

**ESTUDO DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO ANGICO
(*Anadenanthera peregrina*) NA FLORESTA ESTADUAL
"EDMUNDO NAVARRO DE ANDRADE" - RIO CLARO, SP,
BRASIL, EMPREGANDO METODOLOGIA
GEOESTATÍSTICA**

**STUDY OF THE SPACIAL DISTRIBUTION OF ANGICO
(*Anadenanthera peregrina*) IN THE "EDMUNDO NAVARRO DE
ANDRADE" STATE FOREST - RIO CLARO, SP, BRAZIL,
EMPLOYING GEOSTATISTICAL METHODOLOGY.**

Ushizima, T. M.¹, Bernardi, J. V. E.² & Landim, P. M. B.³

¹Mestrando no Curso de Pós-Graduação em Geociências, Área "Geociências e Meio Ambiente" – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro (SP). e-mail: ushizima@rc.unesp.br

²Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho (RO).

³Departamento de Geologia Aplicada – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro (SP).

RESUMO

Os estudos pertinentes à aplicação de metodologia geoestatística nos estudos de distribuição espacial e mapeamento de populações de espécies vegetais são escassos. Este estudo objetivou avaliar o emprego da geoestatística na detecção e predição do padrão espacial de *Anadenanthera peregrina* "angico", em um talhão de eucaliptos na Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade/Rio Claro-SP. Foram feitas simulações dos dados em laboratório, pelo método PCQ, da população previamente mapeada no campo. A partir da técnica de interpolação da krigagem ordinária, foi gerado o mapa de ocorrência de agregação de angicos na área. Tal método mostrou ser eficiente para analisar espacialmente os aglomerados populacionais, como pôde ser observado com a sobreposição da população mapeada com o mapa das estimativas de agregação oriundas

da amostragem. Este estudo de caso pode contribuir para a discussão dos métodos tradicionais de coleta de dados botânicos, com a proposta de uma nova metodologia de análise destes dados pela estatística espacial.

Palavras chave: distribuição espacial, angico, *Anadenanthera peregrina*, geoestatística, krigagem ordinária.

ABSTRACT

Studies concerning application of geostatistical methodology to space distribution and mapping of plant species populations are rare. The main purpose of this study is to evaluate the application of geostatistics in detection and prediction of the space pattern of *Anadenanthera peregrina* "angico" at the "Edmundo Navarro de Andrade" State Forest (Rio Claro/SP). Simulations of the population data, previously mapped, were made in laboratory, by PCQ method. Using ordinary kriging interpolation technique, a map of "angicos" aggregation occurrence aggregation was generated for the area. Such method showed to be efficient to spatial analysis of the population agglomerates, as it could be observed by overlapping the population mapped with the map of the aggregation estimates originating from sampling. This case study can contribute to the discussion of the traditional methods of botanical data sampling, proposing a new methodology for analysis using space statistics.

KeyWords: spacial distribution, Angico, *Anadenanthera peregrina*, geostatistic, ordinary kriging.

INTRODUÇÃO

As características ecológicas que influenciam a distribuição espacial de plantas terrestres são as estratégias de dispersão e de reprodução, exigências nutricionais e distribuição de recursos ambientais críticos, o que gera principalmente a competição interespecífica. Para que mapas de biodiversidade sejam válidos, as propriedades de escala devem guiar o processo de coleta, análise e interpretação dos dados. A representação da distribuição das espécies em mapas apresenta problemas para a sua confecção pela variabilidade de elementos que determinam a posição dos organismos num determinado ponto no tempo e/ou espaço, pois a distribuição de plantas e animais na superfície do globo é regulada por uma complexa combinação entre variáveis biológicas e ambientais (MILLER, 1994).

O estudo espacial tem, portanto, grande importância para a construção de modelos para o estudo regional e, para tanto, são necessários dados que constituam medidas de um ou mais atributos com determinada localização geográfica (HAINING,

1990). Partindo deste princípio, a autocorrelação espacial pode ser definida, resumidamente, como sendo a propriedade de variáveis serem correlacionadas espacialmente até uma certa distância. Os organismos não são distribuídos aleatoriamente no espaço, mesmo quando possuem uma baixa correlação espacial, indicando que os valores não são estocasticamente independentes entre si (LEGENDRE, 1993).

Isto pode trazer surpresa para ecólogos que tem sido treinados a acreditar que a natureza segue as condições impostas pela estatística clássica, onde os valores de uma mesma variável são independentes entre si (LEGENDRE, 1993; ROSSI *et al.*, 1992). Métodos estatísticos paramétricos proporcionam estimativas para variância sobre médias, que são amplamente usadas para descrever atributos das áreas de estudo, assim como testar hipóteses sobre processos ecológicos atuantes nesses locais (ROBERTSON, 1987). Estas ferramentas são convenientes e fáceis de se implementar, mas geralmente assumem que qualquer dado é independente de todos os outros, e que os dados são distribuídos uniformemente ao acaso (ROSSI *et al.*, 1992).

A análise espacial dos dados leva em consideração, porém, a possibilidade de presença de uma dependência entre valores próximos. Desta forma, considerando as escalas espacial e temporal em que os fenômenos ecológicos ocorrem, as estruturas espaciais encontradas na natureza são, na maioria das vezes, em forma de agregados ou gradientes (Legendre, 1993). É razoável supor, portanto, que quanto mais próximos forem obtidos valores de uma determinada variável, espacial ou temporalmente, mais semelhantes estas serão. Por exemplo, se o valor de uma variável assumida em uma determinada localidade puder ser pelo menos parcialmente previsto por valores em pontos vizinhos, eles serão dependentes um do outro. Nesse caso, a variável é dita autocorrelacionada ou regionalizada e pode ser estudada pela metodologia geoestatística.

Inicialmente, o enfoque da teoria das variáveis regionalizadas foi voltado para problemas de mineração (STURARO & LANDIM, 1988), mas subseqüentemente sua aplicação se estendeu para outros ramos, inclusive para a ecologia (ROBERTSON, 1987; Legendre & Fortin, 1989).

Há um crescente interesse na área da ecologia em utilizar métodos para descrever o padrão de distribuição dos organismos no espaço (Robertson, 1987; Schotzko & Knudsen, 1992; Rossi *et al.* 1992; Dutilleul & Legendre, 1993; Legendre, 1993). Tais métodos, que vão desde modelos empíricos, como por exemplo o inverso do quadrado da distância até a krigagem (estimativa com variância conhecida), levam em consideração as relações de dependência entre os valores amostrais e as distâncias que os separam (Guerra, 1988).

Este estudo visou analisar a viabilidade do uso da metodologia geoestatística na detecção e predição do padrão espacial de *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg (angico) na Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade (FEENA), em Rio Claro-SP,

utilizando simulações computacionais provenientes do censo desta espécie realizado por Malhado (2000).

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados na simulação foram coletados por Malhado (2000), no talhão de *Eucalyptus tereticornis* sob número 50, entre as coordenadas de 47°32'35,88" e 47°32'27,24" de longitude oeste e 22°25'03" e 22°25'12,36" de latitude sul, segundo o Sistema Geocêntrico Internacional (datum-WGS84). A FEENA é uma unidade de conservação de uso sustentável, ou seja, tem como objetivo básico o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas. O uso sustentável pode ser definido como sendo a exploração do ambiente de maneira a garantir a perenidade dos recursos ambientais renováveis e dos processos ecológicos, mantendo a biodiversidade e os demais atributos ecológicos, de forma socialmente justa e economicamente viável (BRASIL, 2000).

O talhão 50 caracteriza-se pela presença de aproximadamente 25 indivíduos de *Eucalyptus tereticornis* (FEPASA, 1994). Este talhão foi plantado em 1911 e posteriormente abandonado das práticas silviculturais, o que possibilitou o crescimento de uma mata secundária e retração da densidade de eucaliptos.

Com o plantio de 4.019 indivíduos de angico em 1937 e com densidade atual de aproximadamente 3280 indivíduos (FEPASA, 1994), o talhão 49, adjacente à área de estudo, pode ser considerado como a provável fonte de dispersão de sementes da área plantada para as áreas adjacentes, como o talhão 50. Não foi observada a presença de *Anadenanthera peregrina* em alguns trabalhos de levantamento florístico e fitossociológico em Mata Estacional Semidecidual (PAGANO *et al.*, 1987; PAGANO & LEITÃO-FILHO, 1987; CESAR & LEITÃO-FILHO, 1990), indicando que provavelmente os angicos presentes na Floresta são alóctones, ou seja, oriundos de plantio, visto que a área já foi Mata Estacional Semidecídua antes da ocupação antrópica na área.

As simulações das amostragens foram feitas em laboratório e teve como base o mapa espacial de todos os indivíduos mapeados por MALHADO (2000), o qual foi digitalizado utilizando-se o programa Autocad R-14 (Autodesk, Inc).

Na simulação dos dados foi utilizado o método PCQ (ponto com quadrante centralizado) (COTTAM & CURTIS, 1956), o qual baseia-se na medida de distâncias dos 4 indivíduos mais próximos, nos 4 quadrantes, em relação ao ponto de amostragem (Figura 1).

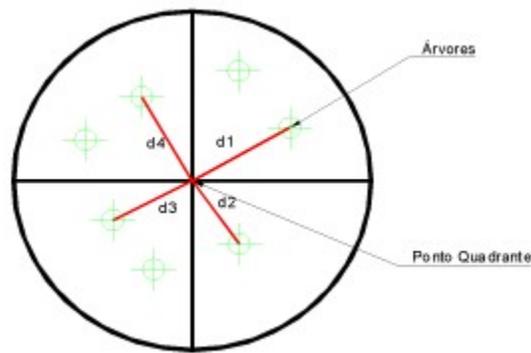


Figura 1. Esquema da simulação realizada com o método PCQ, d1, d2, d3 e d4 representam a distância em metros das árvores em relação ao PCQ.

Para a obtenção de uma amostragem regular ("grid"), os pontos quadrantes foram distribuídos de 10 em 10 metros (Figura 2). Foram utilizadas técnicas de cartografia digital com o intuito de marcar, no mapa, os pontos de amostragem e calcular as distâncias dos indivíduos de angicos até os pontos de coleta dos dados (PCQ).

A simulação foi feita pelo *software* Autocad R-14 (Autodesk, Inc), onde mediu-se distâncias de quatro indivíduos de angico para cada ponto quadrante estabelecido na área.

Os dados da amostragem, armazenados nos centróides (PCQ) no arquivo de Autocad, foram exportados para uma planilha no formato "ASCII" contendo na primeira coluna a identificação do ponto quadrante, na segunda e terceira colunas as coordenadas X e Y, respectivamente, seguido pelas 4 distâncias nas colunas 4, 5, 6 e 7 e pela média das 4 distâncias na coluna 8.

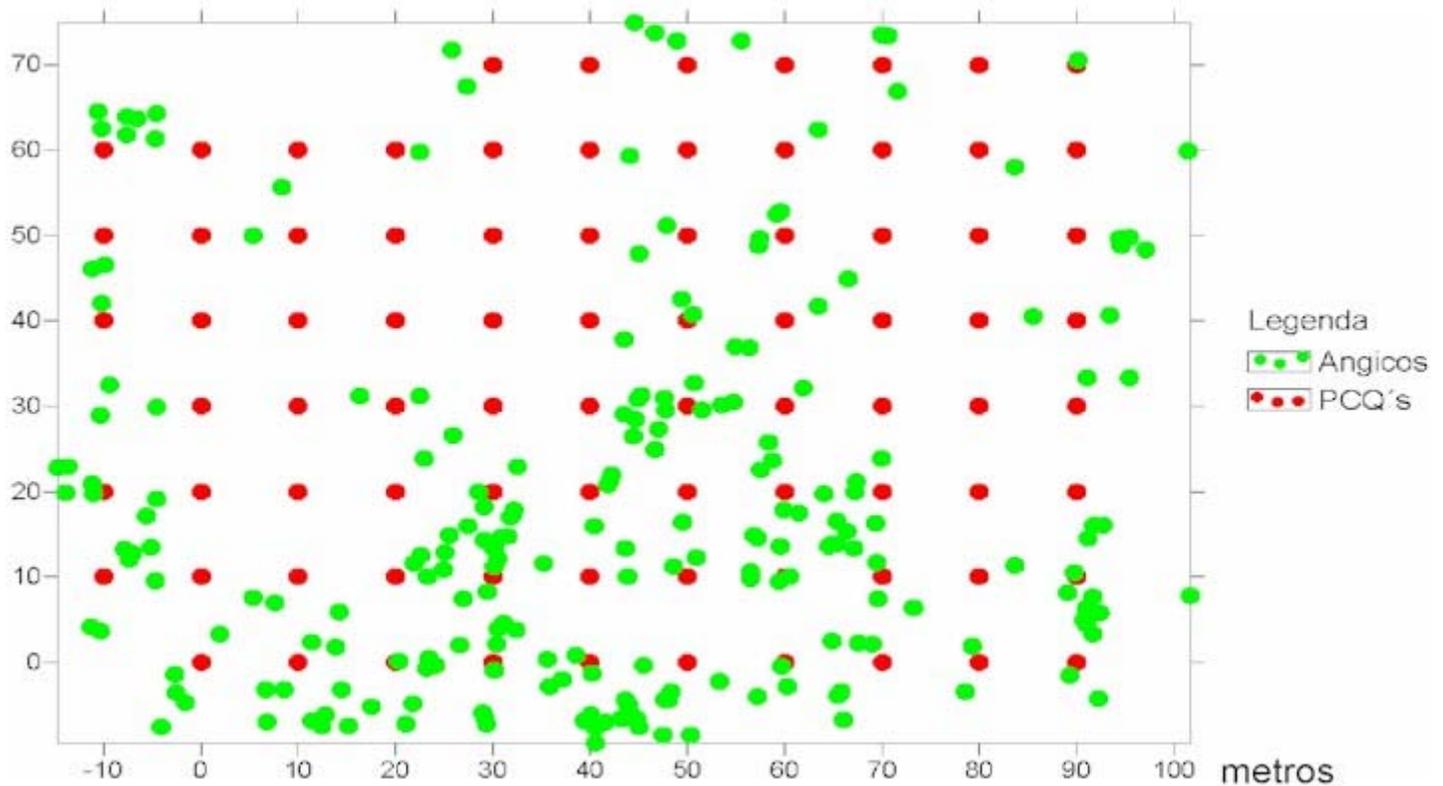


Figura 2. Distribuição da malha de amostragem pela área de estudo (PCQ's), com espaçamento de 10x10 metros sobre a população mapeada por MALHADO (2000).

A partir desta planilha foram feitas as análises referentes à estatística descritiva e geoestatística dos dados com o auxílio do programa VARIOWIN 2.2 (PANNATIER, 1996) e os cartogramas de isovalores foram confeccionados pelo programa SURFER-8 (GOLDEN SOFTWARE, 2002).

2.1. Análise Geoestatística

A geoestatística consiste na aplicação da teoria das variáveis regionalizadas para efetuar estimativas dentro de um contexto regido por um fenômeno natural com distribuição no espaço, supondo que os valores das variáveis são correlacionados no espaço (STURARO *et al.*, 2000).

A premissa principal desta metodologia é que os valores das características da população amostrada são dependentes dos valores das características encontradas nos locais não amostrados, e quanto mais próximos forem em relação aos locais de amostragem, maior a dependência espacial da variável a ser estimada (GRUSHECKY & FAJVAN, 1999). O método utilizado foi o da krigagem ordinária, processo de estimação por médias móveis de valores de variáveis distribuídas no espaço, e considerados como interdependentes por uma função denominada semi-variograma (STURARO *et al.*,

2000).

A análise geoestatística empregada baseou-se em dois processos, segundo ROBERTSON (1987):

- Definição do grau de autocorrelação entre os dados pontuais;
- Interpolação dos valores em áreas não amostradas, baseados no grau de autocorrelação encontrado.

A autocorrelação é avaliada pela média da semi-variância $\gamma(h)$, calculada para cada distância ou tempo (intervalo h) específicos (ROBERTSON, 1987). Define-se a função semi-variograma (Equação 1) de dois pontos $[z(x_i), z(x_{i+h})]$ pela seguinte expressão matemática:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [z(x_i) - z(x_{i+h})]^2 \quad \text{Equação 1}$$

onde:

- $\gamma(h)$ é a semi-variância
- $n(h)$ é o numero de pares de valores da variável considerada em uma determinada direção
- $z(x_i), z(x_{i+h})$ são valores da variável em dois pontos distintos, separados por uma distância preestabelecida e constante em uma direção.
- h é o intervalo de distância preestabelecida
- $h/2$ é a metade da média das diferenças quadráticas e representa a distância perpendicular dos dois pontos em relação à linha de 45° do diagrama da dispersão espacial.

O cálculo de γ em função do intervalo (h) resulta no semi-variograma, normalmente denominado variograma, e o formato deste gráfico descreve o grau de autocorrelação presente. Tais relações são mostradas quando a função $\gamma(h)$ é colocada em gráfico contra Δh para originar o semivariograma. Este expressa o comportamento espacial da variável regionalizada como é mostrado na Figura 3 (STURARO *et al.*,

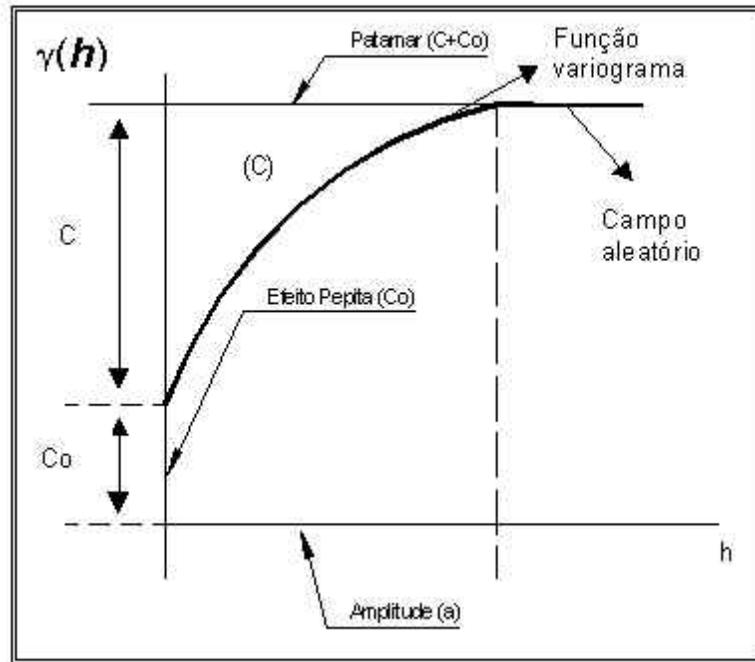


Figura 3. Modelo variográfico, retirado de STURARO et al. (2000).

Segundo a Figura 3, tem-se que:

- amplitude (**a**): indica a distância a partir da qual as amostras passam a não possuir correlação espacial e a relação entre elas torna-se aleatória;

- o patamar ($C+C_0$): indica o valor segundo o qual a função estabiliza no campo aleatório, correspondendo à distância "a"; mostra variabilidade máxima entre os pares de valores, isto é, a variância dos dados e, conseqüentemente, covariância nula;

- a continuidade: analisado pela forma do variograma, em que para $h \equiv 0$, $\gamma(h)$ já apresenta algum valor. Esta situação é conhecida como efeito pepita e é representada por C_0 ; o efeito pepita pode ser atribuído a erros de medição ou ao fato de que os dados não foram coletados a intervalos suficientemente pequenos, para mostrar o comportamento espacial subjacente ao fenômeno em estudo;

- a anisotropia: verificada quando os variogramas se mostrarem diferentes para diferentes direções de linhas de amostragem.

Através do semi-variograma, que é uma ferramenta que auxilia a descrever

quantitativamente a variação no espaço de um fenômeno regionalizado, objetiva-se extrair da aparente desordem dos dados disponíveis, uma imagem da variabilidade dos mesmos, e uma medida de correlação de valores tomados em dois pontos no espaço. Baseado no semi-variograma amostral é ajustado um modelo variográfico, onde são encontrados parâmetros relacionados à escala, à extensão da continuidade, ao valor onde o variograma se estabiliza e à forma da dependência espacial. Após a modelagem variográfica pode-se usar o algoritmo da "krigagem ordinária" pontual para estimar os valores das variáveis em locais não amostrados (STURARO & LANDIM, 1988).

2.1.1. Krigagem ordinária

Uma vez estabelecida a dependência espacial ou temporal da variável estudada, pode-se usar parâmetros variográficos para interpolar valores em locais não amostrados usando algoritmos da krigagem (ROBERTSON, 1987).

Dentre os métodos de estimação, a metodologia geoestatística da krigagem pode ser considerada o melhor estimador sem viés, dadas as seguintes características:

- Linear: as estimativas são feitas através de uma combinação linear;
- Sem viés: o método objetiva que o erro residual seja igual a zero;
- Melhor estimador: o método objetiva minimizar a variância dos erros.

A krigagem ordinária baseia-se em um modelo probabilístico, cujo erro residual médio, bem como a variância dos erros, podem ser estimados. Desta forma, pode-se atribuir pesos às amostras usadas nas estimativas, de tal modo que o erro médio seja zero e a variância dos erros seja mínima (STURARO, 1994).

A descrição matemática pormenorizada da krigagem bem como da análise variográfica pode ser encontrada em ISAAKS & SRIVASTAVA (1989); LANDIM (1997) e SOARES (2000).

Por meio da krigagem ordinária, espera-se obter isopletras de agregação populacional baseada nas distâncias médias dos indivíduos de angico em relação aos pontos quadrantes. Desta forma, quanto maior for a distância dos indivíduos em relação ao PCQ, menor será a agregação, e quanto menor for esta distância média, maior será a agregação.

O parâmetro utilizado para validação ou não do modelo proposto é a comparação dos resultados obtidos, por estimativas, com a população mapeada por Malhado (2000), considerada como a realidade do fenômeno sob estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como conseqüência do espaçamento de 10 em 10 metros dos PCQ's, foram estabelecidos 82 pontos de amostragem distribuídos na área. Os pontos foram dispostos de tal maneira que cada PCQ possuísse quatro "vizinhos" (angicos) nas quatro direções, satisfazendo assim as premissas do método.

Com o objetivo de analisar quantitativamente a variação da agregação dos angicos nas diversas localidades do talhão 50, foi elaborado o semivariograma, que se comportou como um modelo estacionário de segunda ordem, ou seja, a variância inicia-se baixa aumentando progressivamente com as distâncias que separam as amostras até atingir um patamar de estabilização, que representa a dispersão absoluta (Figura 4).

Os parâmetros variográficos obtidos foram utilizados para a aplicação da técnica da krigagem ordinária.

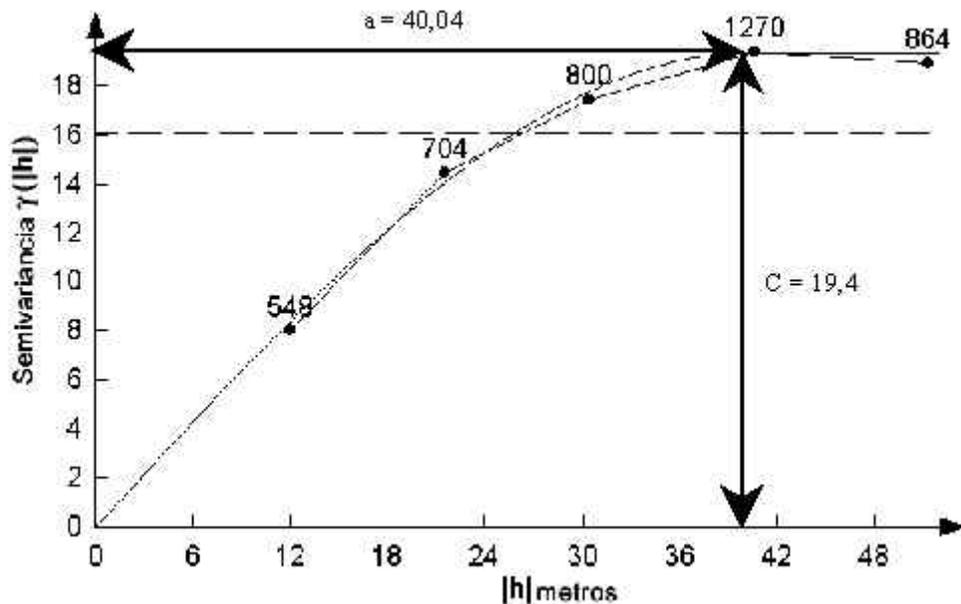


Figura 4: Variograma experimental e teórico para a variável distância média das quatro árvores de angico em relação ao PCQ na Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade, talhão 50.

O modelo mais adequado para o variograma da Figura 4 (omnidirecional) foi o modelo esférico com os seguintes parâmetros: Efeito pepita (C_0) = 0, Patamar (C) = 19,4 e o Alcance (a) = 40,04. A componente aleatória (E) encontrada foi igual a 0.

O fenômeno apresentou-se isotrópico, ou seja, a variável apresentou uma continuidade espacial semelhante em todas as direções. Optou-se assim pelo cálculo do variograma omnidirecional.

Elaborou-se o mapa de estimativas da distância média esperada entre as 4 árvores em um ponto qualquer para toda área amostrada com o intuito de estimar valores da variável em áreas não amostradas, em parte do talhão 50 da FEENA.

A hipótese é que quanto maior fosse a distância média em um determinado ponto, mais dispersa seria a amostra naquele ponto, e quanto menor fosse a distância média em um determinado local, maior seria a agregação. A determinação da distância limite em que a população torna-se agregada é subjetiva e não existem métodos matemáticos para a determinação deste valor, dado ao caráter experimental inédito desta técnica de análise dos dados. Foram utilizados, então, os valores dos quartis da distribuição de freqüências da variável como parâmetro para o estabelecimento dos limites de maior ou menor agregação de indivíduos da população (Figura 5).

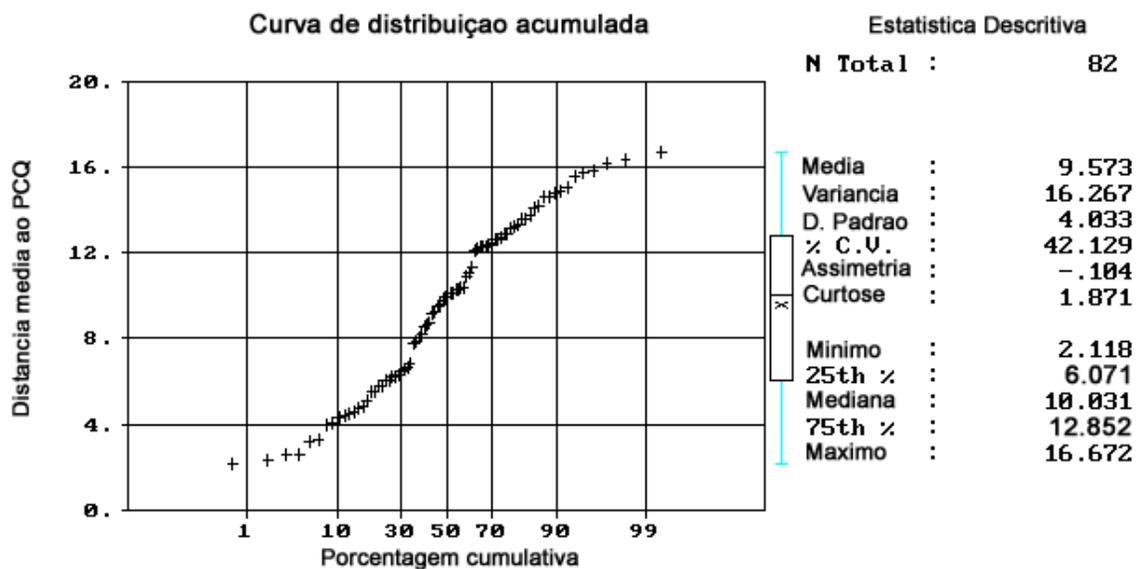


Figura 5: Curva de distribuição acumulada e valores da estatística descritiva, N total (número de amostras) e 25th % e 75th % correspondem ao 1^o e 3^o quartil respectivamente.

O resultado da interpolação dos dados pela krigagem pode ser observado na Figura 6. Este cartograma isoplético mostra a distribuição espacial da variável distância média do PCQ para a área de estudo. Espera-se que em locais com coloração mais avermelhada, ou seja, com menores valores da variável, haja uma maior agregação das árvores e em locais com coloração tendendo ao amarelo, significando distâncias maiores, ocorra uma menor agregação de indivíduos. Dado os quartis da variável 6,07 (1^o quartil)

e 12,85 (3^o quartil) pode-se afirmar que, quando os valores estão abaixo do 1^o quartil, no mapa interpolado, tem-se maior agregação em relação aos valores acima do 3^o quartil,, pois a distância dos indivíduos em relação a um ponto qualquer será menor.

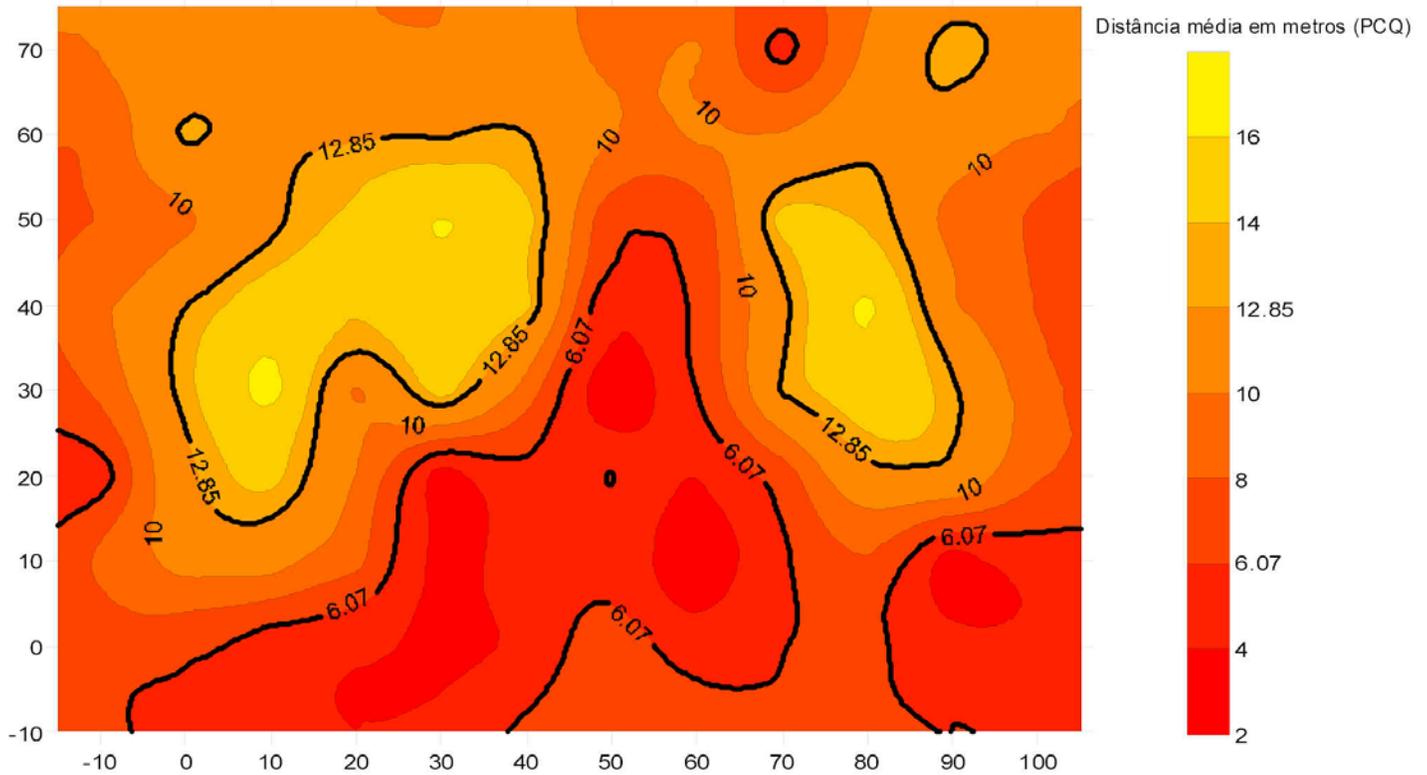


Figura 6: Cartograma isoplético da variável distância média entre indivíduos de "angico" e o centro amostral do quadrante em relação ao PCQ, as curvas com linha mais espessa representam o 1^o quartil e o 3^o quartil.

A validação do mapa proposto pode ser corroborada com a realidade do fenômeno, ou seja, a partir da sobreposição do mapa espacial dos angicos (Figura 2) com o cartograma isoplético da krigagem (Figura 6), obtendo-se assim a Figura 7.

Com a elaboração do cartograma verifica-se o bom ajuste do mapa proposto. A região com valores da variável até o primeiro quartil mostra onde se encontra a maior agregação de indivíduos e valores acima do terceiro quartil onde se encontra menor agregação, onde foi encontrado, inclusive, apenas uma árvore de angico.

A distribuição de angicos no talhão 50 da FEENA apresenta-se com o padrão espacial agregado, como demonstrado por MALHADO (2000) que testou e aplicou vários índices de padrão de distribuição espacial, concluindo tal conformidade na população amostrada de *Adenantha peregrina*.

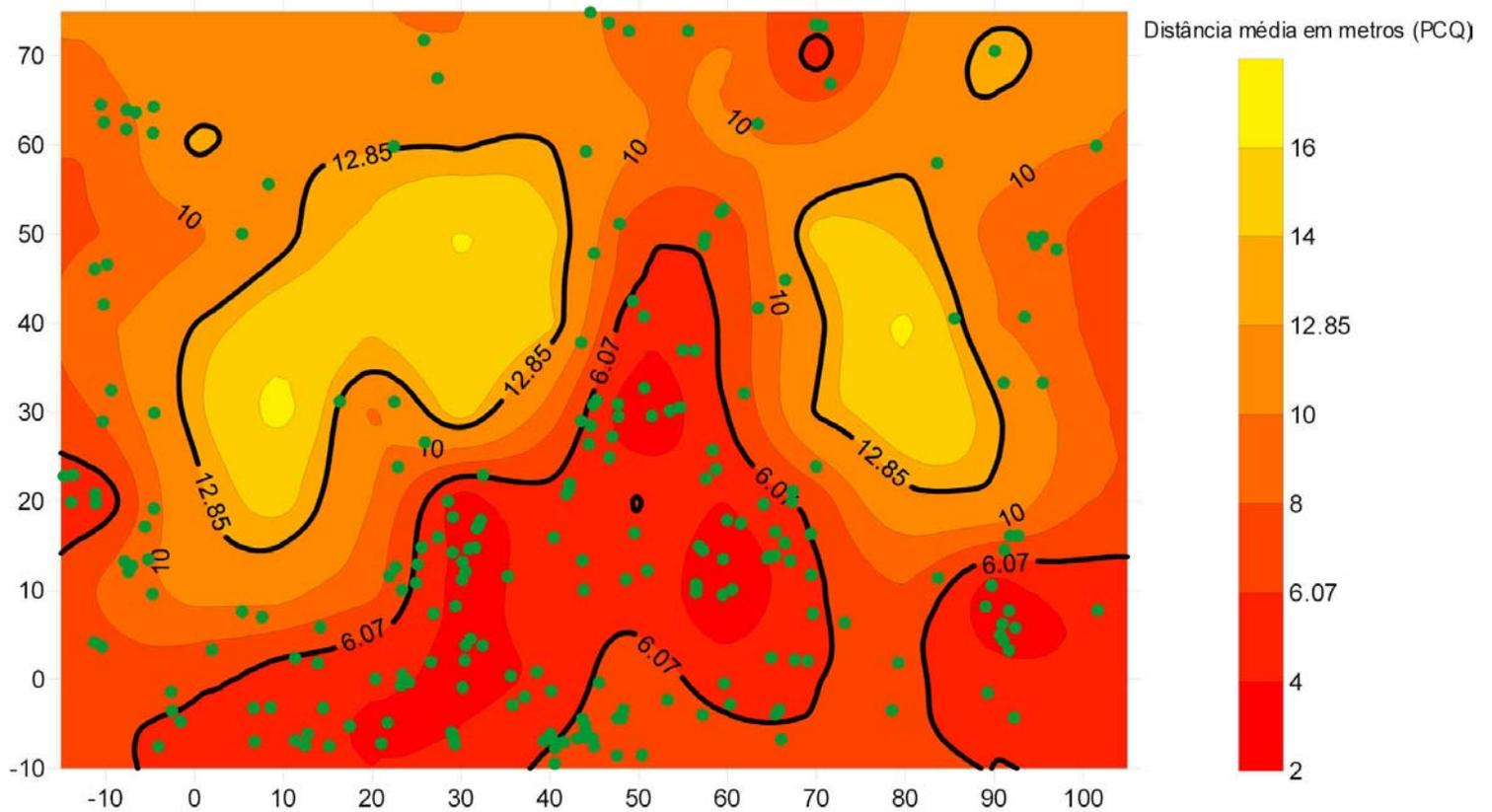


Figura 7. Cartograma de distribuição da variável distância média (PCQ) com a sobreposição do mapa espacial da população de *Anadenanthera peregrina*. Baseado parcialmente em MALHADO (200).

A autocorrelação é um problema encontrado na maioria das estratégias de amostragem em campo, e a sua presença deve ser sempre (ROBERTSON, 1987). Desse modo a aplicação de metodologia geoestatística em dados que apresentam autocorrelação pode ajudar substancialmente nos estudos que tem por objetivo explorar os padrões espaciais ou temporais de um determinado fenômeno ecológico.

CONCLUSÕES

Este trabalho visou contribuir para o estudo de padrões espaciais, com aplicação de metodologia geoestatística em estudos relativos à distribuição espacial de uma espécie arbórea habitando o sub-bosque de um talhão de *Eucalyptus tereticornis*. As metodologias de análise pela estatística clássica fornecem informações relativas ao padrão geral da população, indicando se a mesma possui distribuição agregada, uniforme ou aleatória. Entretanto, a metodologia baseada na estatística espacial, ou geoestatística, caracteriza espacialmente a distribuição, diferenciando localidades com maior agregação de indivíduos das áreas com menor agregação e ainda as áreas desprovidas de indivíduos.

Uma aplicação prática desta técnica de amostragem de campo e de análise geoestatística pode fornecer, por exemplo, subsídios para a exploração racional de recursos florestais de maneira a otimizar a relação volume de madeira obtida por tamanho da área explorada, diminuindo a pressão horizontal da ação da derrubada das árvores. Neste caso, deve-se adotar outras variáveis como, por exemplo, o volume dos indivíduos amostrados, contribuindo para a tomada de decisões econômicas e ecológicas na exploração de recursos de florestas nativas ou plantadas.

Tal metodologia pode, também, ser uma proposta interessante para o aproveitamento de uma área para a implantação de culturas mistas na silvicultura, com a redução de perdas e otimização de áreas exploráveis.

Finalmente, será importante empregar a mesma metodologia em áreas e espécies distintas e com o inverso dos passos aqui tomados, para a contraprova da técnica proposta.

AGRADECIMENTOS

Aos dois revisores que, ao apreciarem este texto, em muito contribuíram para a sua melhoria.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Lei n. 9.985 de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 18 jul. 2000.
- CESAR, O. & LEITÃO-FILHO, H. Estudo florístico quantitativo de mata mesófila semidecídua na fazenda Barreiro Rico, município de Anhembi, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 50, n. 1, p. 133-147, Fev. 1990.
- COTTAM, G. & CURTIS, J.T. The use of distance measures in phytosociological sampling. **Ecology**, v. 37, p. 451-460, 1956.
- FEPASA. **Inventário anual das plantações**. São Paulo: Fepasa, 1994, Cap.15, p 1-11.
- GOLDEN SOFTWARE, I. **Surfer Version 8.00 [Surface Mapping System]**. Colorado, U.S.A., 2002.
- GRUSHECKY, S.T. & FAJVAN, M.A. Comparison of hardwood stand structure after

partial harvesting using intensive canopy maps and geostatistical techniques. **Forest Ecology and Management**, v. 114, p.421-432, 1999.

GUERRA, P.A.G. **Geoestatística operacional**. Brasília: DNPM, 1988, 145p.

HAINING, R. **Spatial data analysis in the social and environmental sciences**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

ISAAKS, A.G. & SRIVASTAVA, R.M. **Applied geostatistics**. New York:Oxford Univ. Press, 560p. 1989.

LANDIM, P.M.B. **Análise estatística de dados geológicos**. São Paulo: Ed. UNESP, 1997.

LEGENDRE, P. & FORTIN M.J. Spatial pattern and ecological analysis. **Vegetatio**, v. 80, p. 107-138, 1989.

LEGENDRE, P. Spatial autocorrelation: trouble or new paradigm? **Ecology**, p. 1659-1673, 1993.

MALHADO, A.C.M. **Estudo do padrão espacial do Angico, *Anadenanthera peregrina*, no Horto Florestal "Navarro de Andrade"**. 2000. Monografia (Graduação em Ecologia) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, 2000.

MILLER, R.I. **Mapping the Diversity of Nature**. London, UK: Chapman & Hill, 218pp, 1994.

PAGANO, S.N. & LEITÃO-FILHO, H.F. Composição florística do estrato arbóreo de mata mesófila semidecídua, no município de Rio Claro (Estado de São Paulo). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 10, p. 37-47, 1987.

PAGANO, S.N., LEITÃO-FILHO, H. F. & SHEPHERD, G. J. Estudo fitossociológico em mata mesófila semidecídua no município de Rio Claro (Estado de São Paulo). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 10, p. 49-61, 1987.

PANNATIER, Y. **VARIOWIN: Software for Spatial Data Analysis in 2D**. New York, NY: Springer-Verlag, , 1996.

ROBERTSON, G.P. Geostatistics in ecology: interpolating with known variance. **Ecology**, v. 68, p. 744-748, 1987.

ROSSI, R.E., MULLA, D.J., JOURNEL, A.G. & FRANZ, E.H. Geostatistical tools for modeling and interpreting ecological spatial dependence. **Ecological Monographs**, v. 62, n. 2, p. 277-314, 1992.

- SCHOTZKO, D.J. & KNUDSEN, G.R. Use of geostatistics to evaluate a spatial simulation of Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae) movement behavior on preferred and nonpreferred hosts. **Entomol. Soc. Am.**, v. 21, p. 1271-1282, 1992.
- SOARES, A. **Geoestatística para ciências da terra e do ambiente**. Lisboa: IST Press, 2000. Cap. 6, p. 129-155.
- STURARO, J.R. & LANDIM, P.M.B. Estudo do nível piezométrico por análise geoestatística. **Geociências**, v. 7, p. 201-210, 1988.
- STURARO, J.R. **Mapeamento geoestatístico de propriedades geológico-geotécnicas obtidas em sondagens de simples reconhecimento**. Tese de Doutorado – Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 1994.
- STURARO, J.R., LANDIM, P.M.B. & RIEDEL, P.S. O emprego da técnica geoestatística da krigagem indicativa em geotecnia ambiental. **Solos e Rochas**, v. 23, n. 3, p. 157-164, 2000.