fev. 2010
- Santana, M. A E. ; Eiras, K. M. M.; Pastore, T. C. M.; Avaliação da madeira de 4 clones de *Hevea brasiliensis* por meio de sua caracterização físico-mecânica. **Brasil Florestal**, Nº 70, Junho de 2001.
- Ushizima, T. M., Bernardi, J. V. E. & Landim, P. M. B. Estudo da distribuição espacial do angico (*adenanthera peregrina*) na floresta estadual "edmundo navarro de andrade", Rio Claro-SP, Brasil, empregando metodologia geoestatística. **HOLOS ENVIRONMENT**, v.3 n.1, 2003 - p. 59 – 73.
- VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In:... **Tópicos em Ciência do Solo I**. Viçosa, MG. : Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2000. 352p.
- ZIMBACK, C.R.L. **Geoestatística**. Botucatu: FCA – UNESP, 2003. 25p. Apostila.