

ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE JEQUITIBÁ ROSA EM UMA FLORESTA ESTACIONAL SUB-MONTANA¹

Spatial Distribution Analysis of the species Cariniana legalis in a Semidecidual Seasonal Sub-Montana Forest.

Allan Arantes Pereira²

Sylvio Péllico Netto³

Luis Marcelo Tavares de Carvalho⁴

Resumo

A compreensão da distribuição espacial dos fenômenos naturais representa hoje um grande desafio para a elucidação de questões na área da ecologia. Tais análises vêm se tornando cada vez mais comuns, devido à disponibilidade de softwares de sistemas de informações geográficas (SIG). Esses programas proporcionam uma visualização espacial do foco de estudo, como, por exemplo, padrões de distribuição e estrutura da população. A interpretação dos resultados da análise da distribuição espacial fornece subsídios importantes para a compreensão desses fenômenos e para ações conservacionistas. Nesse âmbito, o presente estudo foi conduzido em uma floresta estacional semidecidual no município de Cássia, Minas Gerais, com o objetivo de abordar aspectos relacionados ao padrão de distribuição espacial da espécie florestal *Cariniana legalis* (Jequitibá rosa). Para isso foram coletados dados da estrutura horizontal e as coordenadas cartesianas da regeneração em quatro parcelas quadradas de 1 ha. Para a população adulta, utilizaram-se os dados procedentes do banco de dados do projeto PELD. A análise estatística foi realizada por meio da função K de Ripley, que se mostrou um método eficiente para a análise do padrão da distribuição espacial. O uso de sistemas de informações geográficas para esse tipo de estudo foi de grande utilidade, possibilitando uma análise visual da estrutura horizontal espacial da população. Concluiu-se também que existe um padrão de distribuição espacial da espécie *Cariniana legalis* e está fortemente relacionada à estrutura horizontal da população.

Palavras-chave: Análise espacial; Estrutura populacional; Jequitibá rosa; Sistemas de informações geográficas; Função K de Ripley.

¹ Financiado pelo PELD (Projeto Ecológico de Longa Duração).

² Engenheiro Florestal, Instituto Estadual de Florestas/IEF - Rua Paracatú, 304- Belo Horizonte, MG- aapflorestal@hotmail.

³ Eng. Florestal, Prof. Titular do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais – CCAA, BR 376, km 14, Costeira, São José dos Pinhais, CEP 83.010-500, Caixa Postal 129 – pellico.sylvio@pucpr.br.

⁴ Professor Dr. do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras/UFLA – Caixa Postal 3037, CEP 37.200-000 Lavras MG - passarinho@ufla.br.

Abstract

The understanding of the spatial distribution of natural phenomena represents a great challenge today for the elucidation of subjects in the ecological area. Such studies are becoming relevant, due to the geographical information systems (GIS) availability. Those softwares provide a spatial visualization of the study focus, as for instance, distribution patterns and structure of the population. The interpretation of the spatial distribution analysis supplies important subsidies for the understanding of these phenomena and for conservation actions. In this extent, the present study was conducted in a semideciduous seasonal forest located in the municipal district of Cassia, Minas Gerais, with the objective of evaluate aspects related to the spatial distribution pattern of the species *Cariniana legalis* (Jequitibá rosa). For that purpose, natural regeneration horizontal structure and Cartesian coordinates data were collected in four square plots of 1 ha each. For the mature population, the data was taking from the database of the PELD project. The statistical analysis was accomplished through the Ripley K function application, which showed to be an efficient method for the spatial distribution pattern analysis. The use of geographical information systems for that study made it possible to detect a visual analysis of the spatial horizontal structure of the population. It was also concluded that a spatial distribution pattern of the species *Cariniana legalis* exists and it is strongly related to the horizontal structure of the population.

Keywords: Spatial analysis; Population structure; *Cariniana legalis*; Geographical information systems; Ripley K Function.

Introdução

A compreensão da distribuição espacial de dados oriundos de fenômenos ocorridos no espaço constitui hoje um grande desafio para a elucidação de questões centrais em diversas áreas do conhecimento, seja em saúde, meio ambiente, geologia, entre tantas outras. Tais estudos vêm se tornando cada vez mais comuns, devido à disponibilidade de sistemas de informações geográficas (SIG). Esses sistemas permitem a visualização espacial de variáveis de interesse, como, por exemplo, índices da população, índices de qualidade de vida ou distribuição das espécies por meio de mapas (DRUCK et al., 2004).

O ímpeto para estudar padrão espacial em comunidades de plantas vem do pressuposto de que para entendê-las, deve-se descrever e quantificar características espaciais e temporais e relacioná-las a processos subjacentes, como estabelecimento, crescimento, competição, reprodução e mortalidade (DALE, 1999).

Os dados deste trabalho consistem em uma série de coordenadas de pontos ($p_1, p_2, p_3, p_4, \dots$) dos eventos de interesse dentro da área de estudo. O termo "evento" refere-se a qualquer tipo de fenômeno localizado no espaço que, dentro de nossa escala de investigação, possa estar associado a uma representação pontual (DRUCK et al., 2004).

O Padrão pontual ressalta a importância da variável a ser analisada na locação de eventos.

Mais frequentemente, a primeira pergunta a ser respondida é se o padrão exibido é completamente aleatório, agrupado ou regular (CRESSIE, N., 1993). A segunda pergunta é qual a importância ecológica desse padrão. Por exemplo, ao se considerar a localização de espécies florestais em uma floresta natural, qual a significância biológica do padrão espacial dessas espécies?

Neste âmbito, este estudo foi conduzido em uma floresta estacional semidecidual no município de Cássia, Minas Gerais, com o objetivo de estudar a distribuição espacial da espécie *Cariniana legalis* (Jequitibá rosa) utilizando a função K de Ripley e o sistema de informações geográficas.

Segundo resultados obtidos por Coraiola (1997), o jequitibá-rosa se destaca na floresta em estudo por ser a espécie de maior volume comercial por hectare. Em relação à frequência, o jequitibá-rosa ocorreu em todas as parcelas levantadas nesse estudo (100% frequência absoluta). Observou-se também que a espécie possui a segunda maior dominância absoluta da floresta, indicando a presença de indivíduos de grande porte, portanto, de grande importância na estrutura e na dinâmica florestal, justificando a escolha da espécie para o estudo deste trabalho.

Este trabalho fez parte do projeto PELD SITE 9 (Projeto Ecológico de Longa Duração), que visa à investigação dos processos ecológicos e o desenvolvimento tecnológico para a conservação e o manejo sustentável do bioma da floresta de

araucária e suas transições com outros biomas. Tem como objetivo quantificar e qualificar em longo prazo, o grau de alteração na produtividade (biomassa) e biodiversidade de diversos ecossistemas florestais brasileiros em função da magnitude e da intensidade das atividades antrópicas (<http://www.ufpr.br>).

Materiais e Métodos

Área de estudo

A área de estudo está localizada no município de Cássia, região sudoeste do estado de Minas Gerais situada entre latitude 20°20' e 20°40' sul e longitude 46°40' e 47°00' oeste, na propriedade denominada Fazenda Reata, que possui aproximadamente 90 ha de floresta natural e está situada na região dos planaltos do alto Rio Grande, com altitude média em torno de 680m.

A vegetação predominante na região é a floresta estacional semidecidual. O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo Cwa (tropical de altitude), apresentando verões rigorosos e chuvosos.

Espécie

A família *Lecythidaceae*, de distribuição pantropical, possui aproximadamente 200 espécies distribuídas em 11 gêneros. Suas espécies são predominantes de baixa altitude. A subfamília *Lecythidoideae*, da qual pertencem os jequitibás, está confinada ao novo mundo, estendendo-se do Atlântico ao Pacífico entre as latitudes 19° N e 25° S.

Cariniana legalis foi considerada por Mori e Prance (1990) como endêmica da floresta da costa brasileira. No entanto, Coraiola (1997) registrou sua presença na área de estudo em número representativo.

De modo geral, as espécies da família *Lecythidaceae* ocorrem em áreas de florestas tropicais que estão continuamente sob grande ameaça de destruição, colocando-as em risco de extinção (MORI et al., 1990).

Dados

Para a obtenção dos dados da regeneração dos jequitibás foi realizado o censo das plantas de jequitibás em quatro parcelas quadradas de 1 ha cada. Para cada planta foi medida a altura (para as árvores menores de 150 cm de altura) ou DAP (para árvores maiores de 150 cm de altura e menores que 10 cm de DAP). A localização de cada planta foi obtida por meio de suas coordenadas cartesianas (X, Y) dentro de cada subparcela.

Para as informações da estrutura da comunidade adulta (DAP \geq 10cm) utilizou-se da base de dados do projeto PELD.

As plantas de jequitibás foram classificadas em 2 classes:

Regeneração - Plantas menores que 10 cm de DAP (diâmetro a altura do peito);

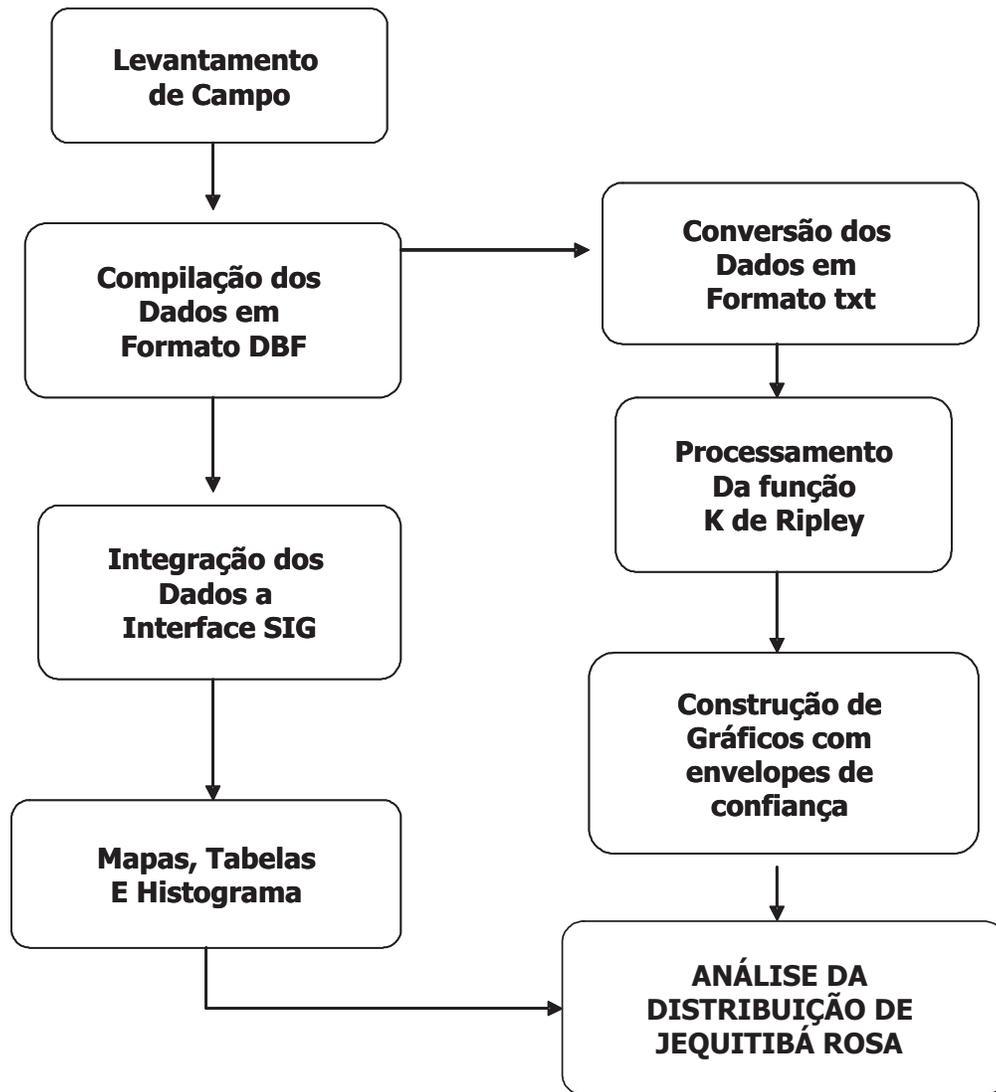
Adultas – Plantas maiores que 10 DAP.

Análise espacial

A distribuição espacial das plantas de jequitibá rosa foi avaliada pela equação proposta por Ripley (1976). Utilizou-se um programa de análise estatística espacial que, por simulações (100, no caso do presente trabalho) constrói intervalos de confiança, nos quais os dados são comparados com os dados observados. A análise foi feita por parcela, sendo considerados os casos bivariados (relação espacial entre adultos e regeneração) e os casos univariados (população, adultos e regeneração).

A Figura 1 apresenta de forma sintética a metodologia usada para a análise espacial do Jequitibá rosa.

FIGURA 1 - Fluxograma da metodologia para a análise da distribuição espacial de Jequitibá rosa.
Figure 1 - Flowchart of the methodology for the Jequitiba rosa spatial distribution analysis.



Resultados e discussão

Os resultados obtidos com a metodologia aplicada são apresentados a seguir na forma de mapas, gráficos e histograma.

Mapas

FIGURA 2 - Mapa da distribuição espacial de *Jequitibá rosa* na parcela 6.
*Figure 2 - *Jequitibá rosa* spatial distribution map of the plot 6.*

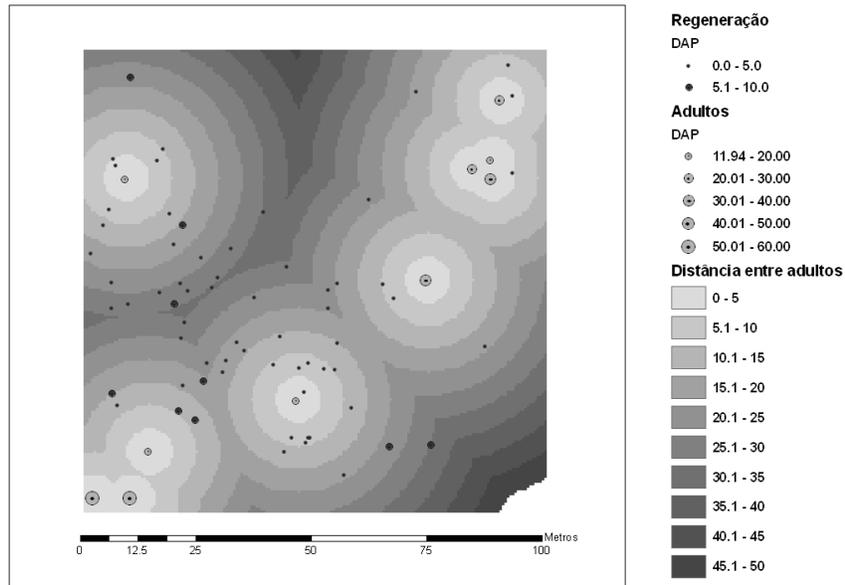


FIGURA 3 - Mapa da distribuição espacial de *Jequitibá rosa* na parcela 7.
*Figure 3 - *Jequitibá rosa* spatial distribution map of the plot 7.*

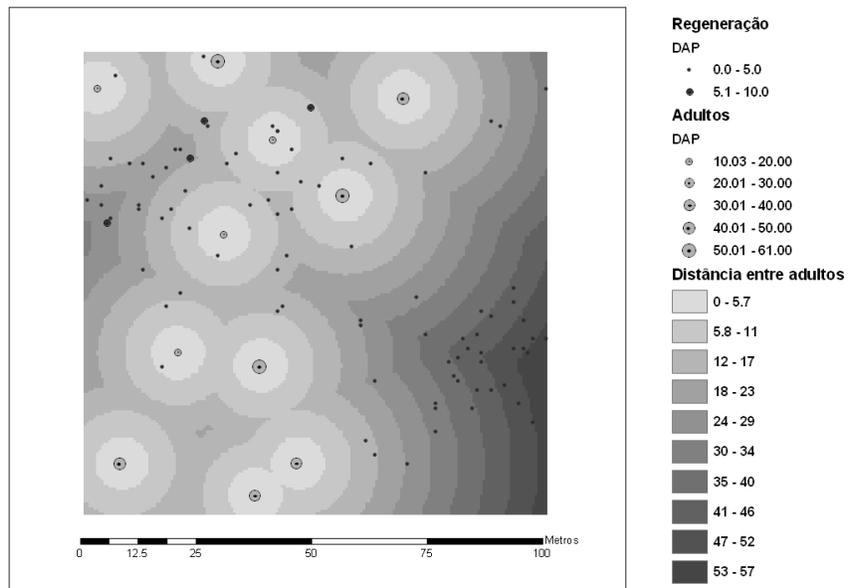


FIGURA 4 - Mapa da distribuição espacial de Jequitibá rosa na parcela 8.

Figure 4 - Jequitiba rosa spatial distribution map of the plot 8.

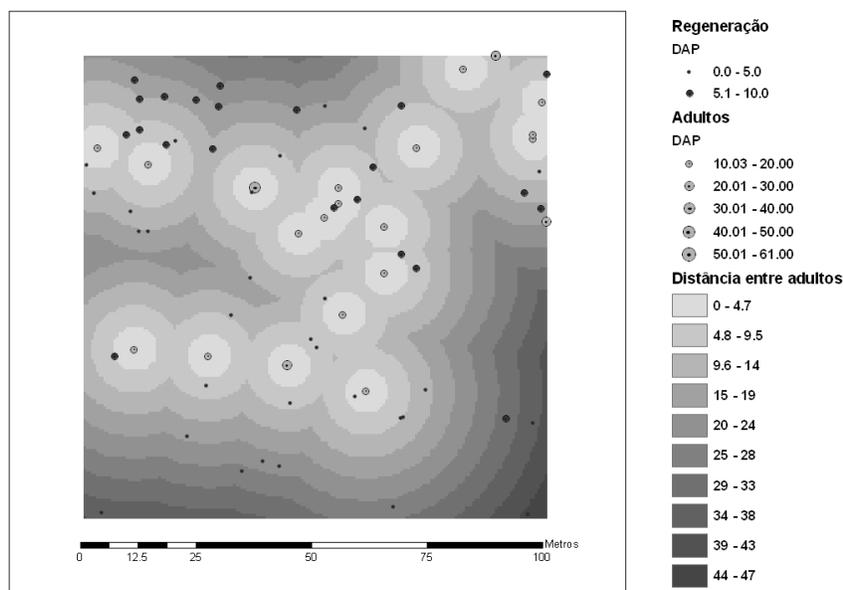
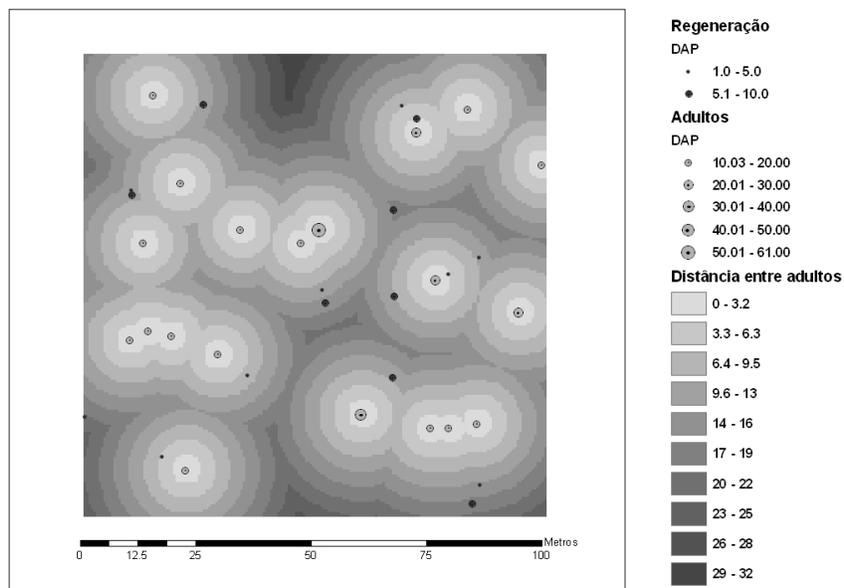


FIGURA 5 - Mapa da distribuição espacial de Jequitibá rosa na parcela 9.

Figure 5 - Jequitiba rosa spatial distribution map of the plot 9.



Gráficos da função K de Ripley

GRÁFICO 1 - Análise da dependência espacial entre adultos e regeneração (a) e distribuição espacial Jequitibá rosa na parcela 6 por meio da função K de Ripley, sendo: (b) a população, (c) a regeneração e (d) os adultos, em que as linhas pontilhadas representam intervalos de confiança com 100 simulações.

Graph 1 - Spatial dependence analysis between adults and natural regeneration (a) and Jequitibá rosa spatial distribution in the plot 6 through the Ripley K function, being: (b) the population, (c) the natural regeneration and (d) the mature, were dash lines represent confidence intervals with 100 simulations.

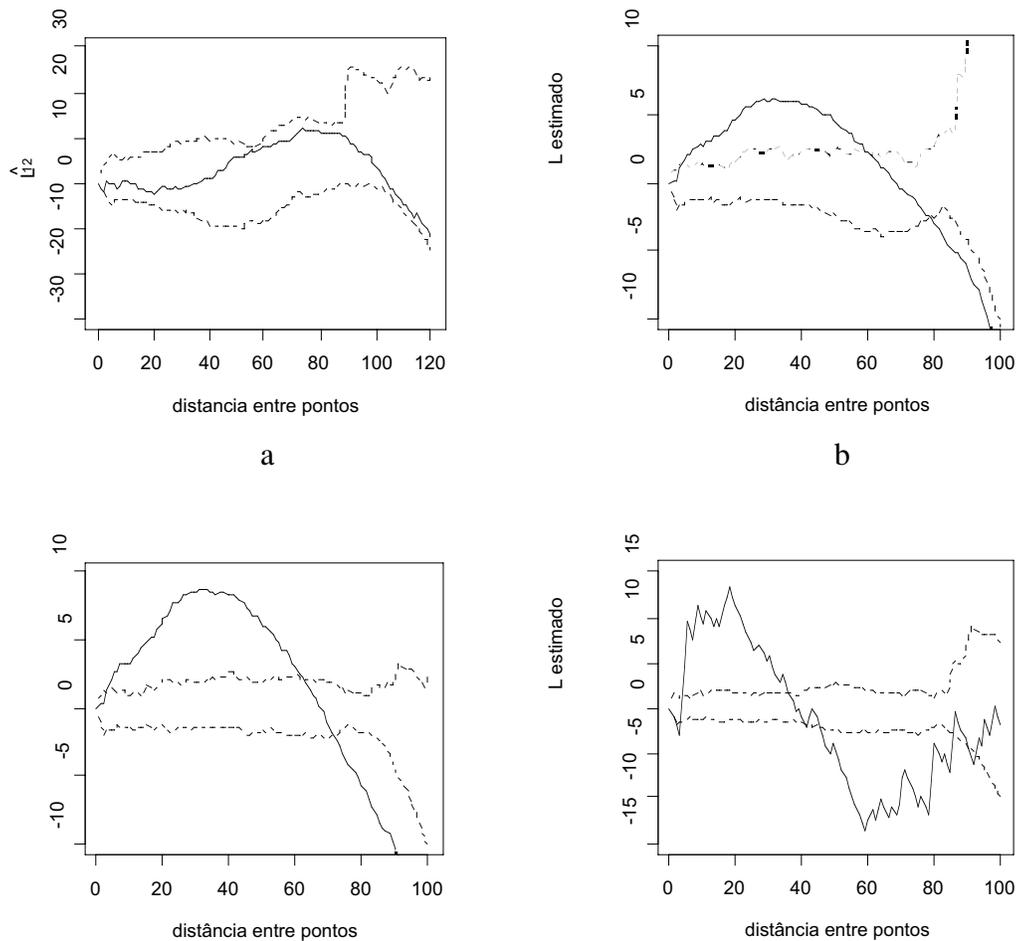


GRÁFICO 2 - Análise da dependência espacial entre adultos e regeneração (a) e distribuição espacial Jequitibá rosa na parcela 7 por meio da função K de Ripley, sendo: (b) a população, (c) a regeneração e (d) os adultos, em que as linhas pontilhadas representam intervalos de confiança com 100 simulações.

Graph 2 - Spatial dependence analysis between adults and natural regeneration (a) and Jequitibá rosa spatial distribution in the plot 7 through the Ripley K function, being: (b) the population, (c) the natural regeneration and (d) the mature, were dash lines represent confidence intervals with 100 simulations.

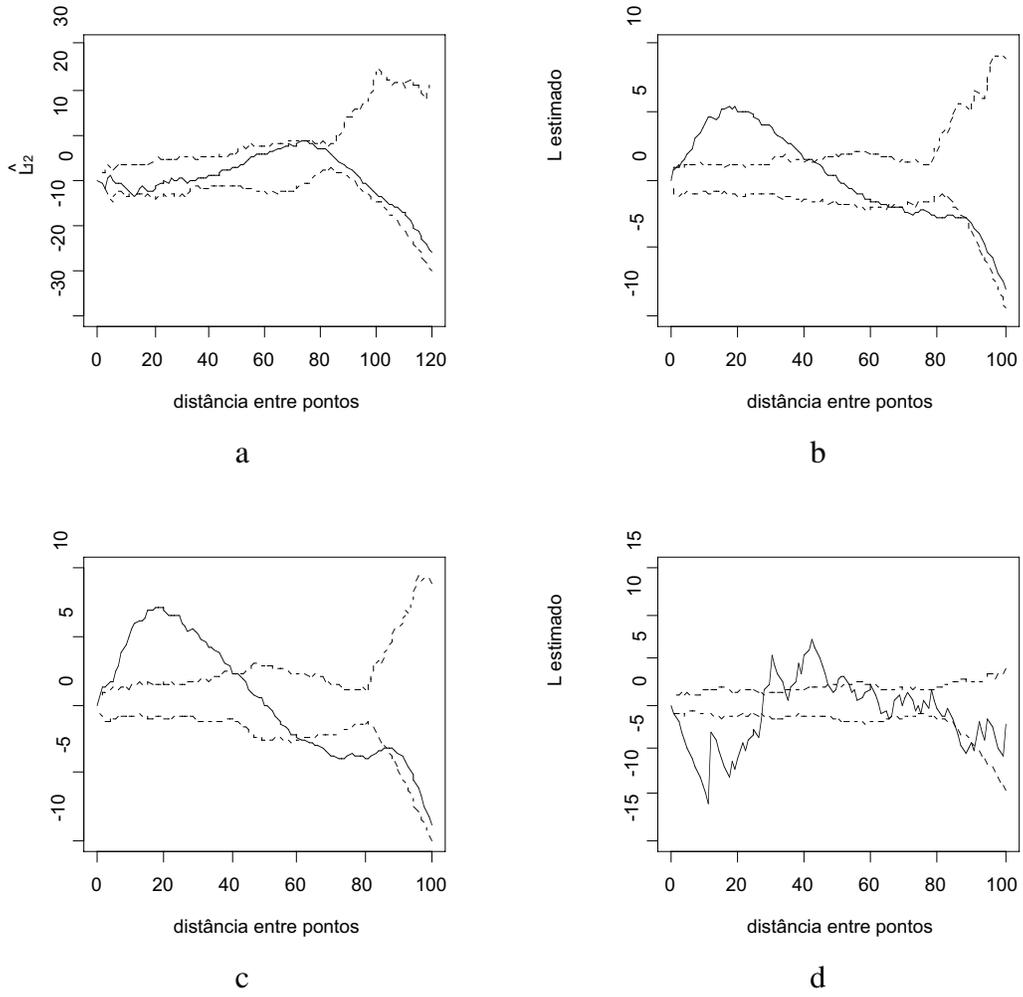
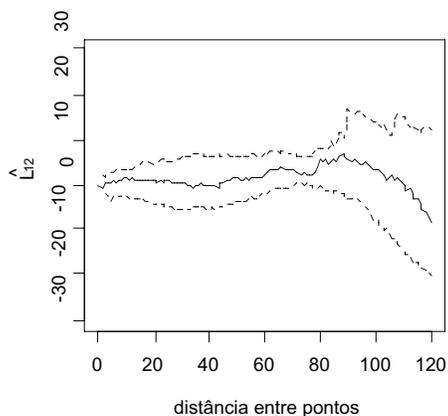
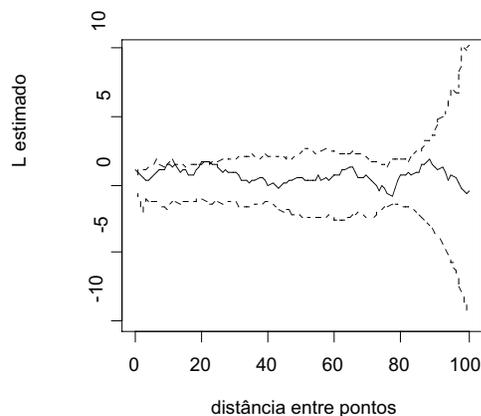


GRÁFICO 3 - Análise da dependência espacial entre adultos e regeneração (a) e distribuição espacial Jequitibá rosa na parcela 8 por meio da função K de Ripley, sendo: (b) a população, (c) a regeneração e (d) os adultos, em que as linhas pontilhadas representam intervalos de confiança com 100 simulações.

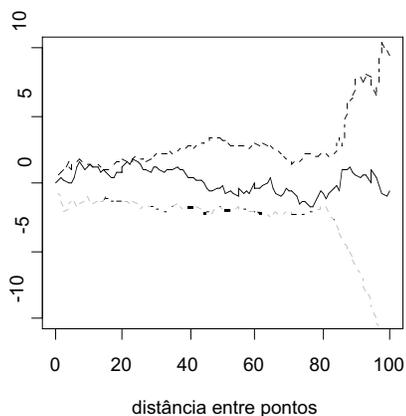
Graph 3 - Spatial dependence analysis between adults and natural regeneration (a) and Jequitibá rosa spatial distribution in the plot 8 through the Ripley K function, being: (b) the population, (c) the natural regeneration and (d) the mature, were dash lines represent confidence intervals with 100 simulations.



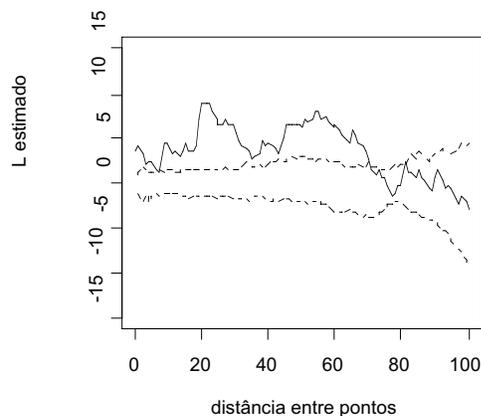
a



b



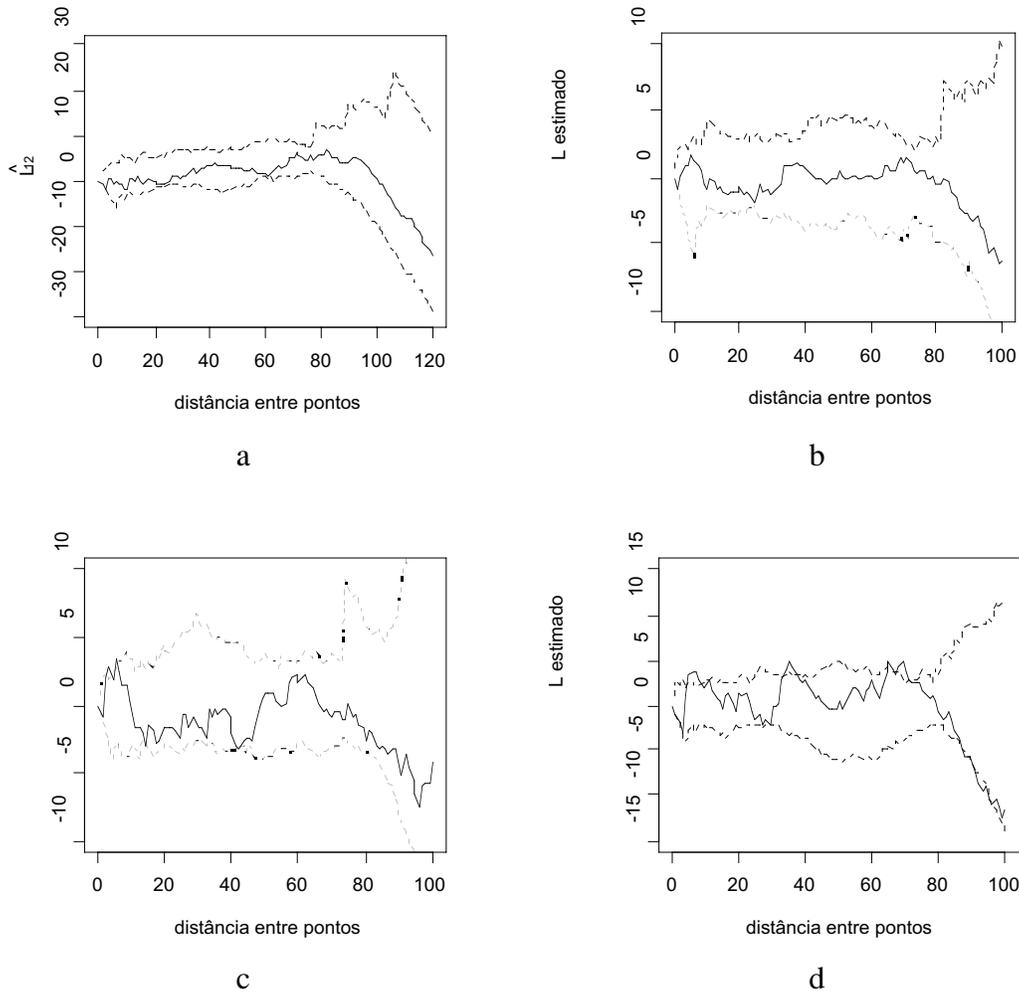
c



d

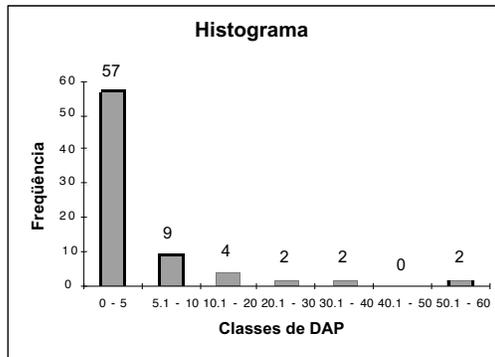
GRÁFICO 4 - Análise da dependência espacial entre adultos e regeneração (a) e distribuição espacial Jequitibá rosa na parcela 9 por meio da função K de Ripley, sendo: (b) a população, (c) a regeneração e (d) os adultos, em que as linhas pontilhadas representam intervalos de confiança com 100 simulações.

Graph 4 - Spatial dependence analysis between adults and natural regeneration (a) and Jequitibá rosa spatial distribution in the plot 9 through the Ripley K function, being: (b) the population, (c) the natural regeneration and (d) the mature, were dash lines represent confidence intervals with 100 simulations.

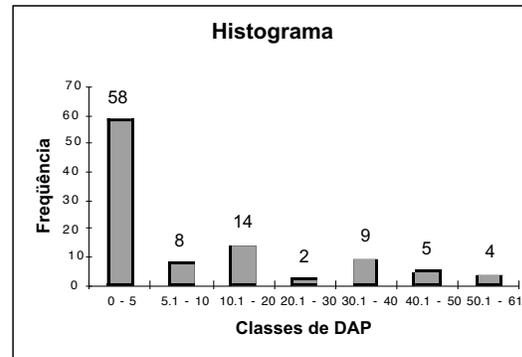


Histogramas:

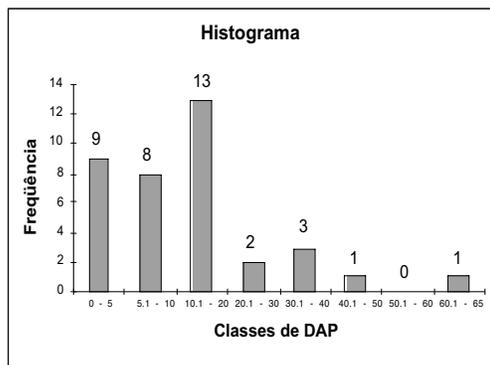
HISTOGRAMA 1 - Parcela 6 (a), parcela 7 (b), parcela 8 (c) e parcela 9 (d).
 Histogram 1 - Plot 6 (a), plot 7 (b), plot 8 (c) and plot 9 (d).



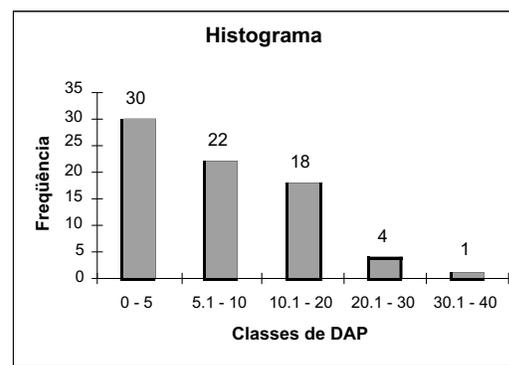
a



b



c



d

Caso Bivariado:

Considerando-se a dependência espacial entre adultos e regeneração, observa-se que a distribuição das árvores de *Cariniana legalis* não apresenta nem atração nem inibição. As plantas estão distribuídas independentes na área da parcela estudada. (GRÁFICOS 1a, 2a, 3a, 4a)

Caso Univariado:

Parcela 6 (Figura 1):

População: As plantas de *Cariniana legalis* apresentaram um padrão de distribuição:

- Agregado até uma distância de 60 m;
- Aleatório entre 60 e 80 m;
- Regular acima de 80 m.

O padrão da distribuição mostra que as populações de jequitibás apresentam agregados de diferentes tamanhos, distribuído regularmente na área. (GRÁFICO 1b)

Regeneração: As plantas consideradas neste trabalho como regenerantes de *Cariniana legalis* apresentaram resultado semelhante da população, porém com um padrão de distribuição agregado até 65m, passando para aleatório até os 75m e tornando-se regular acima de 75 m. (GRÁFICO 1c)

Adultos: As plantas consideradas como adultas de *Cariniana legalis* apresentaram padrão de distribuição:

- Aleatório a regular até uma distância de 5 m;
- Agrupado de 5 a 35 m;
- Aleatório de 35 a 45 m;

- Regular de 45 a 85 m;
- Aleatório acima de 85 m, com uma pequena tendência a regular.

Assim, conclui-se que essa distribuição não apresentou um padrão definido. (GRÁFICO 1d)

Histograma: A parcela 6 é caracterizada pelo grande número de indivíduos jovens, porém com algumas matrizes de grande porte. (FIGURA 5)

Parcela 7: (FIGURA 2)

População: As plantas de *Cariniana legalis* apresentaram um padrão de distribuição:

- Agregado até uma distância de 42 m;
- Aleatório de 42 a 68 m;
- Regular de 68 a 89 m; e
- Aleatório acima de 89 m. (GRÁFICO 2b)

Regeneração: As plantas de *Cariniana legalis* apresentaram um padrão de distribuição muito parecido com a população, apresentando-se agregado até uma distância de 42 m, passando para aleatório até 62 m e depois se tornando regular e voltando ao padrão aleatório aos 88 m (GRÁFICO 2c).

Adultos: As plantas consideradas como adultas de *Cariniana legalis* apresentaram um padrão de distribuição:

- Regular até uma distância de 28 m;
- Aleatório de 28 a 30 m;
- Agregado de 30 a 48 m;
- Aleatório de 48 a 84 m;
- Com uma moderada tendência a regular entre 84 e 90m;
- Aleatório acima de 90 m, apresentando muitas oscilações no padrão de distribuição. (GRÁFICO 2d)

Histograma: A frequência diamétrica da parcela 7 assemelha-se da parcela 6, caracterizada por apresentar em sua maioria indivíduos de pequeno porte, porém com algumas matrizes de grande porte. (FIGURA 6)

Parcela 8: (FIGURA 3)

População: As plantas de *Cariniana legalis* apresentaram um padrão de distribuição aleatório com uma pequena tendência a agregado na distância de 22 m. (GRÁFICO 3b).

Regeneração: As plantas de *Cariniana legalis* apresentaram um padrão de distribuição muito parecido com a população apresentando uma pequena tendência a agregado a uma distân-

cia de uns 10 m, porém permanecendo aleatório por toda a escala. (GRÁFICO 3c)

Adultos: As plantas consideradas como adultas de *Cariniana legalis* apresentaram um padrão de distribuição agregada até uma distância de 72m, passando para um padrão aleatório, onde permaneceram ao longo da escala. (GRÁFICO 3d)

Histograma: A parcela 8 apresentou grande concentração de indivíduos de médio porte, caracterizando uma parcela com um grau maior de perturbação. Há uma ausência de indivíduos de grande porte. (FIGURA 7)

Parcela 9: (Figura 4)

Caso Univariado:

População: As plantas de *Cariniana legalis* apresentaram um padrão de distribuição aleatório com uma pequena tendência a regular na distância de 22 m. (GRÁFICO 4b)

Regeneração: As plantas de *Cariniana legalis* apresentaram uma pequena tendência a agregado a uma distância de aproximadamente 5 m, porém permanecendo aleatório por toda a escala, tendendo a regular nas distâncias 15 m e 42 m. (GRÁFICO 4c)

Adultos: As plantas consideradas como adultas de *Cariniana legalis* apresentaram um padrão de distribuição aleatório com picos de um padrão agregado a uma distância de 5 m a 10 m, 35 m a 38 m e 65 m a 75 m passando para um padrão aleatório até os 86 m, onde permaneceu próximo de um padrão regular e aleatório. (GRÁFICO 4d)

Histograma: A parcela 9 apresentou estrutura semelhante a da parcela 8, porém apresentando um indivíduo de grande porte. (FIGURA 8)

Capretz (2004), analisando o padrão espacial por classes de tamanho, observou que as árvores das classes menores (onde provavelmente estão incluídas as árvores jovens) mostram acentuada agregação, e que árvores de classes maiores apresentam tendência a padrões aleatórios. Segundo o mesmo autor, fica evidente o potencial de uso da Função K de Ripley para estudos sobre o padrão espacial. Suas ferramentas de análises permitem investigar uma série de questões de relevante interesse em ecologia florestal, especialmente na questão da detecção do padrão espacial em diferentes escalas, na análise de padrões espaciais observados comparando com modelos (como o modelo de Completamente Aleatoriedade Espacial), e nas análises bivariada, que avaliam a independência

espacial entre grupos de árvores (adultos e regenerantes, neste estudo).

Anjos (1998), usando a função K de Ripley, obteve resultados interessantes ao aplicar a função para avaliar a inferência no ambiente natural, por meio de uma exploração simulada em palmiteiros. O mesmo autor, ao estudar a distribuição de *Araucaria angustifolia*, usou a função K de Ripley, possibilitando a observação de tendências nos resultados obtidos.

Gorenstein (2002), em um trabalho com métodos de amostragem em floresta semidecídua, enfatizou a importância de se conhecer o padrão de distribuição da floresta para aplicação do método de quadrantes e interpretar corretamente seus resultados. Segundo o mesmo autor, o método de quadrantes é influenciado pelo padrão de distribuição da floresta, sendo que não se deve usar esse procedimento de amostragem quando não tiver certeza da aleatoriedade dos dados.

Vidal (2000), estudando a regeneração de *Jequitibá rosa* na mesma floresta da área de estudo deste trabalho, encontrou um padrão agregado em regenerantes de *Jequitibá rosa*. Porém o Índice de Morista não conseguiu captar as diferenças de padrões em diferentes escalas.

A análise da distribuição espacial dos *jequitibás* neste trabalho encontrou diferentes padrões de distribuição. Foram observadas tendências no padrão da distribuição, sendo essas tendências relacionadas à frequência e estrutura diamétrica dos indivíduos estudados.

Os resultados obtidos neste trabalho dão subsídios para a análise quantitativa e qualitativa da espécie *Jequitibá rosa*, além de ser de grande utilidade na interpretação de questões relacionadas à ecologia dessa espécie.

Conclusões

Segundo resultados obtidos, não existe dependência espacial entre adultos e regenerantes de *Jequitibá rosa*. Isto pode ser explicado devido à dispersão anemocoria das sementes.

Nos casos univariados, algumas tendências foram observadas:

Nas parcelas cuja maior concentração se encontrava na Classe diamétrica de 0 - 5 cm de DAP, o padrão de distribuição apresentou-se pre-

dominantemente agrupado. Isto pode ocorrer devido a algum requerimento ecológico que favorece o agrupamento da regeneração.

Nas parcelas cuja predominância da classe diamétrica esteve entre 5 a 20 cm de DAP, apresentou um padrão aleatório. Possivelmente porque os indivíduos já estabelecidos, não requerem do fator ecológico a qual favorece o agrupamento da regeneração.

Os indivíduos de maior porte não apresentaram um padrão definido.

Analisando os resultados obtidos, pode-se concluir que existe um padrão de distribuição espacial da espécie *Cariniana legalis* e que esse está fortemente relacionado à estrutura horizontal da população.

A função K de Ripley se mostrou um método eficiente para esse tipo de análise, fornecendo informações relevantes sobre padrões espaciais.

O uso de sistemas de informações geográficas para este tipo de estudo é uma ferramenta de grande utilidade, pois possibilita a construção de mapas, contribuindo para uma análise visual da estrutura espacial de espécies florestais.

Referências

- ANDERSEN, M. Spatial analysis of two-species interactions. **Oecologia**, v. 91, p. 134-140, 1992.
- ANJOS, A., **Análise do padrão de distribuição espacial do palmiteiro (*Euterpe edulis*) utilizando a função K de Ripley**. 1998. 113 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1998.
- CARVALHO, L. M. T. **Dinâmica de clareiras em uma floresta de nuvem na serra do Ibitipoca, Minas Gerais**. 1997. 52 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.
- CORAIOLA, M. **Caracterização Estrutural de uma Floresta Estacional Semidecidual localizada no Município de Cássia-MG**. 1997. 196 f. Dissertação (Mestrado) – Univesidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.
- CRESSIE, N. A. C. **Statistics for spatial data**. Revised, p. 803, 1993.

DRUCK, S., et al. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília: EMBRAPA, (ISBN: 85-7383-260-6). 2004.

MELLO, J. M. **Geoestatística aplicada ao inventário florestal**. 2004. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agrícola “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2004.

MORI, S. A.; PRANCE, G. T. Taxonomy, ecology, and economic botany of the Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl.: Lecythidaceae). **Advances Econ. Bot.** v. 8, p. 130-150, 1990.

NED LEVINE, & ASSOCIATES. The National Institute of Justice Washington, DC May. **A Spatial Statistics Program for the Analysis of Crime Incident Locations**, 2002.

PRANCE, G.T.; MORI. S.A. Lecythidaceae - Part I: The actinomorphic-flowered New World Lecythidaceae (*Asteranthus*, *Gustavia*, *Grias*, *Allantoma* and *Cariniana*). **Flora Neotropica Monograph**, v. 21, n. 1, p. 270, 1979.

RIZZINI, C. T. **Arvores e madeiras uteis do Brasil**: manual de dendrologia brasileira. São Paulo, SP: Edgard Blücher, 1971.

Recebido: 07/06/2005

Aprovado: 30/09/2005