



Palestra 20

Importância do conhecimento do meio físico em Redes de Monitoramento de Parcelas Permanentes do Setor Florestal

Itamar Antonio Bognola⁽¹⁾; Antonio Rioyei Higa⁽²⁾; Osmir Lavoranti⁽³⁾; Renato Antonio Dedecek⁽⁴⁾; Christel Lingnau⁽⁵⁾; Rosana Clara V. Higa⁽⁶⁾; Lorena Stolle⁽⁷⁾

(1) Eng^o Agr^o, DSc., Embrapa Florestas – iabog@cnpf.embrapa.br; (2) Eng^o Florestal, DSc., Professor UFPR – higa@ufpr.br; (3) Eng^o Agr^o, DSc., Estatístico, Embrapa Florestas – osmir@cnpf.embrapa.br; (4) Eng^o Agr^o, PhD., Embrapa Florestas – dedeck@cnpf.embrapa.br; (5) Eng^o Florestal, DSc., Professora UFPR – lingnau@ufpr.br; (6) Eng^o Florestal, DSc., Embrapa Florestas – rhiga@cnpf.embrapa.br; (7) Eng^o Florestal, MSc., Autônoma – lorenastolle@yahoo.com.br.

A Região Sul do Brasil apresenta um quadro ecológico de nítidos e variados contrastes fisiográficos, constituindo-se num mosaico de ambientes com diferenciações de clima, solos, vegetação natural e usos. No entanto, há poucos trabalhos sobre a avaliação da qualidade do ambiente de forma integrada, fundamentais na formulação de propostas de manejos florestais mais adequados para o planejamento de uso sustentado das terras, e nas predições sobre o potencial produtivo de uma dada espécie em determinado local.

Uma característica marcante em área reflorestada é a sua aparente homogeneidade, contudo, é freqüente a observação de variações significativas ao longo do plantio. Estas variações podem ser devido a vários fatores, dentre eles: solo, topografia, variações na prática silvicultural de plantio e outros (MELLO, 2004). O conhecimento dessas variações é importante para o inventário e o manejo florestal. A dinâmica de vida das florestas sofre mudanças rapidamente devido a fatores que mudam constantemente no espaço e no tempo. Toda esta dinâmica deve ser acompanhada por meio de técnicas de amostragem que sejam eficientes na representação do estado atual e temporal da floresta, a fim de gerar informações precisas e com menor custo possível, para subsidiar as ações de manejo e planejamento florestal.

Com relação ao meio abiótico é de grande importância para o manejo e planejamento florestal estimar e inventariar a capacidade produtiva do sítio e ou unidade de manejo, razão pela qual é recomendável a existência de métodos alternativos para classificar e mapear os sítios. A expressão sítio é utilizada para designar uma unidade de área indivisível em termos de produtividade florestal, sendo reflexo, em última análise, da interação de todas as variáveis biológicas e ambientais (pedológicas, topográficas e climáticas) que afetam o crescimento (GONÇALVES, 1988). Com essa divisão, têm-se condições de melhorar o preparo das áreas de plantio, otimizar o planejamento e executar as atividades florestais, reduzindo os impactos sobre o meio ambiente.

Países como Austrália, Estados Unidos, França e Holanda, dentre outros, têm mudado a abordagem tradicional de estudo dos recursos naturais, adotando modelos quantitativos, técnicas de predição espacial, determinação de precisão e de incertezas de atributos e integração de dados em sistema de informações geográficas (SIG). Conforme destaca Barbosa (1997), uma das características importantes dos SIG é representar a informação espacial numericamente modelando-a por estatística espacial (geoestatística).





A modelagem geoespacial permite a descrição quantitativa da variabilidade espacial dos atributos do solo e a estimativa não tendenciosa da variância mínima de valores desses atributos em locais não amostrados. Acessar essa variabilidade faz da geoestatística uma eficiente ferramenta de suporte a decisão no manejo de solo e água das espécies florestais. As intervenções para corrigir variações indesejáveis da oferta de nutrientes e água passam a ser balizadas por mapas de isovalores das variáveis de interesse (BOLFE e GOMES, 2006). Desta forma, os SIG integram as técnicas de geoestatística possibilitando os procedimentos de análise, integração e combinação flexível dos dados do meio físico com os de inventário florestal, contribuindo com uma mais valia para as empresas do ramo florestal (MELLO et al., 2006).

Desta forma, foram coletados dados em parcelas de inventário florestal contínuo (PIFC's), com área de 500 m² e espaçamento entre árvores de 2,80 x 2,80 m. As medidas de crescimento de *P. taeda* constam de cinco idades diferentes (11 a 15 anos), obtidas junto ao Setor de Inventário da Battistella Florestal, em função de variáveis do tipo de solo e de sua caracterização física, físico-hídrica e química, através de coletas deformadas e não deformadas de amostras nas profundidades de 0–20 cm e 30–50 cm para todas as parcelas de inventário estudadas; além da caracterização do espaço físico quanto aos aspectos de relevo, geologia e fisiografia. As variáveis foram estabelecidas a partir do levantamento de solos detalhados de três áreas-pilotos, além das avaliações químicas, físicas, físico-hídricas e morfológicas de perfis de solos, utilizando-se duas profundidades de coletas comuns (0-20 e 30-50 cm). A variável utilizada para caracterizar a qualidade do sítio de cada povoamento foi o Índice de Sítio (IS) dado pela altura dominante (HDOM) aos 15 anos de idade. Como as idades de medições dos povoamentos variaram de 11 a 15 anos, todas as alturas dominantes foram projetadas para 15 anos de idade através da equação disponível do software "SISPINUS" (OLIVEIRA, 1995), dada por:

$$IS = HDOM \times e^{4,6433 \{[(1/I)^{0,56}] - 0,2195\}}$$

Note-se que para os povoamentos que possuíam medições em mais de uma idade, apenas a idade mais avançada foi utilizada nos cálculos. As análises estatísticas foram realizadas através do sistema estatístico SAS[®] *Statistical Analysis System* (SAS Institute Inc., 1993), licenciado para a Embrapa Florestas.

Quanto às análises geoestatísticas, a idéia central foi o de se obter mapas que espacializassem o comportamento de uma variável de interesse, através de predições em locais não amostrados. A estimativa da variável de interesse, neste caso, foi a do Índice de Sítio (IS) para *P. taeda*, a partir de variáveis suportes feita pelo método da co-krigagem multivariada onde se procurou selecionar as variáveis explicativas que se destacaram nas análises estatísticas multivariadas obtidas pelas Análises de Componentes Principais e de Fatores utilizando-se para isto, o método de interpolação de dados por co-krigagem ordinária multivariada, sendo que, neste caso, a análise exploratória de dados e a cartografia elaborada foram realizadas no software SIG – ArcView 9.1 com as extensões *Geostatistical* e *Spatial Analyst*.

Nesse contexto, a Tabela 1 mostra os componentes principais obtidos com seus autovalores que apresentaram percentuais de variância de 8,13% a 43,92%. Somente os cinco primeiros componentes apresentaram autovalores superiores a 1 e, ao mesmo tempo, ajudaram a explicar 90% da variância total. No entanto, pela limitação do uso de apenas três variáveis ou grupo de componentes principais do software ArcGis 9.1, para o método da co-krigagem multivariada, tem-se 72% de percentual da variância total acumulada associada até o terceiro componente principal (CP1 a CP3), o que mostra uma tendência de estimativa promissora, via co-krigagem multivariada, do IS₁₅ nos locais não amostrados.





TABELA 1 - Autovalores (λ) de cinco componentes principais (CP) extraídas da matriz de correlação das variáveis explicativas (independentes) obtidas da análise de regressão linear múltipla, percentuais das variâncias associadas do primeiro ao quinto componente principal, e percentuais das variâncias acumuladas.

CP	Autovalores (λ)	% Variância da CP	% Var. Acumulada
1	5,7090	43,92	43,92
2	2,2998	17,69	61,61
3	1,3775	10,60	72,21
4	1,1915	9,17	81,38
5	1,0566	8,13	89,51

Para tanto, foi aplicado o método da co-krigagem ordinária multivariada, pelo software ArcGis 9.1 – módulo geoestatística, tendo como variável principal o IS_15 e como variáveis secundárias, os três componentes principais (CP1 à CP3). Para o método aplicado, o modelo exponencial foi o que melhor se ajustou ao semivariograma experimental. Os ajustes dos parâmetros estão apresentados na Tabela 2. Para verificar o grau de dependência espacial, entre as características, utilizou-se da relação entre a variação estruturada e o patamar (DE%). Essa relação foi relatada em trabalhos desenvolvidos por Biondi et al. (1994) e também por Mello (2004).

Ainda pela Tabela 2, verificou-se que o Índice de Sítio (IS_15) em função dos componentes principais “CP1”, “CP2” e “CP3”, apresentou uma forte dependência espacial (DE%), com percentual da ordem de 80%. Na classificação de Cambardella et al. (1994), que trabalharam com atributos do solo, quando a relação for maior ou igual a 75%, diz-se que há uma forte dependência espacial.

Isto mostra que houve uma ótima estimativa, nos locais não amostrados, do IS_15 com o modelo exponencial. O fato do IS_15 ter apresentado forte correlação espacial é um ótimo indicativo do potencial da técnica de co-krigagem ordinária multivariada na definição das unidades de manejo para *P. taeda* (UM's). O raio de alcance por volta de 3.600 m, apresentado nesta Tabela 2 (a qual mostra o diâmetro em torno de 7.112 m), é chamado de alcance teórico, uma vez que este parâmetro no modelo exponencial é considerado infinito (JOURNEL e HUIJBREGTS, 1978).

Desta forma, com os resultados alcançados do modelo exponencial, foi possível obter uma malha de pontos interpolados que permitiu visualizar o comportamento do IS_15, estimado via componentes principais, por meio de isolinhas ou contorno e ou superfícies contínuas, recursos importantes para se definir a espacialização de quatro unidades de manejo (UM's) diferenciadas para o *P. taeda* (Figura 1). A Figura 2 permite verificar o grau da relação entre os dados dos IS_15 - determinada via equação do SISPINUS (OLIVEIRA, 1995) -, com o mapa das UM's para o *P. taeda* obtido através do modelo exponencial geoestatístico.

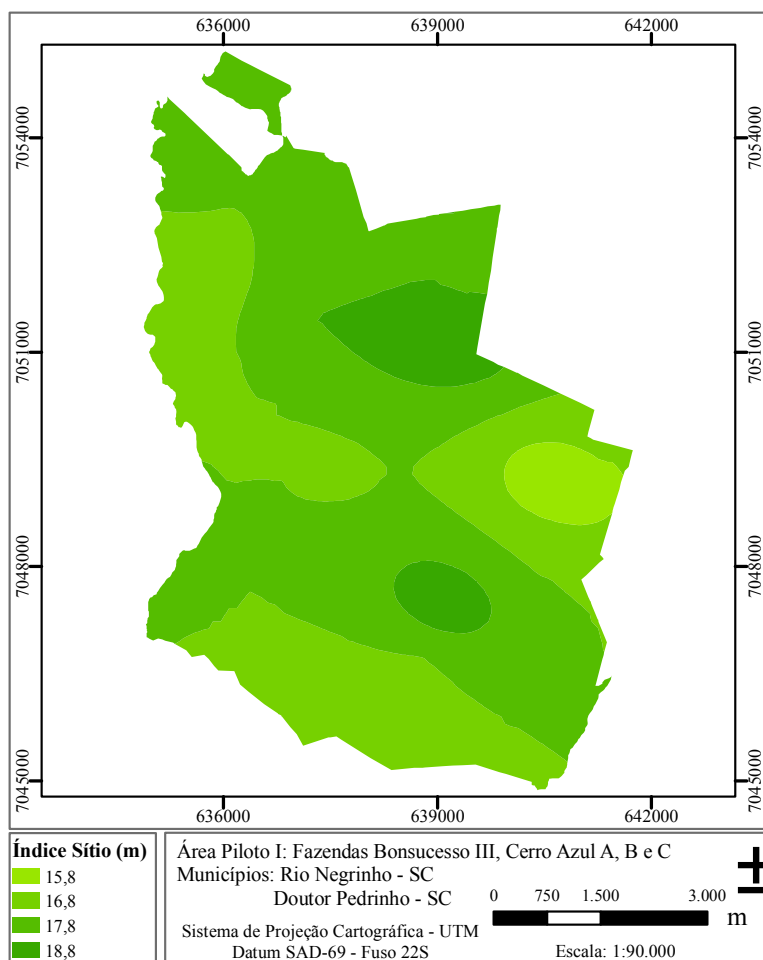




TABELA 2 - Estimativa dos parâmetros “efeito pepita (τ^2), variação estruturada (σ^2), patamar ($\tau^2 + \sigma^2$), alcance (ϕ) e relação variação estruturada/patamar (DE%) do modelo exponencial ajustado à estrutura de correlação espacial da variável “IS_15” em função de três componentes principais.

Variável	Nº Obs.	τ^2	σ^2	$\tau^2 + \sigma^2$	ϕ (m)	DE(%)	MOD
IS_15= f (CP1+CP2+ CP3)	18	0,5519	2,168	2,720	7.112,0	79,7	Exponencial

FIGURA 1 - MAPA DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO “ÍNDICE DE SÍTIO, IS_15” COM VALORES PREDITOS POR CO-KRIGAGEM MULTIVARIADA ORDINÁRIA UTILIZANDO-SE DE VARIÁVEIS DO MEIO FÍSICO, SELECIONADAS POR ANÁLISE DE REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA, NA ÁREA PILOTO Nº 1, EM RIO NEGRINHO, SC



Organização



Apoio

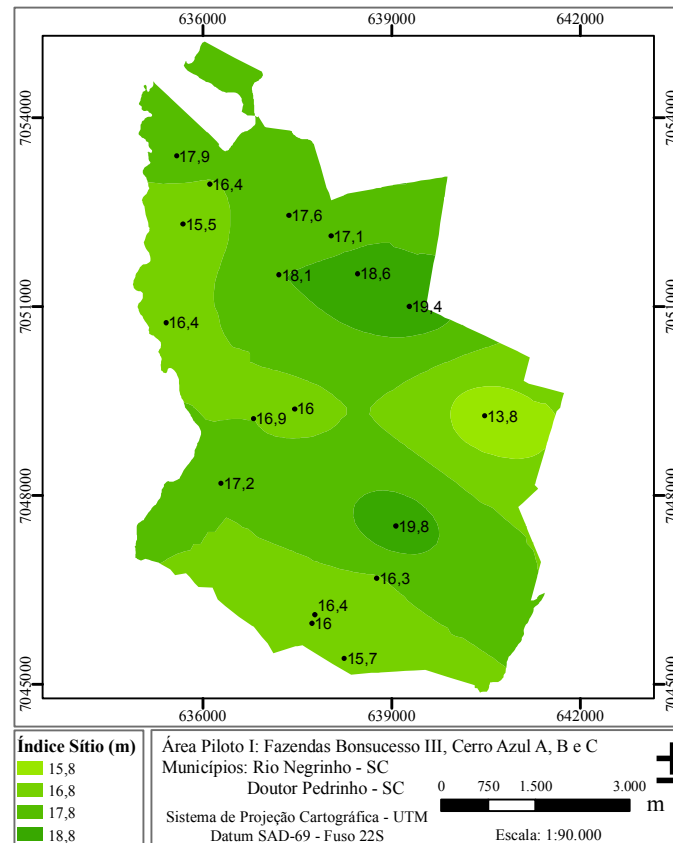


Colaboração





FIGURA 2 - MAPA DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO "ÍNDICE DE SÍTIO, IS₁₅" MÉDIO OBTIDO PELA EQUAÇÃO DO PROGRAMA "SISPINUS" COM O "IS₁₅" PREDITO POR CO-KRIGAGEM MULTIVARIADA ORDINÁRIA UTILIZANDO-SE DE VARIÁVEIS DO MEIO FÍSICO, SELECIONADAS POR ANÁLISE DE REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA, NA ÁREA PILOTO Nº 1, EM RIO NEGRINHO, SC.



CONCLUSÕES

- ✓ A espacialização de valores preditos dos índices de sítio para o *P. taeda*, através da relação deste índice com os três primeiros componentes principais, pelo método da Co-krigagem multivariada via modelo exponencial, resulta em estimativas médias adequadas com explicação de 72,2% da variância total.
- ✓ O alcance espacial médio de 3.600 m para a definição de classes de índices de sítio, revela que para distâncias superiores a este valor, os dados devem ser tratados como independentes. Este resultado sugere que as parcelas de inventário florestal para serem tratadas de forma dependentes espacialmente, podem ser distanciadas umas das outras até esta distância definida.
- ✓ A integração de geoprocessamento com técnicas geoestatísticas, através da co-krigagem ordinária multivariada, permite definir com boa precisão Unidades de Manejo para o *P. taeda*.



Apoio



Colaboração





REFERÊNCIAS CITADAS

BARBOSA, C.C.F. **Álgebra de mapas e suas aplicações em sensoriamento remoto e geoprocessamento**. São José dos Campos: INPE, 1997, 152p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto).

BIONDI, F.; MYERS, D.E.; AVERY, C.C. Geostatistically modeling stem size and increment in an old-growth forest. **Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne de Recherche Forestiere**, v.24, n.7, p.1354-1368, 1994.

BOLFE, E.L.; GOMES, J.B.V. Geoestatística como subsídio à implantação de agricultura de precisão. [on line]. Disponível em <http://www.agronline.com.br/artigos/artigo.php?id=210>. Consultado em 23/01/2007.

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 Sci. Soc. of Am. J.**, Madison, v. 58, n. 5, p. 1501-1511, 1994.

GONÇALVES, J. L. M. Interpretação de levantamento de solo para fins silviculturais. **IPEF**, n. 39, p. 65-72, 1988.

JOURNEL, A.G.; HUIJBREGTS, C.J. **Mining geostatistics**. London: Academic Press, 1978. 600p.

MELLO, J.M. de. **Geoestatística aplicada ao inventário florestal**. Piracicaba, 2004. 122p. Dissertação (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (ESALQ-USP).

MELLO, J. M. ; OLIVEIRA, M. S. ; BATISTA, J. L. F. ; RIBEIRO JÚNIOR, P. J. ; KANEGAE JUNIOR, H. . Uso do estimador geoestatístico para predição volumétrica por talhão. **Floresta** (UFPR), v. 36, p. 251-260, 2006.

OLIVEIRA, E.B. **Um sistema computadorizado para prognose do crescimento e produção do *P. taeda* L., como critérios quantitativos para avaliação técnica e econômica de regimes de manejo**. Curitiba: UFPR, 1995. 134p. (Tese de Doutorado).

SAS - STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM: **Programa de computador, ambiente VM**. Cary, 1993. Versão 6.08.

Organização



Apoio



Colaboração

