

VARIAÇÃO ESPACIAL DO VOLUME DE MADEIRA EM UM POVOAMENTO DE EUCALIPTO

Anne Laura da Silva ¹, Gustavo Eduardo Marcatti ¹, Irene Maria Barcelos Barbosa ¹ e Lucas de Souza Segato ¹

¹ Universidade Federal de São João del-Rei – UFSJ/CSL, Rodovia MG 424 – Km 47, annelsilva11@gmail.com, segato.engflo@gmail.com, barbosa.irenemb@gmail.com e gustavomarcatti@ufs.edu.br.

RESUMO

A obtenção de dados de inventário florestal é uma etapa intrínseca do processo de manejo de uma unidade produtiva. Devido ao intenso uso do inventário florestal para estimação do volume de madeira, melhorias podem ser aplicadas quanto a sua análise, principalmente espacializando estes dados, fornecendo uma ferramenta mais precisa na tomada de decisão. O objetivo deste trabalho consistiu em estimar a variação espacial do volume de madeira em povoamentos florestais do gênero *Eucalyptus* no sudeste da Bahia. Através de uma base de dados provenientes de inventário florestal convencional e uso do software ArcGIS, encontrou-se uma variação de 160 m³ ha⁻¹ entre os valores mínimos e máximos existentes na população de *Eucalyptus* sp.. Esse procedimento demonstra grande potencial, principalmente no planejamento de atividades que dependem de dados de inventário florestal, porém, gera um custo maior a empresa, uma vez que é necessária mão de obra mais especializada para realização deste procedimento.

Palavras-chave — krigagem, SIG, espacialização, precisão, refinamento.

ABSTRACT

Obtaining forest inventory data is an intrinsic step in the process of managing a productive unit. Due to the intense use of forest inventory to estimate the volume of timber, improvements can be applied to its analysis, mainly by spatializing this data, providing a more accurate tool in decision making. The objective of this work was to estimate the spatial variation of wood volume in forest stands of the genus *Eucalyptus* in southeastern Bahia. Through a database from conventional forest inventory and use of ArcGIS software, a variation of 160 m³ ha⁻¹ was found between the minimum and maximum values in the population of *Eucalyptus* sp.. This procedure shows great potential, especially in the planning of activities that depend on forest inventory data, however, generates a higher cost to the company, since more specialized labor is required to carry out this procedure.

Key words — kriging, GIS, spatialization, precision, refinement.

1. INTRODUÇÃO

O inventário florestal é um procedimento muito utilizado no setor florestal que consiste em obter informações sobre a qualidade e quantidade dos recursos florestais em determinada área, comumente denominada talhão. É adotado também para caracterização das áreas sobre as quais as árvores estão se desenvolvendo [1]. As informações necessárias para serem apresentadas no inventário florestal podem incluir estimativa da área estudada, descrição da topografia, mapeamento da propriedade, descrição de estradas e estimativas de volume da floresta.

A principal fase de elaboração do inventário florestal é o planejamento, o qual define a precisão requerida pelo inventário, o tipo de amostragem, mapas e custos do procedimento. Nos inventários convencionais são adotados estimadores da estatística convencional, a qual necessita da normalidade e independência espacial entre os dados, e, pressupõe que os pontos de observação são independentes, o que na maioria dos casos, não acontece envolvendo estudos de ciências da terra [2].

A geoestatística é um ramo da estatística que utiliza conceito de variáveis regionalizadas na avaliação de variabilidade espacial. Não se limita apenas em obter um modelo de dependência espacial, pretende também estimar valores de pontos nos locais onde não foram coletados [3].

Destaca-se os passos de cálculo da semivariância, construção e ajuste do semivariograma e a interpolação de pontos. Essa interpolação pode ser realizada por meio de diversos procedimentos, como por exemplo o inverso da distância ponderada (IDW), krigagem e funções splines. Para estimar esses valores para toda a área, comumente se usa o método de interpolação por krigagem, que consiste em ponderar os vizinhos mais próximos do ponto a ser estimado [4].

Para esse processo, faz-se necessário que alguns critérios sejam obedecidos, procurando atender ao método e diminuir a quantidade de erros associados ao processo, sendo eles a não tendenciosidade, que significa que em média a diferença entre valores estimados e observados para o mesmo ponto dever ser nula e ter mínima variância, ou seja, que os

estimadores possuam a menor variância dentre todos os estimadores não tendenciosos. A geoestatística requer a autocorrelação espacial entre os dados e que os mesmos não são fatores independentes. Com a análise geoestatística é possível organizar os dados disponíveis espacialmente de acordo com a semelhança entre vizinhos georreferenciados [5].

Com isso, o objetivo deste trabalho foi estimar a variação espacial do volume de madeira em um povoamento de eucalipto, de modo a converter informações pontuais em informações contínuas, em nível de pixel.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Utilizou-se, para o estudo, um banco de dados composto por parcelas temporárias e permanentes, provenientes de um povoamento florestal no município de Alagoinhas, localizado na região sudeste da Bahia.

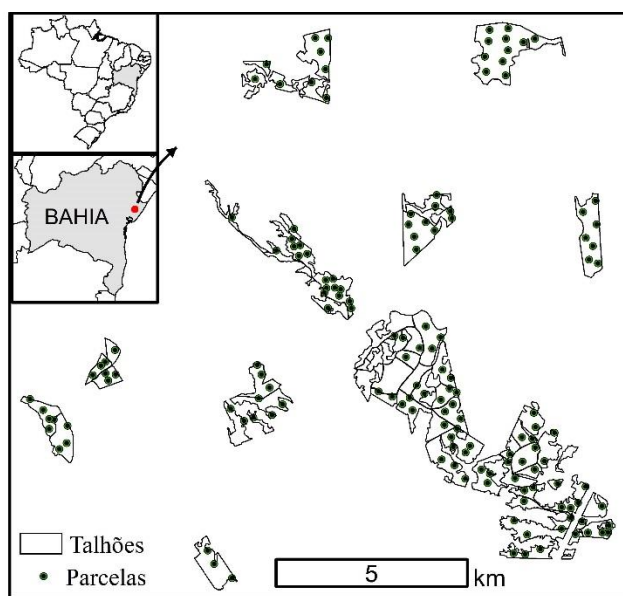


Figura 1. Demarcação de talhões e parcelas adotados para estudo.

A área de estudo abrangeu um total de 2.737 hectares, na qual foram mensuradas 150 unidades de amostra com aproximadamente 5 anos de idade. Cada uma dessas unidades de amostra apresentou área de aproximadamente de 625 m², na qual foram estimadas a altura dominante (m), consistindo em calcular a média das alturas das 100 árvores de maior diâmetro a altura do peito (DAP), em um hectare. Foram estimados também o volume total com casca (m³) e a área basal dos indivíduos (m²).

A primeira etapa do processamento dos dados se deu pela obtenção de um semivariograma, que expressa a dependência espacial entre as parcelas do inventário florestal para uma variável, no presente estudo.

Em sequência, foi realizada a interpolação entre os pontos amostrais, para que a informação de volume estivesse presente em todos os locais da feição, e, para tal processo,

utilizou-se o procedimento de krigagem. De acordo com [5], a krigagem consiste em um interpolador espacial, que prevê valores para pontos não amostrados. Dentre as possíveis variações da krigagem, foi adotada a ordinária, possibilitando a estimação do erro associado para cada ponto interpolado, assim chamada variância da krigagem.

3. RESULTADOS

A realização de uma equação (Equação 1) foi necessária para a elaboração das feições espaciais e validação dos dados, buscando verificar a eficiência deste procedimento. Seu ajuste baseou-se em uma regressão linear, em que seu coeficiente de correlação atingiu 0,9757, indicando que os resultados gerados foram explicados pela equação ajustada. Além do alto coeficiente de correlação, o erro padrão da estimativa alcançou 22,10%.

$$V = 0,8066639 \cdot x + 29,307 \text{ (eq.1),}$$

em que:

V = Volume por píxel (m³);

x = Volume por ponto (m³).

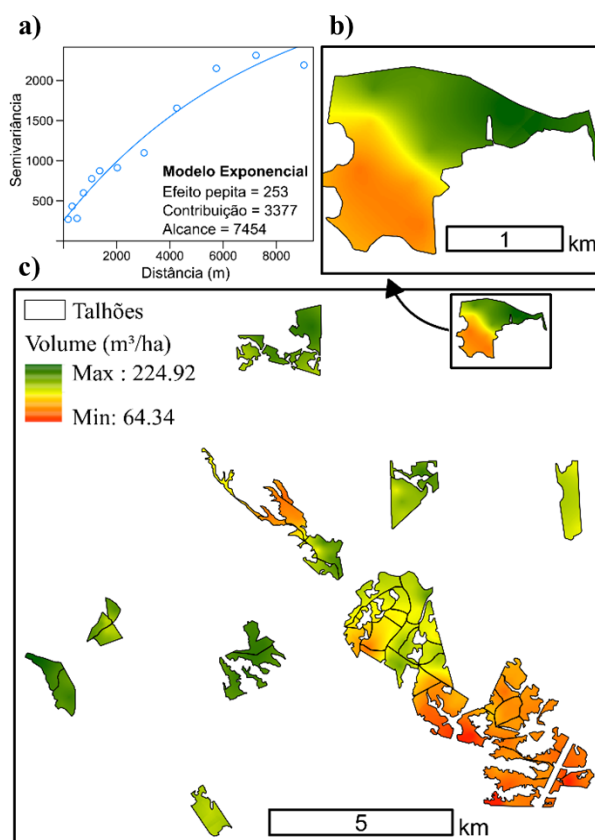


Figura 2. a) Semivariograma da espacialização dos pontos amostrais; b) Ampliação de um talhão para destacar a variação espacial de madeira; c) Variação espacial do volume de madeira para toda a área de estudo.

A partir da análise dos dados, gerou-se um semivariograma (Figura 2a), através do qual (experimental e teórico), foi possível verificar alta correlação espacial para volume, entre as parcelas do inventário florestal. Uma feição espacial, contendo os dados de volume interpolados, também foi gerada (Figura 2c). Foi feita uma ampliação em um talhão para destacar a elevada variação espacial até mesmo em um único talhão florestal (Figura 2b).

4. DISCUSSÃO

Por meio da feição espacial, representada na Figura 2c, pôde ser observada uma variação de $160 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ entre os valores mínimos e máximos existentes no povoamento de eucalipto. Em certos locais, como indicado na Figura 2b, a variação do volume foi muito alta para um mesmo talhão, indicando que esse plantio, embora tratado como homogêneo, apresenta características heterogêneas, indicando possível adoção da sua subdivisão, de acordo com suas classes produtivas, no intuito de receberem tratos silviculturais diferentes, atendendo as suas demandas. Esse resultado pode ser utilizado para o planejamento do inventário para o próximo ciclo da cultura, além disso, pode ser útil para formulação de planos amostrais para construção de mapas de fertilidade do solo, permitindo formular doses de adubação adequadas para cada local, e assim possibilitar o aumento da produtividade e redução de custos.

Além disso, a grande variação de volume de madeira dentro de um talhão pode ser prejudicial para a execução de certas atividades, como a colheita por exemplo. Os resultados gerados são úteis também para o planejamento da colheita, na definição de metas, uma vez que a produtividade e o custo da colheita, especificamente a operação de corte e escolha do maquinário, são influenciados pela produção de madeira do local [6].

Embora os procedimentos de geoestatística sejam amplamente utilizados para reduzir o número de unidades amostrais, em algumas situações é necessário aumentar a intensidade amostral em relação ao procedimento convencional, para ser possível detectar a estrutura de dependência espacial do fenômeno, se tornando uma atividade mais onerosa que a convencional [7]. Sendo assim, se a estimativa de produção de madeira, em um nível refinado (informação contínua em nível de pixel), não tiver utilizada para a empresa, pode ser que esse procedimento se torne inviável, uma vez que aumenta a complexidade da atividade, demandando mão-de-obra mais qualificada.

5. CONCLUSÕES

A estimação da variação espacial de volume de madeira em um povoamento de eucalipto demonstra grande potencial de utilidade para o planejamento florestal, podendo ser importante na elaboração de mapas e planejamentos de adubação, plantio de mudas, e sobretudo na colheita, que é

responsável por uma importante parcela no custo produtivo de madeira. Além disso, procedimentos de espacialização, tal como os alicerçados em geoestatística são capazes de reduzir o erro de amostragem, mas para isso é necessário que os dados apresentem autocorrelação espacial. Caso não seja necessária a obtenção de tais atributos, em um nível de detalhe tão refinado, se torna oneroso realizar esse tipo de procedimento, pois demanda mão de obra qualificada e consequentemente mais custo para a empresa.

6. REFERÊNCIAS

- [1] Husch, B.; Miller, C. I.; Kershaw, J., "Forest mensuration." John Wiley e Sons, Nova Jersey, v.4, p.443, 2003.
- [2] Lima, J. S. S. et al. "Distribuição espacial das frações granulométricas argila e areia total em um latossolo vermelho-amarelo.", Revista Árvore, Viçosa-MG, v.38, n.3, p.513-521, 2014.
- [3] Srivastava, R. M., "Describing spatial variability using geostatistics analysis." In: Srivastava, R. M.; Rouhani S.; Cromer, M. V.; Johnson, A. I.; Desbarats, A. J. "Geostatistics for environmental and geotechnical applications." West Conshohocken: ASTM, p. 13-19, 1996.
- [4] Goovaerts, P., "Geostatistics for natural resources evaluation." Oxford University Press, Nova York, p.476, 1997.
- [5] Krige, D. G., "A statistical approach to some basic mine evaluation problems on the witwatersrand." Journal of the Chemical, Metallurgical and Mining Society of South Africa, v.52, p.151-163, 1951.
- [6] Carmo, F. C. A. et al. "Otimização do uso do trator florestal Forwarder em função da produtividade, custos e capacidade de carga.", Revista Árvore, Viçosa-MG, v.39, n.3, p.561-566, 2015.
- [7] Mello, J. M. et al. "Estudo da dependência espacial de características dendrométricas para *Eucalyptus grandis*." Revista Cerne, Lavras, v.11, n.2, p.113-126, 2005.