

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE, UNICENTRO-PR**

**PADRÕES E INTERAÇÕES ESPACIAIS NA  
REGENERAÇÃO DE *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer NA  
FLORESTA NACIONAL DE IRATI, PR**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**CILMAR ANTÔNIO DALMASO**

**IRATI-PR**

**2012**

**CILMAR ANTÔNIO DALMASO**

**PADRÕES E INTERAÇÕES ESPACIAIS NA REGENERAÇÃO DE *Ocotea odorifera*  
(Vell.) Rohwer NA FLORESTA NACIONAL DE IRATI, PR**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, área de concentração em Silvicultura, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Mario Takao Inoue  
Orientador

Prof(a) Dra. Vânia Rossetto Marcelino  
Coorientadora

Prof. Dr. Paulo Costa de Oliveira Filho  
Coorientador

IRATI-PR  
2012

Catálogo na Fonte  
Biblioteca da UNICENTRO

D148a DALMASO, Cilmar Antônio.  
Padrões de interações espaciais na regeneração de *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer na Floresta Nacional de Irati, PR / Cilmar Antônio Dalmaso. – Irati, PR : UNICENTRO, 2012.

101f.  
ISBN

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, PR. Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, área de concentração em Silvicultura.

Orientador: Prof. Dr. Mario Takao Inoue

Coorientadores : Profa. Dra. Vânia Rossetto Marcelino  
Prof. Dr. Paulo Costa de Oliveira Filho

1. Engenharia Florestal – Dissertação. 2. Araucária – Floresta.  
3. Ecologia. I. Inoue, Mario Takao. II. Marcelino, Vânia Rossetto.  
III. Oliveira Filho, Paulo Costa de. IV. Título.

CDD 20<sup>a</sup>: 634.9751



# Universidade Estadual do Centro-Oeste

Reconhecida pelo Decreto Estadual nº 3.444, de 8 de agosto de 1997

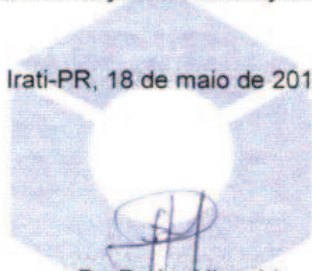
## PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

### PARECER

Defesa Nº 36

A Banca Examinadora instituída pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Florestais, do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais, da Universidade Estadual do Centro-Oeste, Campus de Irati, após arguir o mestrando **Cilmar Antônio Dalmaso** em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado "Padrões e interações espaciais na regeneração de *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer na Floresta Nacional de Irati, PR", é de parecer favorável à APROVAÇÃO do estudante, habilitando-o ao título de **Mestre em Ciências Florestais**, Área de Concentração em Manejo Sustentável de Recursos Florestais.

Irati-PR, 18 de maio de 2012.



*Dr. Pedro Higuchi*  
Universidade do Estado de Santa Catarina  
Primeiro Examinador

UNICENTRO



*Dr. Paulo Costa de Oliveira Filho*  
Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Segundo Examinador



*Dr. Mario Takao Inoue*  
Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Orientador e Presidente da Banca Examinadora

Home Page: <http://www.unicentro.br>

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e ao Departamento de Engenharia Florestal da UNICENTRO pela oportunidade e apoio para tornar este estudo possível.

Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio pela autorização concedida (nº 25871-1) para as atividades na FLONA de Irati.

Um agradecimento especial aos orientadores deste trabalho Drs. Mario Takao Inoue, Paulo Costa de Oliveira Filho e Dra. Vânia Rossetto Marcelino pelo apoio, comentários e o compromisso de todo o processo de produção da dissertação.

Ao professor Dr. Afonso Figueiredo Filho e os demais colaboradores do Laboratório de Manejo Florestal por disponibilizar os dados primários utilizados neste estudo.

A todos que auxiliaram na coleta de dados em campo, principalmente Lucas Lamezon, Emilio Carlos Zilli Ruiz, Carla Mussio, Sebastião Eloy Opuskwicz, Jeferson Machado Caetano, Pedro Brito, Tony Thomas Sartori, Joseli Diniz, Jonas Eduardo Bianchin, Amanda Johann Fazzini, Tiago Grespan, Valter Luiz Franzen, Marciane Maria Dalmaso, Adriano Guedes de Carvalho, Thiago Marcelino, Halan Hey de Camargo, Roberto, Giovani, Ramires, Marcio Schwerz, Wesllen S. Kieras, Pablo Signor, Prof. Dr. Mario Takao Inoue e alunos.

Ao colega e amigo Gustavo Sartori Pottker pela valiosa ajuda na utilização de *softwares* e esclarecimentos de dúvidas.

À Flávia, secretária do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais.

Não poderia também deixar de agradecer a família e os diversos amigos de maior tempo de convivência Cesar, Tony, Jeferson e Sebastião que também fizeram parte na elaboração do trabalho.

À Capes e à Fundação Araucária pelo auxílio à pesquisa com bolsa de mestrado.

Por último quero agradecer a Banca Examinadora integrada pelos professores orientadores e professores Dr. Pedro Higuchi e prof.<sup>a</sup> Dra. Eneida Martins pelos valiosos comentários.

Muito obrigado.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>5</b>
2.1. Objetivo Geral .....	5
2.2. Objetivos específicos.....	5
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>6</b>
3.1. Classificação e descrição da espécie.....	7
3.2. Floresta Ombrófila Mista.....	10
3.3. Descrição dos métodos quantitativos em ecologia vegetal.....	13
3.3.1. Função <i>K</i> de Ripley .....	15
3.3.2. Estimador de intensidade por Kernel .....	19
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>20</b>
4.1. Caracterização da área de estudo .....	20
4.2. Amostragem da população.....	21
4.3. Coleta de dados da canela-sassafrás .....	23
4.4. Caracterização da estrutura horizontal e vertical da canela-sassafrás .....	25
4.5. Estimativas de densidade .....	26
4.6. Métodos estatísticos para descrição dos padrões espaciais .....	26
4.6.1. Análise univariada dos padrões espaciais .....	27
4.6.2. Análise bivariada para os padrões de interação espacial.....	27
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>29</b>
5.1. Estrutura e padrão espacial .....	29
5.1.1. Estrutura diamétrica da comunidade arbórea e da canela-sassafrás.....	35
5.1.2. Estrutura vertical dos indivíduos regenerantes de canela-sassafrás.....	37
5.1.3. Diversidade e estrutura horizontal da comunidade .....	39
5.1.4. Descrição dos padrões espaciais com a função <i>K</i> -univariada de Ripley.....	45
5.2. Interações espaciais na regeneração de canela-sassafrás .....	57
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	<b>79</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>80</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Dados básicos de análise exploratória, referentes aos três Blocos da área de estudo, na FLONA de Irati, PR.....	29
<b>Tabela 2.</b> Estatísticas descritivas referentes ao diâmetro à altura do peito (DAP) de todas as árvores adultas (espécies diversas) presentes em cada Bloco de estudo, na FLONA de Irati, PR. ....	36
<b>Tabela 3.</b> Estatísticas descritivas referentes ao diâmetro à altura do peito (DAP) das árvores de canela-sassafrás adultas presentes em cada Bloco de estudo, na FLONA de Irati, PR. ....	36
<b>Tabela 4.</b> Estimativas da comunidade arbórea das áreas de amostragem localizadas na FLONA de Irati, PR. ....	39
<b>Tabela 5.</b> Estimadores fitossociológicos para as espécies registradas no Bloco 1, FLONA de Irati, PR (dados de 2011, fornecidos pelo Laboratório de Manejo Florestal da UNICENTRO). ....	40
<b>Tabela 6.</b> Estimadores fitossociológicos para as espécies registradas no Bloco 2, FLONA de Irati, PR (dados de 2011, fornecidos pelo Laboratório de Manejo Florestal da UNICENTRO). ....	42
<b>Tabela 7.</b> Estimadores fitossociológicos para as espécies registradas no Bloco 3, FLONA de Irati, PR (dados de 2011, fornecidos pelo Laboratório de Manejo Florestal da UNICENTRO). ....	44

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Distribuição geográfica de *Ocotea odorifera* (canela-sassafrás) no Brasil (A) e no estado do Paraná (B)..... 3
- Figura 2.** Características morfológicas da canela-sassafrás (*O. odorifera*). Hábito (A); ramo florido (B); sépalo (C); pétalo (D); gineceu (E); estaminódios (F); estames quadrilocelatos (G); glândulas e receptáculo (H e I). Ramo florido: Reitz e Klein 6307. Ramo frutificado: R.M. Klein 6. Desenho: Hilda Manhá Ferreira. .... 9
- Figura 3.** Distribuição das formações vegetais no estado do Paraná com indicação dos limites dos municípios..... 11
- Figura 4.** Distribuição original da formação Floresta Ombrófila Mista (FOM) e principais tipologias associadas no estado do Paraná com indicação dos limites dos municípios. .... 12
- Figura 5.** Cobertura florestal da Floresta Ombrófila Mista (FOM) no Estado do Paraná (maio/2003). .... 13
- Figura 6.** Correção do efeito de borda pelo Método de Ripley. .... 17
- Figura 7.** Localização geográfica da FLONA de Irati, entre os municípios de Fernandes Pinheiro, Imbituva, Irati e Teixeira Soares no estado do Paraná, Brasil. Destaque para os três Blocos de área amostral (1 ha cada) avaliados neste trabalho..... 20
- Figura 8.** Localização da área de estudo com a representação dos limites da FLONA de Irati e do experimento de 25 hectares de parcelas permanentes (A) com destaque para as três áreas (Blocos) avaliadas neste trabalho (B)..... 21
- Figura 9.** Consulta espacial com o SPRING para localizar as áreas com maior densidade de *O. odorifera* no experimento de 25 ha, localizado na FLONA de Irati, PR. As linhas determinam cada um dos 25 Blocos de 1 hectare e os círculos representam distâncias de 10 m em torno dos indivíduos maiores que 30 cm de DAP (prováveis plantas matrizes); os pontos em forma de cruz (cor marrom) indicam as árvores maiores que 10 cm de DAP. Destaque em “vermelho” para os três Blocos escolhidos para esta pesquisa. .... 22
- Figura 10.** Croqui de localização das árvores no Bloco com indicação dos limites das parcelas e faixas e esquema demonstrando a forma de mapeamento por coordenadas cartesianas locais (X e Y) em cada faixa. Localização das árvores, das faixas e das parcelas no Bloco (A); localização das árvores e faixas na parcela (B); localização das árvores e indivíduos regenerantes na faixa (C); esquema utilizado para registrar a localização por coordenadas cartesianas (D). .... 24
- Figura 11.** Imagens da coleta de dados. Indivíduo regenerante sendo mensurado a partir da faixa delimitada pela fita-zebrada (A) e (B); mensuração da altura de um indivíduo regenerante (C); aspecto das folhas apicais (característica útil para o reconhecimento da espécie) de um indivíduo de *O. odorifera* presente no banco de plântulas (D). .... 25



<b>Figura 12.</b> Distribuição espacial dos indivíduos de <i>Ocotea odorifera</i> no Bloco 1 da área de estudo localizada na FLONA de Irati, PR (A). Frequência absoluta dos indivíduos adultos (B e D) e indivíduos regenerantes (C e E) a cada 5 m ao longo dos eixos Y e X das coordenadas cartesianas.....	30
<b>Figura 13.</b> Distribuição espacial dos indivíduos de <i>Ocotea odorifera</i> no Bloco 2 da área de estudo localizada na FLONA de Irati, PR (A). Frequência absoluta dos indivíduos adultos (B e D) e indivíduos regenerantes (C e E) a cada 5 m ao longo dos eixos Y e X das coordenadas cartesianas.....	31
<b>Figura 14.</b> Distribuição espacial dos indivíduos de <i>Ocotea odorifera</i> no Bloco 3 da área de estudo localizada na FLONA de Irati, PR (A). Frequência absoluta dos indivíduos adultos (B e D) e indivíduos regenerantes (C e E) a cada 5 m ao longo dos eixos Y e X das coordenadas cartesianas.....	32
<b>Figura 15.</b> Visualização do padrão espacial e da intensidade de plantas adultas e regenerantes de cada área amostrada. Bloco 1 (A); Bloco 2 (B); Bloco 3 (C).....	34
<b>Figura 16.</b> Perspectiva “3D” da variação espacial da densidade de indivíduos adultos e regenerantes nos três Blocos amostrados na área de estudo, localizada na FLONA de Irati, Paraná. Bloco 1 (A); Bloco 2 (B); Bloco 3 (C).....	35
<b>Figura 17.</b> Frequência absoluta e acumulada da distribuição diamétrica (cm) dos indivíduos adultos de todas as espécies (esquerda) e somente da canela-sassafrás (direita), na FLONA de Irati, PR. Bloco 1 (A) e (B); Bloco 2 (C) e (D); Bloco 3 (E) e (F).....	37
<b>Figura 18.</b> Frequência absoluta e acumulada da distribuição vertical para a regeneração de <i>O. odorifera</i> em classes de desenvolvimento, e particularmente em subclasses de 10 cm de altura para as regenerantes “U1-mudas inferiores” com altura até 150 cm. Bloco 1: classes de desenvolvimento (A), mudas inferiores (B); Bloco 2: classes de desenvolvimento (C), mudas inferiores (D); Bloco 3: classes de desenvolvimento (E), mudas inferiores (F).....	38
<b>Figura 19.</b> Padrão espacial e resultado da análise com a função <i>K</i> -univariada ( <i>L</i> estimado) para os indivíduos regenerantes de canela-sassafrás nos três Blocos amostrados na FLONA de Irati, PR. Indica-se entre parênteses o número de indivíduos considerados em cada caso. ....	47
<b>Figura 20.</b> Padrão espacial e resultado da análise com a função <i>K</i> -univariada ( <i>L</i> estimado) para os indivíduos adultos de canela-sassafrás nos três Blocos amostrados na FLONA de Irati, PR. Indica-se entre parênteses o número de indivíduos considerados em cada caso.....	50
<b>Figura 21.</b> Função <i>K</i> -univariada ( <i>L</i> estimado) para diferentes categorias de altura total dos indivíduos regenerantes de canela-sassafrás no Bloco 1 na FLONA de Irati, PR. Indivíduos de 30 cm a 40 cm de altura total (A); indivíduos de 40 cm a 50 cm de altura total (B); indivíduos de 50 cm a 60 cm de altura total (C); indivíduos de 60 cm a 70 cm de altura total (D); indivíduos de 70 cm a 80 cm de altura total (E); indivíduos de 80 cm a 90 cm de altura total (F); indivíduos de 90 cm a 100 cm de altura total (G); indivíduos de 100 cm a 110 cm de altura total (H); indivíduos de 110 cm a 120 cm de altura total (I); indivíduos de 120 cm a 130 cm de altura total (J); indivíduos de 130 cm a 150 cm de altura total (K); indivíduos de 150 cm a 300 cm de altura total (L).....	52

**Figura 22.** Função  $K$ -univariada ( $L$  estimado) para categorias de altura total dos indivíduos regenerantes de canela-sassafrás no Bloco 2 na FLONA de Irati, PR. Indivíduos de 30 cm a 40 cm de altura total (A); indivíduos de 40 cm a 50 cm de altura total (B); indivíduos de 50 cm a 60 cm de altura total (C); indivíduos de 60 cm a 70 cm de altura total (D); indivíduos de 70 cm a 80 cm de altura total (E); indivíduos de 80 cm a 90 cm de altura total (F); indivíduos de 90 cm a 100 cm de altura total (G); indivíduos de 100 cm a 110 cm de altura total (H); indivíduos de 110 cm a 120 cm de altura total (I); indivíduos de 120 cm a 130 cm de altura total (J); indivíduos de 130 cm a 150 cm de altura total (K); indivíduos de 150 cm a 300 cm de altura total (L). ..... 53

**Figura 23.** Função  $K$ -univariada de Ripley ( $L$  estimado) para categorias de altura total dos indivíduos regenerantes de canela-sassafrás no Bloco 3 na FLONA de Irati, PR. Indivíduos de 30 cm a 40 cm de altura total (A); indivíduos de 40 cm a 50 cm de altura total (B); indivíduos de 50 cm a 60 cm de altura total (C); indivíduos de 60 cm a 70 cm de altura total (D); indivíduos de 70 cm a 80 cm de altura total (E); indivíduos de 80 cm a 90 cm de altura total (F); indivíduos de 90 cm a 100 cm de altura total (G); indivíduos de 100 cm a 110 cm de altura total (H); indivíduos de 110 cm a 120 cm de altura total (I); indivíduos de 120 cm a 130 cm de altura total (J); indivíduos de 130 cm a 150 cm de altura total (K); indivíduos de 150 cm a 300 cm de altura total (L). ..... 54

**Figura 24.** Função  $K$ -univariada ( $L$  estimado) para as categorias ou classes de DAP dos indivíduos adultos de canela-sassafrás do Bloco 1 na FLONA de Irati, PR. Indivíduos de canela-sassafrás com DAP entre 10 cm e 19,9 cm (A); indivíduos de canela-sassafrás com DAP maior ou igual a 20 cm (B). ..... 55

**Figura 25.** Função  $K$ -univariada ( $L$  estimado) para as categorias ou classes de DAP dos indivíduos adultos de canela-sassafrás do Bloco 2 na FLONA de Irati, PR. Indivíduos de canela-sassafrás com DAP entre 10 cm e 19,9 cm (A); indivíduos de canela-sassafrás com DAP maior ou igual a 20 cm (B). ..... 55

**Figura 26.** Função  $K$ -univariada de Ripley ( $L$  estimado) para as categorias ou classes de DAP dos indivíduos adultos de canela-sassafrás do Bloco 3 na FLONA de Irati, PR. Indivíduos de canela-sassafrás com DAP entre 10 cm e 19,9 cm (A); indivíduos de canela-sassafrás com DAP maior ou igual a 20 cm (B). ..... 56

**Figura 27.** Análise de dependência espacial com a função  $K_{12}$  ( $L_{12}$  estimado) para as árvores adultas de canela-sassafrás e regenerantes de canela-sassafrás, na FLONA de Irati, PR. Bloco 1 - 89 adultas e 2840 regenerantes (A); Bloco 1 - 89 adultas e 125 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (B); Bloco 2 - 113 adultas e 758 regenerantes (C); Bloco 2 - 113 adultas e 35 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (D); Bloco 3 - 223 adultas e 1530 regenerantes (E); Bloco 3 - 223 adultas e 21 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (F). ..... 58

**Figura 28.** Análise de dependência espacial com a função  $K_{12}$  ( $L_{12}$  estimado) para árvores adultas de canela-sassafrás com DAP  $\geq 20$  cm e regenerantes de canela-sassafrás, na FLONA de Irati, PR. Bloco 1 - 23 adultas com DAP  $\geq 20$  cm e 2840 regenerantes (A); Bloco 1 - 23 adultas com DAP  $\geq 20$  cm e 125 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (B); Bloco 2 - 45 adultas com DAP  $\geq 20$  cm e 758 regenerantes (C); Bloco 2 - 45 adultas com DAP  $\geq 20$  cm e 35 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (D); Bloco 3 - 102 adultas com DAP  $\geq 20$  cm e 1530 regenerantes (E); Bloco 3 - 102 adultas com DAP  $\geq 20$  cm e 21 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (F). ..... 60

**Figura 29.** Análise de dependência espacial com a função  $K_{I2}$  ( $L_{I2}$  estimado) para todas as árvores adultas (incluindo as demais espécies) com  $DAP \geq 20$  cm e regenerantes de canela-sassafrás, na FLONA de Irati, PR. Bloco 1 - 239 adultas de espécies diversas com  $DAP \geq 20$  cm e 2840 regenerantes (A); Bloco 1 - 239 adultas de espécies diversas com  $DAP \geq 20$  cm e 125 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (B); Bloco 2 - 252 adultas de espécies diversas com  $DAP \geq 20$  cm e 758 regenerantes (C); Bloco 2 - 252 adultas de espécies diversas com  $DAP \geq 20$  cm e 35 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (D); Bloco 3 - 327 adultas de espécies diversas com  $DAP \geq 20$  cm e 1530 regenerantes (E); Bloco 3 - 327 adultas de espécies diversas com  $DAP \geq 20$  cm e 21 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (F). ..... 62

**Figura 30.** Análise de dependência espacial com a função  $K_{I2}$  ( $L_{I2}$  estimado) para árvores adultas mortas entre 2005 e 2010 e regenerantes de canela-sassafrás, na FLONA de Irati, PR. Bloco 1 - 79 mortas e 2840 regenerantes (A); Bloco 1 - 79 mortas e 125 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (B); Bloco 2 - 88 mortas e 758 regenerantes (C); Bloco 2 - 88 mortas e 35 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (D); Bloco 3 - 73 mortas e 1530 regenerantes (E); Bloco 3 - 73 mortas e 21 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (F). ..... 64

**Figura 31.** Análise de dependência espacial com a função  $K_{I2}$  ( $L_{I2}$  estimado) para árvores adultas de *Araucaria angustifolia* e regenerantes de canela-sassafrás, na FLONA de Irati, PR. Bloco 1 - 25 araucárias e 2840 regenerantes (A); Bloco 1 - 25 araucárias e 125 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (B); Bloco 2 - 24 araucárias e 758 regenerantes (C); Bloco 2 - 24 araucárias e 35 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (D); Bloco 3 - 31 araucárias e 1530 regenerantes (E); Bloco 3 - 31 araucárias e 21 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (F). ..... 66

**Figura 32.** Análise de dependência espacial com a função  $K_{I2}$  ( $L_{I2}$  estimado) para árvores adultas de *Nectandra grandiflora* e regenerantes de canela-sassafrás, na FLONA de Irati, PR. Bloco 1 - 8 *Nectandra grandiflora* e 2840 regenerantes (A); Bloco 1 - 8 *Nectandra grandiflora* e 125 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (B); Bloco 2 - 30 *Nectandra grandiflora* e 758 regenerantes (C); Bloco 2 - 30 *Nectandra grandiflora* e 35 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (D); Bloco 3 - 30 *Nectandra grandiflora* e 1530 regenerantes (E); Bloco 3 - 30 *Nectandra grandiflora* e 21 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (F). ..... 67

**Figura 33.** Análise de dependência espacial com a função  $K_{I2}$  ( $L_{I2}$  estimado) para árvores adultas de *Syagrus romanzoffiana* e regenerantes de canela-sassafrás, na FLONA de Irati, PR. Bloco 1 - 57 *Syagrus romanzoffiana* e 2840 regenerantes (A); Bloco 1 - 57 *Syagrus romanzoffiana* e 125 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (B); Bloco 2 - 12 *Syagrus romanzoffiana* e 758 regenerantes (C); Bloco 2 - 12 *Syagrus romanzoffiana* e 35 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (D); Bloco 3 - 33 *Syagrus romanzoffiana* e 1530 regenerantes (E); Bloco 3 - 33 *Syagrus romanzoffiana* e 21 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (F). ..... 68

**Figura 34.** Análise de dependência espacial com a função  $K_{I2}$  ( $L_{I2}$  estimado) para árvores adultas de *Nectandra megapotamica* e regenerantes de canela-sassafrás, na FLONA de Irati, PR. Bloco 1 - 21 *Nectandra megapotamica* e 2840 regenerantes (A); Bloco 1 - 21 *Nectandra megapotamica* e 125 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (B); Bloco 2 - 18 *Nectandra megapotamica* e 758 regenerantes (C); Bloco 2 - 18 *Nectandra megapotamica* e 35 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (D); Bloco 3 - 21 *Nectandra megapotamica* e 1530 regenerantes (E); Bloco 3 - 21 *Nectandra megapotamica* e 21 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (F). ..... 69

**Figura 35.** Análise de dependência espacial com a função  $K_{12}$  ( $L_{12}$  estimado) para árvores adultas de *Ilex paraguariensis* e regenerantes de canela-sassafrás, na FLONA de Irati, PR. Bloco 1 - 33 *Ilex paraguariensis* e 2840 regenerantes (A); Bloco 1 - 33 *Ilex paraguariensis* e 125 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (B); Bloco 2 - 31 *Ilex paraguariensis* e 758 regenerantes (C); Bloco 2 - 31 *Ilex paraguariensis* e 35 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (D); Bloco 3 - 42 *Ilex paraguariensis* e 1530 regenerantes (E); Bloco 3 - 42 *Ilex paraguariensis* e 21 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (F)..... 70

**Figura 36.** Análise de dependência espacial com a função  $K_{12}$  ( $L_{12}$  estimado) para árvores adultas de *Myrsine umbellata* e regenerantes de canela-sassafrás, na FLONA de Irati, PR. Bloco 1 - 32 *Myrsine umbellata* e 2840 regenerantes (A); Bloco 1 - 32 *Myrsine umbellata* e 125 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (B); Bloco 2 - 23 *Myrsine umbellata* e 758 regenerantes (C); Bloco 2 - 23 *Myrsine umbellata* e 35 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (D); Bloco 3 - 14 *Myrsine umbellata* e 1530 regenerantes (E); Bloco 3 - 14 *Myrsine umbellata* e 21 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (F)..... 71

**Figura 37.** Análise de dependência espacial com a função  $K_{12}$  ( $L_{12}$  estimado) para árvores adultas de *Coussarea contracta* e regenerantes de canela-sassafrás, na FLONA de Irati, PR. Bloco 1 - 35 *Coussarea contracta* e 2840 regenerantes (A); Bloco 1 - 35 *Coussarea contracta* e 125 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (B); Bloco 2 - 22 *Coussarea contracta* e 758 regenerantes (C); Bloco 2 - 22 *Coussarea contracta* e 35 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (D); Bloco 3 - 21 *Coussarea contracta* e 1530 regenerantes (E); Bloco 3 - 21 *Coussarea contracta* e 21 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (F)..... 72

**Figura 38.** Análise de dependência espacial com a função  $K_{12}$  ( $L_{12}$  estimado) para árvores adultas de *Casearia decandra* e regenerantes de canela-sassafrás, na FLONA de Irati, PR. Bloco 1 - 35 *Casearia decandra* e 2840 regenerantes (A); Bloco 1 - 35 *Casearia decandra* e 125 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (B); Bloco 2 - 29 *Casearia decandra* e 758 regenerantes (C); Bloco 2 - 29 *Casearia decandra* e 35 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (D); Bloco 3 - 35 *Casearia decandra* e 1530 regenerantes (E); Bloco 3 - 35 *Casearia decandra* e 21 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (F)..... 73

**Figura 39.** Análise de dependência espacial com a função  $K_{12}$  ( $L_{12}$  estimado) para árvores adultas de *Casearia sylvestris* e regenerantes de canela-sassafrás, na FLONA de Irati, PR. Bloco 1 - 22 *Casearia sylvestris* e 2840 regenerantes (A); Bloco 1 - 22 *Casearia sylvestris* e 125 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (B); Bloco 2 - 9 *Casearia sylvestris* e 758 regenerantes (C); Bloco 2 - 9 *Casearia sylvestris* e 35 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (D); Bloco 3 - 50 *Casearia sylvestris* e 1530 regenerantes (E); Bloco 3 - 50 *Casearia sylvestris* e 21 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (F)..... 74

**Figura 40.** Análise de dependência espacial com a função  $K_{12}$  ( $L_{12}$  estimado) para árvores adultas de *Myrcia hebeptala* e regenerantes de canela-sassafrás, na FLONA de Irati, PR. Bloco 1 - 20 *Myrcia hebeptala* e 2840 regenerantes (A); Bloco 1 - 20 *Myrcia hebeptala* e 125 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (B); Bloco 2 - 17 *Myrcia hebeptala* e 758 regenerantes (C); Bloco 2 - 17 *Myrcia hebeptala* e 35 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (D); Bloco 3 - 16 *Myrcia hebeptala* e 1530 regenerantes (E); Bloco 3 - 16 *Myrcia hebeptala* e 21 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (F)..... 75

**Figura 41.** Análise de dependência espacial com a função  $K_{12}$  ( $L_{12}$  estimado) para árvores adultas de diferentes espécies e regenerantes de canela-sassafrás, na FLONA de Irati, PR. Bloco 1 - 20 *Ocotea porosa* e 2840 regenerantes (A); Bloco 1 - 20 *Ocotea porosa* e 125 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (B); Bloco 1 - 17 *Prunus myrtifolia* e 758 regenerantes (C); Bloco 1 - 17 *Prunus myrtifolia* e 35 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (D); Bloco 2 - 28 *Dalbergia brasiliensis* e 1530 regenerantes (E); Bloco 2 - 28 *Dalbergia brasiliensis* e 21 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (F)..... 76

**Figura 42.** Análise de dependência espacial com a função  $K_{12}$  ( $L_{12}$  estimado) para árvores adultas de diferentes espécies e regenerantes de canela-sassafrás, na FLONA de Irati, PR. Bloco 2 - 25 *Cedrela fissilis* e 2840 regenerantes (A); Bloco 2 - 25 *Cedrela fissilis* e 125 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (B); Bloco 2 - 19 *Ocotea puberula* e 758 regenerantes (C); Bloco 2 - 19 *Ocotea puberula* e 35 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (D); Bloco 2 - 15 *Matayba elaeagnoides* e 1530 regenerantes (E); Bloco 2 - 15 *Matayba elaeagnoides* e 21 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (F)..... 77

## RESUMO

Cilmar Antônio Dalmaso. Padrões e interações espaciais na regeneração de *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer na Floresta Nacional de Irati, PR.

Este trabalho teve o objetivo de analisar e descrever os padrões e interações espaciais e as características quali-quantitativas da regeneração da espécie arbórea *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer (canela-sassafrás) num fragmento de Floresta Ombrófila Mista localizado na Floresta Nacional (FLONA) de Irati, Região Centro Sul do estado do Paraná. Para tanto foram selecionados 3 ha para coleta de dados de altura, diâmetro ( $DAP \geq 3$  cm) e localização de todos os indivíduos de canela-sassafrás com altura total  $\geq 30$  cm. Análises univariadas por meio da função  $K$  de Ripley foram realizadas para descrever os padrões espaciais dos indivíduos em fases distintas de regeneração e das árvores adultas desta espécie com diferentes tamanhos. Análises bivariadas com a função  $K_{12}$  foram aplicadas explorando a existência de interações espaciais entre árvores adultas da própria espécie com a regeneração e entre árvores adultas de espécies diversas com a regeneração da canela-sassafrás. Foi avaliada também a ocorrência de interações espaciais das árvores adultas mortas com indivíduos regenerantes de canela-sassafrás. A distribuição de frequência dos diâmetros e alturas em classes caracterizou curvas na forma de J-invertido, sugerindo uma boa capacidade de regeneração da espécie neste ambiente. A regeneração apresentou um padrão espacial agregado em todas as escalas até 25 m, relacionado provavelmente à ocorrência de manchas de habitat favorável. Os indivíduos adultos de canela-sassafrás apresentaram em geral um padrão espacial aleatório com uma tendência ao padrão regular até uma escala de aproximadamente 5 m, sugerindo uma possível competição intraespecífica das árvores nesta escala. A mudança do padrão espacial agregado para aleatório foi comprovada com a análise dos padrões espaciais para classes de tamanho dos indivíduos de canela-sassafrás. Interação negativa foi encontrada entre árvores adultas da própria espécie e das espécies *Coussarea contracta* e *Ocotea porosa*. Interação positiva foi encontrada entre árvores de *Casearia decandra* e *Myrcia hebeptala*. Algumas inferências foram feitas em relação aos processos subjacentes associados aos resultados.

**Palavras-Chave:** Associações espaciais; floresta de araucária; autoecologia; estatística espacial.

## ABSTRACT

Cilmar Antônio Dalmaso. Spacial Patterns and Interaction of *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer Regeneration at National Forest of Irati, Parana State.

This study aimed to analyse and to describe spacial patterns and interaction and qualitative characteristics of natural regeneration of the tree species *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer (canela-sassafras) in a fragment of Mixed Ombrophilous Forest (FOM) at National Forest of Irati (FLONA), central region of Parana State, Southern Brazil. Three blocks of one hectare each of a permanent 25 hectares survey plot were chosen for the study purpose. Plant height, DBH (diameter at breast height)  $\geq 3$  cm and ground position (X and Y axis of block) of all canela-sassafras plants with total height  $\geq 30$  cm were taken. Univariate analysis using K-function of Ripley was used for description of spacial patterns of plants at different regeneration stages and of adult trees with different sizes. Bivariate analysis using  $K_{12}$ -function were applied in order to detect spacial interactions between adult plants of canela-sassafras and its regeneration and between adult plants of different tree species and canela-sassafras regeneration. Spacial interaction between died adult plants of canela-sassafras and regeneration plants of this species was also available. The frequency distribution in diameter and height classes showed inverted J curves, that suggests good regeneration potential of canela-sassafras under study environmental conditions. An aggregated spacial pattern of regeneration was found at all scales until 25 m, probably related to favorable habitat spots of site. Generally, adult plants showed a random spacial pattern tending to a regular pattern until a scale of near 5 m, that suggests intraespecific competition. Change from aggregated to random spacial pattern was confirmed by analysis of spacial patterns for size classes of canela-sassafras plants. A negative interaction was observed between adult plants of canela-sassafras and *Coussaria contracta* and *Ocotea porosa*. Positive interaction was found between trees of *Casearia decandra* and *Myrcia hebeptala*. Some inferences were discussed considering subjacent processes related to obtained results.

**Keywords:** Spacial Associations; Araucarian Forest; Autoecology; Spacial Statistics.

## 1. INTRODUÇÃO

Compreender como estão organizadas as comunidades e populações vegetais desde o ponto de vista da sua estrutura espacial é fundamental para definir estratégias de manejo e conservação dos recursos florestais.

Segundo Silva *et al.* (2009) o padrão em vegetação é o arranjo espacial de indivíduos pertencentes à determinada espécie ou população em uma área ou habitat específico. O padrão espacial apresentado pelos indivíduos de uma espécie vegetal é gerado por interações entre fatores bióticos e abióticos complexos, sendo uma questão importante em estudos ecológicos. Conhecer o padrão espacial pode ser o primeiro passo para investigar as variáveis que definiram a configuração espacial e contribuíram para a distribuição natural da espécie.

Padrões espaciais de plantas em comunidades naturais carregam informações sobre os processos que operaram no passado e formam o modelo no qual os processos terão lugar no futuro (LAW *et al.*, 2009). Portanto, a descrição da estrutura de tamanhos e idades e do padrão espacial de populações de árvores pode servir para inferir os processos que a produziram (HETT e LOUCKS, 1976; DUNCAN e STEWART, 1991; BRODIE *et al.*, 1995).

Para Rossi (1994) o conhecimento do comportamento do padrão espacial em diferentes escalas pode ser útil também em pesquisas em aspectos como na definição do sistema de amostragem e desenho amostral, na adequação de tamanho e forma de unidades amostrais, tendo grande influência sobre o valor do coeficiente de variação obtido no levantamento.

Para Silva *et al.* (2009) há um crescente interesse em estudar padrões espaciais em comunidades vegetais baseado no pressuposto de que, para entendê-las, deve-se descrever e quantificar as características espaciais e temporais e relacioná-las a processos subjacentes como o crescimento, competição, reprodução e mortalidade.

Para Capretz (2004) a escolha de áreas para conservação de espécies de interesse deve levar em consideração a caracterização de seu padrão espacial para a definição do tamanho adequado da população a ser conservada.

As ferramentas já utilizadas para a realização de estudos e análises da distribuição espacial são bastante diversas. Atualmente os ambientes computacionais de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e os métodos de estatísticas espaciais são suportes teóricos essenciais para a análise de dados espaciais, pois permitem a união da capacidade de



gerenciamento de dados de informações geográficas com as técnicas de análise da Estatística Espacial (GOODCHILD e HAINING, 2004; FOOK, 2005). Muitas destas ferramentas ainda não operam em um único ambiente de software, sendo que os usuários de SIG encontram dificuldades para fazer análises mais sofisticadas pelo fato do software não disponibilizar ferramentas para análise estatística de forma satisfatória, sendo necessário, portanto, a integração de softwares (FOOK, 2005). Algumas ferramentas de análise espacial são ligadas a um SIG, onde o SIG é usado para conversão de dados e exibição gráfica, e os modelos espaciais são executados fora das estruturas do SIG (FOOK, 2005).

Em território nacional, Lauraceae é uma das famílias de maior destaque na composição florística de grande parte dos ecossistemas florestais, com destaque na Mata Atlântica e em florestas do Sul do país (SOUZA e LORENZI, 2005). Estudos fitossociológicos na FOM indicam frequentemente a família entre as mais representativas em riqueza de espécies, densidade e área basal.

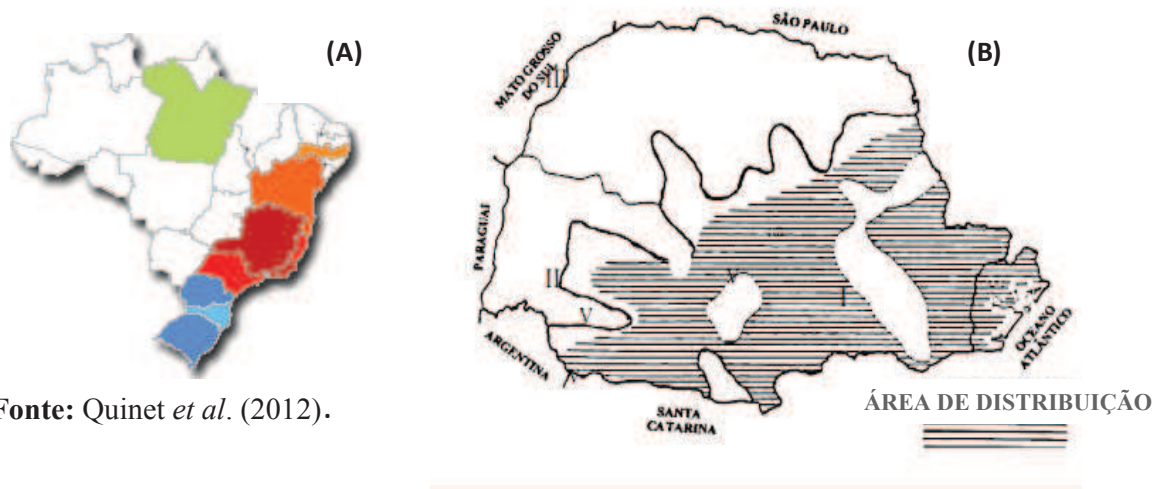
O gênero *Ocotea* pode ter forma de vida de arbusto ou árvore e ocorrer naturalmente em todos os estados brasileiros nas tipologias de vegetação compreendidas pela Caatinga (*stricto sensu*), Campinarana, Campo de Altitude, Campo Rupestre, Carrasco, Cerrado (*lato sensu*), Floresta Ciliar e/ou de Galeria, Floresta de Igapó, Floresta de Terra-Firme, Floresta de Várzea, Floresta Estacional Decidual, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila (= Floresta Pluvial), Floresta Ombrófila Mista e Restinga (QUINET *et al.*, 2012). Ecologicamente o gênero *Ocotea* apresenta relações com insetos, mamíferos e pássaros, com influências sobre a polinização, dispersão e regeneração (BROTTO, 2010).

*Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer (canela-sassafrás) é uma espécie arbórea de interesse para a conservação e produção. A canela-sassafrás é endêmica do Brasil e pode ser encontrada nos biomas Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica, principalmente nos estados do Norte (PA), Nordeste (PE, BA), Sudeste (MG, ES, SP, RJ) e Sul (PR, SC, RS) (QUINET *et al.*, 2012) entre as coordenadas 8°45' S (Pernambuco) a 31°12' S (Rio Grande do Sul), e de 33°52' a 59°09' de longitude Oeste (SALOMÃO *et al.*, 1992), com variação altitudinal de 15 m em Santa Catarina a 1.300 m de altitude em Minas Gerais (CARVALHO, 2005) (Figura 1).

A canela-sassafrás ocorre preferencialmente na mata-pluvial (encosta atlântica) e nos pinhais, aparecendo também em formações campestres em Minas Gerais, onde toma forma peculiar (REITZ *et al.*, 1978). No estado do Paraná apresentava ampla dispersão, ocorrendo na Floresta Atlântica, nas Florestas com Araucária e nas formações tropicais do norte do

estado (KEIL *et al.*, 2009).

No passado, a madeira de canela-sassafrás foi muito visada por suas qualidades para diversos usos e principalmente devido à alta concentração do óleo essencial, cujo principal componente químico é o safrol (RIZZINI, 1981; REITZ *et al.*, 1983; CARVALHO, 1994; INOUE *et al.*, 1984), utilizado na fabricação de inseticidas biodegradáveis, de cosméticos e de produtos farmacêuticos (AZAMBUJA, 2011).



Fonte: Quinet *et al.* (2012).

Fonte: Inoue *et al.* (1984).

**Figura 1.** Distribuição geográfica de *Ocotea odorifera* (canela-sassafrás) no Brasil (A) e no estado do Paraná (B).

A química deste composto natural têm sido largamente estudada, sendo tema de diversas dissertações e teses realizadas em diferentes programas de pós-graduação do País (BARREIRO e FRAGA, 1999). É comprovado que o safrol é um carcinógeno hepático tendo produzido alterações hepáticas e tumores de pulmão em camundongos (HAGAN *et al.*, 1965; IARC, 1976).

Conforme Reitz *et al.* (1978), a madeira foi largamente usada para a obtenção do óleo essencial, mediante destilação não só do tronco, como raízes, casca e folhas. A primeira destilação brasileira do óleo essencial a partir da canela-sassafrás ocorreu em 1938 na região do Vale do Itajaí, sendo que em 1942 a produção foi de 40 toneladas, elevando-se para mais de 2000 toneladas em 1970 (AZAMBUJA, 2011). A intensa exploração para fins econômicos de produção de safrol e a falta de programas de reposição e de técnicas de manejo fizeram a produção entrar em declínio logo (MOLINARI, 1989 citado por PÉLLICO NETTO *et al.*,

2007). Segundo Reitz *et al.* (1978) tentativas de reflorestamento em campo aberto não tiveram êxito. A não sustentabilidade do modelo de produção utilizado (extrativismo) foi determinante para que a espécie fosse levada a uma condição crítica de sobrevivência, com implicações significativas para sua exploração comercial (OLTRAMARI, 2002).

A madeira da canela-sassafrás possui excelentes propriedades técnicas e por isso pode ser utilizada na marcenaria de luxo, dormentes, construção civil e também na construção naval (VATTIMO, 1979). Atualmente a exploração da espécie é restringida, pela legislação, para casos excepcionais como obras de utilidade pública ou para árvores isoladas que acarretem risco ao patrimônio público ou particular e à segurança da população.

*O. odorifera* consta na lista oficial de espécies da Flora brasileira ameaçada de extinção (IBAMA, 1992; MMA, 2008), e na lista oficial de espécies da Flora ameaçadas de extinção no Paraná (SEMA e IAP, 2008), sendo considerada prioritária para efeito de concessão de apoio financeiro à conservação pelo Governo Federal, bem como merecedora de atenção especial no contexto da expansão e gestão do Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC, e nos planos de conservação *ex situ* conduzidos no âmbito dos jardins botânicos e bancos de germoplasma brasileiros (Instrução Normativa - MMA, nº 6, de 23 de Setembro de 2008).

A escolha de *O. odorifera* foi motivada por diversos trabalhos científicos que comprovam que os compostos extraídos desta espécie possuem alto valor agregado com propriedades farmacológicas importantes. Atualmente o Brasil importa safrol utilizado na fabricação de inseticidas biodegradáveis, cosméticos e produtos farmacêuticos.

As principais hipóteses do trabalho são: (i) a espécie “ameaçada de extinção” *O. odorifera* mantém um banco de plântulas escasso; (ii) o padrão espacial aleatório predomina para a canela-sassafrás; (iii) não ocorrem interações espaciais entre a regeneração de canela-sassafrás e árvores adultas.

Espera-se com este estudo contribuir para o conhecimento da autoecologia e gerar informações úteis para o manejo e conservação da espécie.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo Geral

Analisar e descrever os padrões e interações espaciais, e as características quali-quantitativas da regeneração da espécie arbórea *Ocotea odorifera* (canela-sassafrás) num fragmento de FOM localizado na Região Centro-Sul do estado do Paraná.

### 2.2. Objetivos específicos

- a) Avaliar os indivíduos da distribuição natural da canela-sassafrás e obter medidas dos atributos diâmetro (DAP), altura e localização;
- b) Analisar a estrutura horizontal e a distribuição diamétrica da canela-sassafrás adulta e a estrutura vertical dos indivíduos regenerantes;
- c) Analisar o padrão espacial de grupos regenerantes e árvores adultas de canela-sassafrás, utilizando técnicas de estatística espacial;
- d) Analisar interações espaciais entre árvores de diferentes espécies e árvores adultas de canela-sassafrás com seus grupos regenerantes;
- e) Apresentar inferências sobre os tipos e fenômenos que podem estar correlacionados com os padrões da espécie;
- f) Contribuir com o conhecimento da autoecologia da canela-sassafrás.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

A organização espacial das distintas espécies é determinada por fatores de distribuição de recursos e respostas das plantas aos níveis morfológicos e populacionais (TERRADAS, 2001). Para Capretz (2004) o padrão espacial das árvores em uma floresta é influenciado por variáveis abióticas e bióticas, estando o relevo, a disponibilidade de luz, nutrientes e água, e a caracterização do solo entre as principais variáveis abióticas. Entre as principais variáveis bióticas o autor cita os processos dependentes da densidade, tais como a competição intraespecífica e interespecífica, a herbivoria, a ocorrência de doenças, a fenologia e a dispersão de sementes.

Rossi (1994) cita que os processos que contribuem para o padrão espacial podem ser considerados tanto como intrínsecos à espécie (reprodutivo, social, coativo) ou extrínsecos (vetoriais, distribuição de recursos). Os fatores vetoriais são considerados aqueles resultantes da ação de forças ambientais externas como vento, intensidade luminosa e condições edáficas; os fatores reprodutivos são atribuíveis ao modo de reprodução dos indivíduos e os fatores sociais são devido ao comportamento congênito (comportamento territorial) (SILVA *et al.*, 2009).

Conforme Crawley (1986), a distribuição espacial de plântulas de uma determinada espécie depende da interação entre quatro fatores. Primeiro, a forma como as plantas-mãe produtoras de sementes estão localizadas no espaço; segundo, o padrão da chuva de sementes ao redor de cada planta-mãe, além da atividade de agentes dispersores; terceiro, o comportamento de forrageio de herbívoros comedores de sementes e de plântulas e quarto, a distribuição espacial de locais adequados à germinação.

Conforme Begon *et al.* (2006), pode-se reconhecer três padrões principais de dispersão, embora eles formem parte de um *continuum*, sendo eles:

- aleatório: ocorre quando existe uma probabilidade igual de um organismo ocupar qualquer ponto no espaço (independentemente da posição de qualquer outro);
- regular (também chamada de distribuição uniforme): ocorre quando um indivíduo tem uma tendência para evitar outros indivíduos. O resultado é que os indivíduos estão mais uniformemente espaçados do que o esperado por acaso;

- agregada (também chamada de distribuição contagiosa ou agrupada): que ocorre, ou quando os indivíduos tendem a ser atraídos para (ou são mais propensos a sobreviver em) partes específicas do meio ambiente, ou quando a presença de um indivíduo atrai, ou dá origem a um outro perto dele. O resultado é que indivíduos estão mais próximos do que o esperado por acaso.

Conforme Mello (2002), é importante avaliar os padrões em todos os estádios de desenvolvimento, a fim de chegar a uma compreensão mais ampla dos processos que influenciam uma determinada espécie de planta, considerando também que o padrão espacial pode mudar ao longo do desenvolvimento.

Grande parte dos autores concorda que a distribuição espacial aleatória é rara em populações de plantas, assim como a distribuição uniforme, e que a maioria das populações tem algum grau de agregação dos indivíduos no espaço (HORVITZ e LE CORFF, 1993; LEGENDRE e FORTIN, 1989 citados por MELLO, 2002).

Para Capretz (2004), o padrão espacial de árvores é uma questão chave para estudos de ecologia florestal, e a sua descrição pode fornecer evidências sobre o impacto do meio abiótico sobre a floresta. O conhecimento do padrão de distribuição espacial pode fornecer também informações sobre a ecologia, subsidiar a definição de estratégias de manejo e/ou conservação, auxiliar em processos de amostragem ou simplesmente esclarecer a estrutura espacial de uma espécie (ANJOS, 1998).

### **3.1. Classificação e descrição da espécie**

Nome científico: *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer

Família: Lauraceae (Baseada APG II, 2003)

Sinônimo: *O. pretiosa* (Nees) Mez

Nome vernáculo - Registro Nacional de Cultivares – RNC (Ministério da Agricultura):

Ocotea-sassafrás

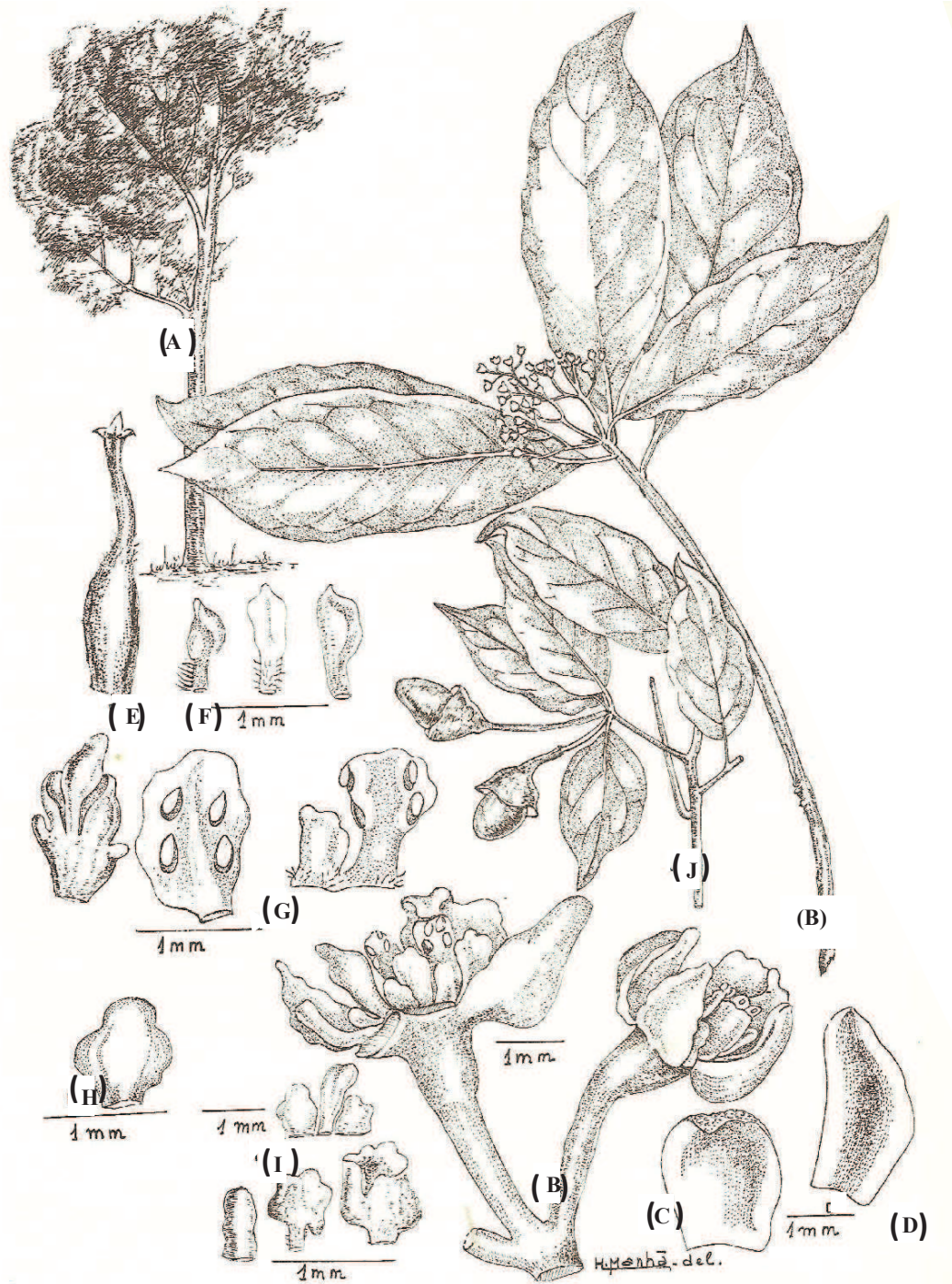
Conforme Reitz (1978) a espécie *O. odorifera* conhecida popularmente pelos nomes de canela-sassafrás, sassafrás-amarelo, sassafrás-rajado, sassafrás-preto e canela-funcho, é uma árvore de: 20 a 25 m de altura, com 50 a 70 cm de diâmetro à altura do peito (DAP). As principais características para o seu reconhecimento é um tronco geralmente escavado, com quinhas irregulares e pronunciadas, casca grossa, cinzento-escuro ou marrom com cicatrizes

descamantes típicas; ramificação irregular, ascendente, formando copa alongada; folhas alternas, simples, inteiras, agrupadas nas pontas dos ramos, verde-escuras, na face superior, inferiormente mais claras, obovadas, oblongas ou elípticas, lanceoladas, curtamente acuminadas, finamente coriáceas, cartáceas ou cartáceo-coriáceas, glabras, muito variáveis quanto ao tamanho, geralmente entre 7 a 15 cm de comprimento por 3 – 5 cm de largura; e pecíolo com 8 -15 mm de comprimento. Inflorescências: em múltiplos racemos simples afixados na ponta dos ramos por cima das folhas, glabros, mais curtos que as folhas medindo comumente 5 cm de comprimento; flores alvas e perfumadas, glabras. Fruto: uma baga elíptica ou elipsóide, de cerca de 2 cm de comprimento por 10 – 15 mm de diâmetro, quase lisa, castanha, envolvida pela cúpula até cerca de 1/3 a 1/4 de sua altura; cúpula hemisférica, crassa verruculosa, medindo 10 – 15 mm de altura por 13 – 16 mm de diâmetro. Semente exalbuminosa, com até 1,2 cm de comprimento por 0,9 cm de largura, cotilédones grossos, plano-convexos, com superfície lisa ou finamente rugosa, encerrando uma pequena plúmula e radícula (Figura 2).

No estado do Paraná a canela-sassafrás floresce entre os meses de dezembro e abril e amadurece os frutos nos meses de junho a setembro, sendo uma espécie monóica com dispersão zoocórica, principalmente por aves, macacos e roedores (CARVALHO, 2005). Carvalho (2000) classifica a semente da canela-sassafrás como recalcitrante devido à perda da viabilidade após a secagem. O processo reprodutivo inicia aos 20 anos de idade em plantios. No entanto, em solos de fertilidade química elevada no centro-oeste do Paraná, a canela-sassafrás iniciou a frutificação 11 anos após o plantio (CARVALHO, 2005).

Quanto ao grupo sucessional ou grupo ecológico a espécie foi classificada em secundária tardia por Silva *et al.* (2003), clímax por Ferretti *et al.* (1995) e clímax tolerante a sombra (CARVALHO, 2005).

A espécie apresenta dispersão irregular e descontínua, sendo frequente em determinados locais, raro e até inexistente em outros (INOUE *et al.*, 1984). Segundo Reitz *et al.* (1978) a espécie ocorria com elevada frequência e quantidade no Alto Vale do Itajaí em Santa Catarina, constituindo por vezes 1/3 da madeira das matas.



Fonte: Reitz *et al.* (1983).

**Figura 2.** Características morfológicas da canela-sassafrás (*O. odorifera*). Hábito (A); ramo florido (B); sépalo (C); pétalo (D); gineceu (E); estaminódios (F); estames quadrilocelatos (G); glândulas e receptáculo (H e I). Ramo florido: Reitz e Klein 6307. Ramo frutificado: R.M. Klein 6. Desenho: Hilda Manhã Ferreira.



A canela-sassafrás é considerada de regeneração problemática por Carvalho (1994). São fatores de reprodução e dispersão que dificultam a sua regeneração natural: a produção irregular de sementes, predação dos frutos e sementes por pássaros e insetos, podridão de sementes por fungos e baixo vigor das sementes (AUER e GRAÇA, 1995). Cetnarski-Filho (2003) fornece dados sobre as características da regeneração natural e a produção de mudas pelo aproveitamento da regeneração natural de *O. odorifera*.

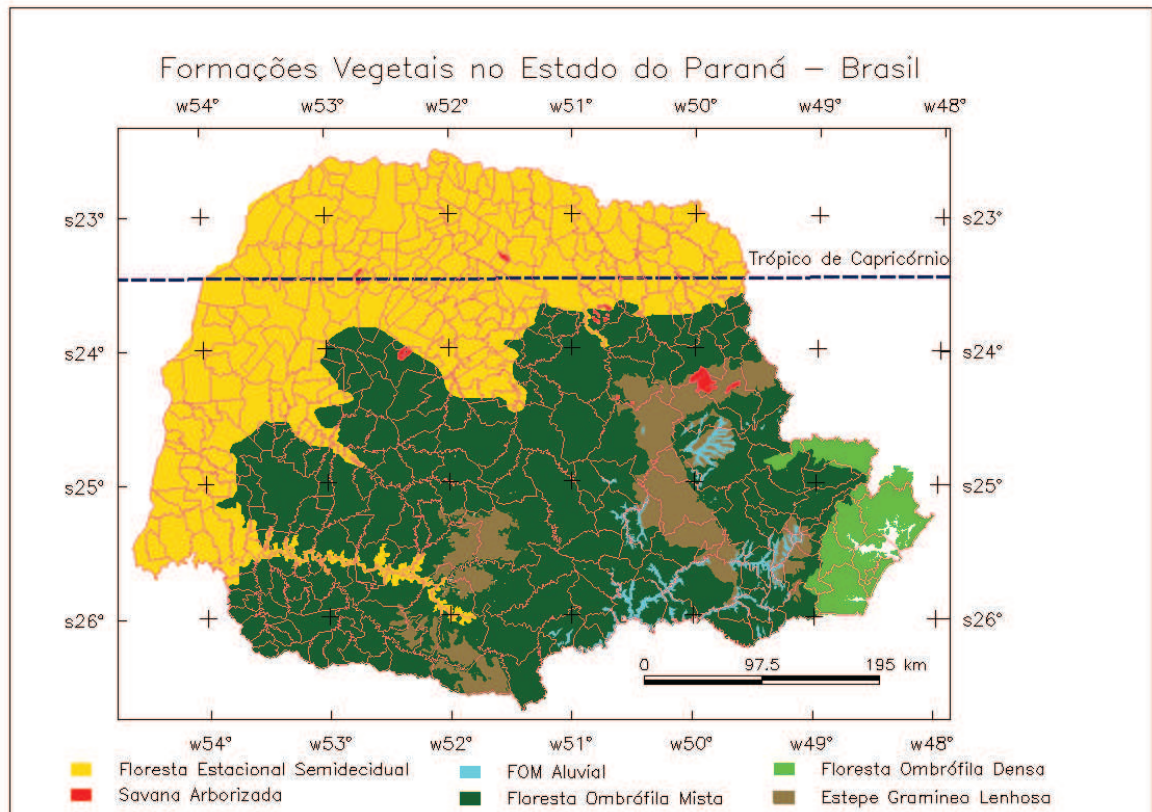
Estudos sobre a fenologia e estrutura populacional da canela-sassafrás foram feitos por (MILANESE, 2008) e os resultados indicaram uma significativa diminuição da intensidade de Fournier da fenofase fruto imaturo pequeno para fruto imaturo grande e fruto maduro. O trabalho indica que tal comportamento pode estar relacionado com o ataque por larvas de insetos. Confirmação da baixa capacidade reprodutiva é feita por Inoue *et al.* (1984) relatando que a espécie raramente apresenta abundância de frutos, visto que no longo período de amadurecimento há sua queda precoce.

### **3.2. Floresta Ombrófila Mista**

A tipologia da Floresta Ombrófila Mista (FOM) está circunscrita a uma região de clima subtropical, ocorrendo abaixo do Trópico de Capricórnio em altitudes que variam de 500 a 1200 m, nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, ocorrendo ainda alguns relictos em regiões mais elevadas dos estados de São Paulo e Minas Gerais e na parte nordeste da Argentina, na província de Misiones, divisa com Santa Catarina (HUECK, 1953; VELOSO *et al.*, 1991).

A maior parte da área do estado do Paraná é formada por três planaltos que declinam suavemente em direção a oeste, sudeste e nordeste (MAACK, 1968). De acordo com Veloso e Góes-Filho (1982), Leite e Klein (1990) e Veloso *et al.* (1992), a FOM é encontrada recobrando parte do Primeiro, Segundo e Terceiro Planalto, sendo entremeada por áreas de Estepe Gramíneo-Lenhosa (formação campestre) e pequenas porções de áreas de Cerrado (Savana Arborizada), conforme pode ser observado na Figura 3.

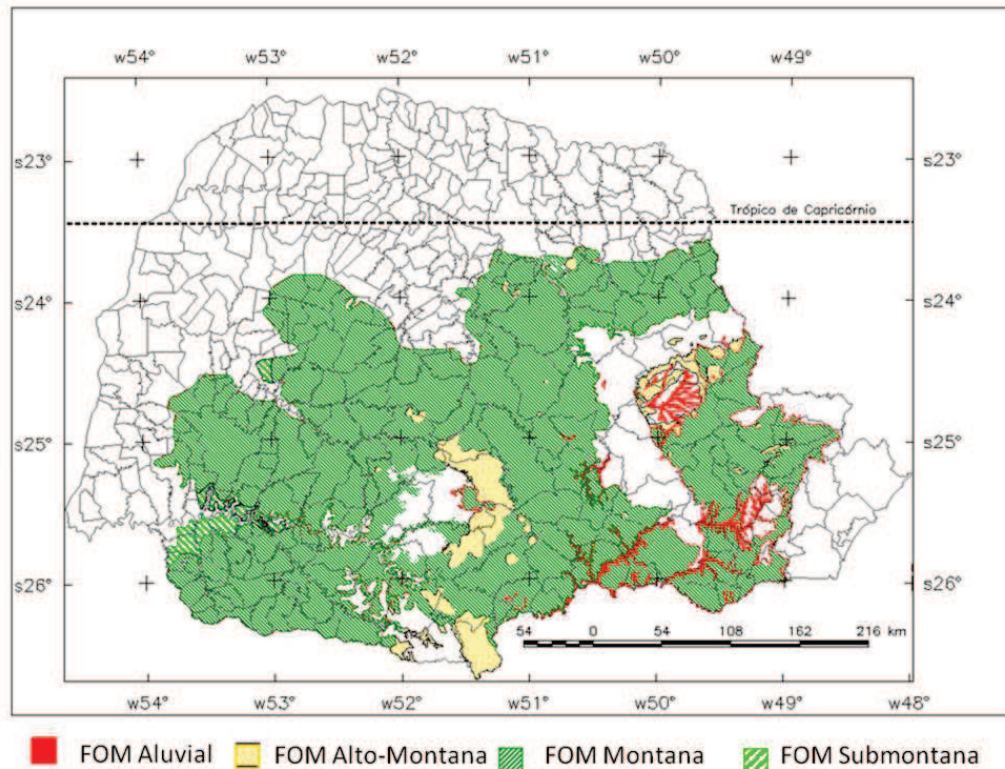
A flora arbórea da FOM somente no estado do Paraná é estimada em mais de 200 espécies, com um endemismo em torno de 40% (RODERJAN *et al.*, 2002, com base em REIS, 1995).



**Fonte:** Editado e adaptado de ITCG (2012).

**Figura 3.** Distribuição das formações vegetais no estado do Paraná com indicação dos limites dos municípios.

A composição florística da FOM, caracterizada por gêneros primitivos como *Drymis* e *Araucaria* (Australásicos) e *Podocarpus* (Afro-Asiático), sugere, em face da altitude e da latitude do Planalto Meridional, uma ocupação recente a partir de refúgios Alto-Montanos, apresentando quatro formações diferentes que são: a FOM Aluvial encontrada em terraços antigos situados ao longo dos flúvios; a FOM Submontana que ocorre em altitudes que variam aproximadamente entre 50 e 400 m; a FOM Montana que ocorre de 400 até mais ou menos 1000 m de altitude e a FOM Alto-Montana situada a mais de 1000 m de altitude (VELOSO *et al.*, 1992). A distribuição original da formação FOM e as principais tipologias associadas no estado do Paraná com indicação dos limites dos municípios é apresentada na Figura 4.



**Fonte:** Editado e adaptado de ITCG (2012).

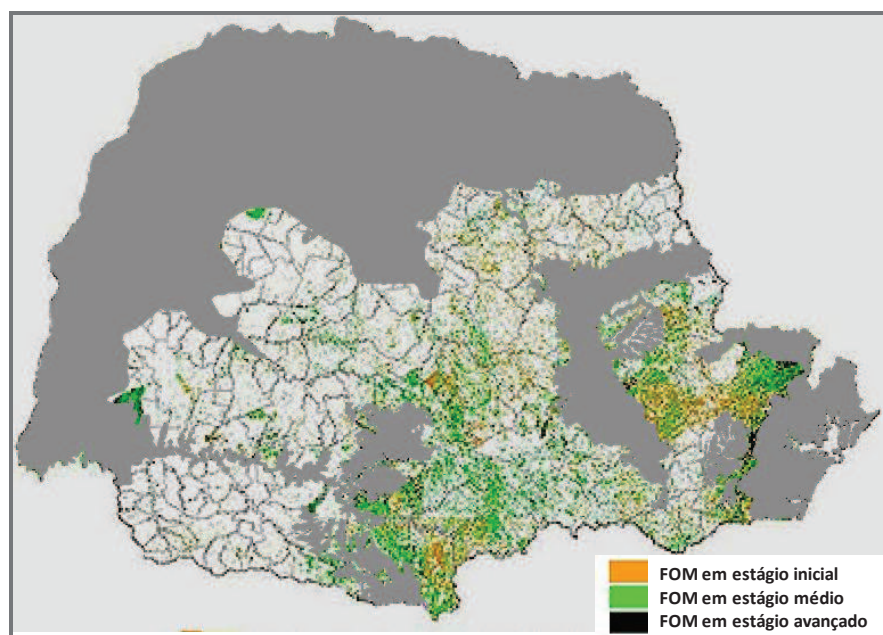
**Figura 4.** Distribuição original da formação Floresta Ombrófila Mista (FOM) e principais tipologias associadas no estado do Paraná com indicação dos limites dos municípios.

A Floresta com Araucária (FOM) que compreendia originalmente a maior área do estado do Paraná, com 8.295.750 hectares equivalendo a 41,5% do território (CASTELLA e BRITZ, 2004), atualmente ocorre de forma bastante fragmentada em função de perturbações que causaram uma redução significativa da cobertura original.

Segundo Sanquetta (2012), as florestas paranaenses somam hoje uma área de cerca de 3,4 milhões de hectares, aproximadamente 17%, e especificamente na Floresta de Araucária, o percentual de cobertura florestal eleva-se para 24%, sendo quase 13% de florestas em bom grau de conservação.

Castella e Britz (2004) apresentam os seguintes dados de cobertura de solo para a região da Floresta com Araucária: Estágio inicial = 1.164.425 ha - 14,04% da área original; Estágio médio = 1.200.168 ha - 14,47% e Estágio avançado = 66.109 ha - 0,80%. Dados semelhantes são apresentados por Sanquetta (2012): Estágio Inicial - 11,0%; Estágio Médio - 11,4%; Estágio Avançado - 1,3% (Figura 5). A região centro-sul apresenta alto percentual de

florestas em estágio médio e áreas “com predomínio de pinheiro” (CASTELLA e BRITTEZ, 2004). As três classes tipológicas (estágio inicial, estágio médio e estágio avançado) foram classificadas de acordo com os critérios e parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA 02/94, que tem sido empregada como documento normativo para as definições dos estágios sucessionais de vegetação secundária, com finalidade de orientar os procedimentos de licenciamento de exploração da vegetação nativa no Estado do Paraná.



**FONTE:** Sanquetta (2012), adaptado.

**Figura 5.** Cobertura florestal da Floresta Ombrófila Mista (FOM) no Estado do Paraná (maio/2003).

### 3.3. Descrição dos métodos quantitativos em ecologia vegetal

A avaliação ecológica e silvicultural compreende conceitos que vão desde a própria estrutura e composição, sua dinâmica e regeneração, até mesmo o crescimento e rendimento, entre outros aspectos da floresta. O termo distribuição tem significado preciso em estatística, pois denota a forma como se dividem as classes de tamanho dos possíveis valores de uma variável (CRUZ e RÍOS, 2003). O padrão espacial de uma espécie refere-se a distribuição dos seus indivíduos na superfície da floresta. O termo “padrão” neste caso é utilizado para expressar a organização e o ordenamento espacial dos indivíduos (MATTEUCCI e COLMA, 1982).

Os métodos frequentemente utilizados na ecologia florestal para as análises dos padrões espaciais são baseados em distâncias ou áreas e tratam apenas da simples contagem de indivíduos dentro de parcelas ou da procura pelo vizinho mais próximo da mesma espécie. Para Sterner *et al.* (1986), o uso desses métodos provoca a perda de muita informação, uma vez que tais métodos só conseguem detectar o padrão espacial naquela escala particular em que os dados foram coletados, como tamanho da parcela ou a distância entre os pontos. As informações em escalas maiores são ignoradas. Como alternativa para detectar e descrever o padrão espacial em escalas maiores a estatística espacial apresenta algumas possibilidades com técnicas mais recentes e que vem sendo frequentemente utilizadas na ecologia vegetal.

A estatística espacial trata de analisar dados espaciais com o objetivo de mensurar propriedades e relacionamentos considerando a localização espacial do fenômeno em estudo, ou seja, permite estudar, explorar e modelar fenômenos geográficos (DRUCK *et al.*, 2004; GOODCHILD e HAINING, 2004). Um fenômeno espacial é um processo pontual que pode ser expresso por meio de uma distribuição no espaço, podendo ser contínuo, quando se refere a uma informação presente em todas as posições, como temperatura, pressão e salinidade do solo, por exemplo, ou discreto, quando se trata de entidades do mundo real como municípios, quadras, escolas, hospitais, dentre outros (FOOK, 2005).

A estatística espacial apresenta três propriedades fundamentais que são a homogeneidade, o isotropismo e o efeito de borda (RIPLEY, 1981). Um padrão homogêneo apresenta os dados “pontos” distribuídos com a mesma média e variância sobre toda a área de estudo, enquanto um padrão heterogêneo mostra diferentes densidades em distintas áreas do plano (ROZAS e CAMARERO, 2005). Um padrão isotrópico mostra a mesma intensidade em todas as direções, enquanto um fenômeno anisotrópico pode apresentar uma intensidade maior para alguma direção. Para um padrão de ponto homogêneo e isotrópico, as propriedades dos dados, conhecidas como de segunda ordem, dependem apenas da distância. O efeito de borda pode afetar a qualidade das análises de estatística espacial e se manifesta com diferentes influências de acordo com a forma e o tamanho da área de estudo. Existem métodos para a correção do efeito de borda que podem ser adotados para cada situação.

Alguns métodos modernos em estatística espacial permitem análises univariadas e/ou bivariadas que podem descrever padrões de pontos simulados e reais. A função univariada considera somente a localização de um evento, ignorando qualquer outra informação daquele evento (DIXON, 2001). Com a análise univariada é possível verificar o padrão espacial de

uma espécie ou classe de tamanho de indivíduos em distintas escalas simultaneamente.

Com a extensão dos métodos para análises bivariadas é possível testar a hipótese de distribuição espacial independente entre duas séries de pontos, ou seja, a relação espacial entre dois tipos de pontos localizados na mesma área de estudo. Quando a análise bivariada de padrões de ponto indicar que existe dependência, isso significa que ocorrem interações entre os eventos considerados (BUSING, 1996; ARÉVALO e FERNÁNDEZ-PALACIOS, 2003).

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 (USHIZIMA *et al.*, 2003). Para testar se pontos e valores distribuídos no espaço são dependentes, a estatística espacial apresenta algumas técnicas de análise apropriadas, como a função  $K$  de Ripley bivariada ( $K_{12}$ ).

As interações podem ser de atração ou repulsão (inibição). Dessa forma, ao quantificar a interação espacial entre duas espécies que coexistem, podem ser realizadas inferências sobre os processos de competição e facilitação. A ausência de interações espaciais (independência espacial) indica a sobreposição parcial de habitats.

A análise da interação espacial entre indivíduos arbóreos é uma importante ferramenta para o entendimento da ecologia de populações e de comunidades, subsidiando estratégias de conservação e, ou, de manejo sustentável de espécies (HIGUCHI *et al.*, 2011).

Uma revisão de alguns métodos modernos de análises uni e bivariadas dos padrões de pontos utilizados habitualmente em ecologia pode ser encontrado em ROZAS e CAMARERO (2005) e PERRY *et al.* (2006).

### **3.3.1. Função $K$ de Ripley**

Um caso em particular para avaliar o padrão de pontos em diversas escalas é a função  $K$  de Ripley (RIPLEY, 1977, 1981). A função  $K$  é uma estimativa que está relacionada com propriedades de segunda ordem de um processo isotrópico e fornece um resumo dos dados espaciais (eventos). Os pares de distâncias observadas  $s_{ij} = ||x_i - x_j||$  em um padrão de dados  $x$  constituem uma amostra parcial de distâncias entre pares no processo de ponto, com um viés em favor das distâncias menores (BADDELEY, 2010). Segundo Baddeley (2011), o estimador da função  $K$  apresenta pouca tendenciosidade para cada valor fixo de  $r$ . Além disso, a tendenciosidade aumenta com a distância de análise e depende da geometria da área de

estudo, sendo recomendado restringir esta distância, para áreas retangulares, a um máximo de  $\frac{1}{4}$  do menor lado.

Conforme Bailey e Gatrell (1995), a função  $K$  traz a suposição implícita de que efetivamente o processo a ser considerado é isotrópico e homogêneo e se este não for o caso, então qualquer tentativa de estimar  $K$  não faz qualquer sentido.

A definição da função  $K$  é dada por:

$$\lambda K(d) = E[\#(\text{eventos a partir de uma distância } d \text{ de um evento arbitrário})]$$

onde  $\#$  significa ‘o número de’,  $E()$  é o operador esperança, e  $\lambda$  é a intensidade média do número de eventos por unidade de área, assumindo um valor constante em toda a área.

O valor de  $K(d)$  como uma medida resumo de efeitos de segunda ordem é viável para obter estimativa direta,  $\hat{K}(d)$ , a partir de um padrão de pontos observados, onde não seria possível estimar a intensidade de segunda ordem diretamente (BAILEY e GATRELL, 1995).

Dessa forma a estimativa adequada de  $K(d)$  é dada por:

$$\hat{K}(d) = \frac{1}{\lambda^2 R} \sum_{i \neq j} \sum \frac{I_h(d_{ij})}{w_{ij}}$$

Para completar a estimativa é necessário substituir a intensidade desconhecida  $\lambda$  com uma estimativa do valor por  $\hat{\lambda} = \frac{n}{R}$ .

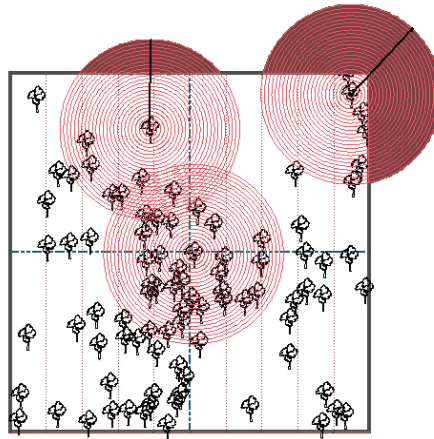
Dessa forma a estimativa de  $K$  é obtida por:

$$\hat{K}(d) = \frac{R}{n^2} \sum_{i \neq j} \sum \frac{I_h(d_{ij})}{w_{ij}}$$

Para Silva *et al.* (2009), a função  $K$  de Ripley é uma estatística descritiva do padrão espacial, sendo uma das ferramentas mais apropriadas para análises do padrão espacial de florestas, sobretudo quando os dados são apresentados sob a forma de mapas de vegetação.

A noção gráfica intuitiva do que está consagrado na função  $K$  pode ser imaginada como um conjunto de círculos concêntricos, centrados em um evento com um espaçamento definido onde o número acumulado de eventos em cada uma dessas distâncias "bandas" é contado (BAILEY e GATRELL, 1995).

Na prática, é necessário introduzir um fator para corrigir o “efeito de borda” porque os pontos fora dos limites da área de estudo não são tidos em conta para estimar  $K(d)$  mesmo se eles estão dentro de uma distância  $d$  a partir de um ponto dentro da área. Se não tomar em conta, os efeitos de borda produzem estimativas tendenciosas de  $K(d)$ , especialmente para grandes valores de  $d$ . Diferentes mecanismos e estimadores têm sido propostos para corrigir o efeito de borda. Ripley (1977) propôs que a estimativa de pontos perto da borda pode ser obtida com um peso proporcional para a porção do círculo que está fora do limite da área de estudo (Figura 6) (CRUZ ROT, 2006).



**Fonte:** Adaptado de CRUZ ROT (2006).

**Figura 6.** Correção do efeito de borda pelo Método de Ripley.

O peso,  $\omega_{ij}$ , para um par de pontos  $i$  e  $j$ , é dado pela proporção da circunferência ou área do círculo, com o seu centro no ponto  $i$  e passando através do ponto  $j$ , contido dentro da região do estudo; se o círculo é completamente contido dentro da área de estudo  $\omega_{ij} = 1$ , caso contrário,  $\omega_{ij} > 1$  (PERRY *et al.*, 2006).

Assim, para um processo “aleatório” o número esperado de eventos dentro de uma distância  $d$  de um evento ao acaso é dado apenas por  $\lambda\pi d^2$  e, conforme a definição da função  $K$ , espera-se  $K(d) = \pi d^2$  para um processo homogêneo sem dependência espacial (BAILEY e GATRELL, 1995). Sob regularidade  $K(d)$  seria inferior a  $\pi d^2$ , e sob agrupamento  $K(d)$  seria maior do que  $\pi d^2$ . Para remover essa dependência de escala de  $K(d)$  e para estabilizar a variância é usada uma transformação pela função  $L(d)$ .

$$\hat{L}(d) = \sqrt{\frac{\hat{K}(d)}{\pi}} - d$$



A significância do teste pode ser calculada através do Processo de Poisson. Os testes para a hipótese nula do padrão espacial são realizados por inúmeras simulações pelo procedimento de Monte Carlo e a função estimada é comparada com a função teórica sob a hipótese nula,  $H_0$  (Completa Aleatoriedade Espacial), cujo valor é zero em todas as distâncias. Limites de rejeição para o teste são estimados como os envelopes de simulações. Quanto maior for o número de simulações, melhor o valor de  $p$  estimado (BAROT *et al.*, 1999). Diggle (2003) afirma que os envelopes de significância realizados com base em 500 repetições parecem adequados (para  $\alpha = 0,01$ ).

A extensão da função  $K$  para análise bivariada ( $K_{12}$ ), proposto por Lotwick e Silverman (1982), e a correspondente função  $L_{12}$  (DIGGLE, 1983), permite testar o padrão de interação entre dois tipos de pontos (eventos). A função é definida como o número esperado de pontos do padrão tipo 2 dentro de uma distância  $d$  de um ponto arbitrário de um padrão 1, dividido pela intensidade de pontos do padrão tipo 2 (WIEGAND e MOLONEY, 2004). Neste caso é como se um círculo de raio  $r$  é centrado em  $i$  cada ponto do padrão 1, e o número de pontos do padrão 2 dentro do círculo é contado. Para  $n_2$  pontos de padrão 2 distribuídos em uma região de estudo  $R$ , com área  $A$ , a densidade (número médio de pontos por unidade de área) é dada por  $I = n_2 / A$ , assumindo um padrão homogêneo. A função  $\lambda K_{12}(d)$  dá o número esperado de pontos do padrão 2, dentro do raio  $r$  de um ponto arbitrário do padrão 1:

$$\lambda_2 K_{12}(d) = E[\#(\text{pontos do padrão 2} \leq d \text{ a partir de um ponto arbitrário do padrão 1})]$$

onde  $\#$  significa "o número de", e  $E[\ ]$  é o operador esperança. Sob independência dos dois padrões de pontos,  $K_{12}(d) = \pi r^2$ , ou seja  $K_{12}$  é igual à área de um círculo de raio  $r$ .

Assim, este modelo nulo depende da escala espacial  $r$ . Para remover essa dependência de escala de  $K_{12}(d)$  e para estabilizar a variância é usada uma transformação pela função  $L_{12}(d)$ . A transformação permite também uma melhor visualização dos resultados.

$$L_{12}(d) = \sqrt{\frac{K_{12}(d)}{\pi}} - d$$

Quando  $L_{12}(d)$  aparece negativo, ultrapassando o limite de confiança inferior, significa que os dois padrões são repulsivos, e quando  $L_{12}(d)$  é positivo indica que os dois padrões são atraentes, caso contrário, os dois padrões são independentes (CHEN e BRADSHAW, 1999).

Na interpretação dos resultados obtidos com dados ecológicos, existem pelo menos

duas hipóteses nulas diferentes que podem ser usadas (a independência ou rotulagem aleatório), dependendo no contexto do estudo e da natureza dos dados (ver detalhes em GOREAUD e PÉLISSIER, 2003).

A função  $K$  e  $K_{I2}$  é definida sob as suposições de estacionariedade e isotropia (ou seja, invariância por translação e rotação), o que significa que não pode ser usado diretamente quando o ambiente é heterogêneo (GOREAUD e PÉLISSIER, 2003). Considerando que em um cenário ecológico a intensidade de um padrão frequentemente varia no espaço com covariáveis, tais como a disponibilidade de nutrientes do solo ou posição topográfica, resultando em heterogeneidade, é importante separar os efeitos de primeira ordem e de segunda ordem em análises espaciais (PERRY *et al.*, 2006). Uma forma de abordagem é delinear áreas homogêneas internamente dentro da parcela e analisá-los individualmente (WIEGAND e MOLONEY, 2004). Alternativamente, Baddeley *et al.* (2000) descrevem uma versão da função  $K$  para casos não homogêneos. O método consiste em generalizar a função homogênea para uma função não homogênea usando estimativas de intensidade em cada caso, em vez do valor global médio (PERRY *et al.*, 2006).

### 3.3.2. Estimador de intensidade por Kernel

Estimar a intensidade de um padrão de pontos é como estimar uma densidade de probabilidade bivariada onde o valor seria uma medida de influência das amostras na célula (INPE, 2006). A definição matemática é dada supondo que  $s$  represente uma localização em uma região  $R$  e  $s_1, \dots, s_n$  são localizações de  $n$  eventos observados. A intensidade,  $\tau\lambda(s)$ , em  $s$  é então estimada pela fórmula:

$$\hat{\lambda}_\tau(s) = \sum_{h_i \leq \tau} \frac{3}{\pi\tau^2} \left(1 - \frac{h_i^2}{\tau^2}\right)^2$$

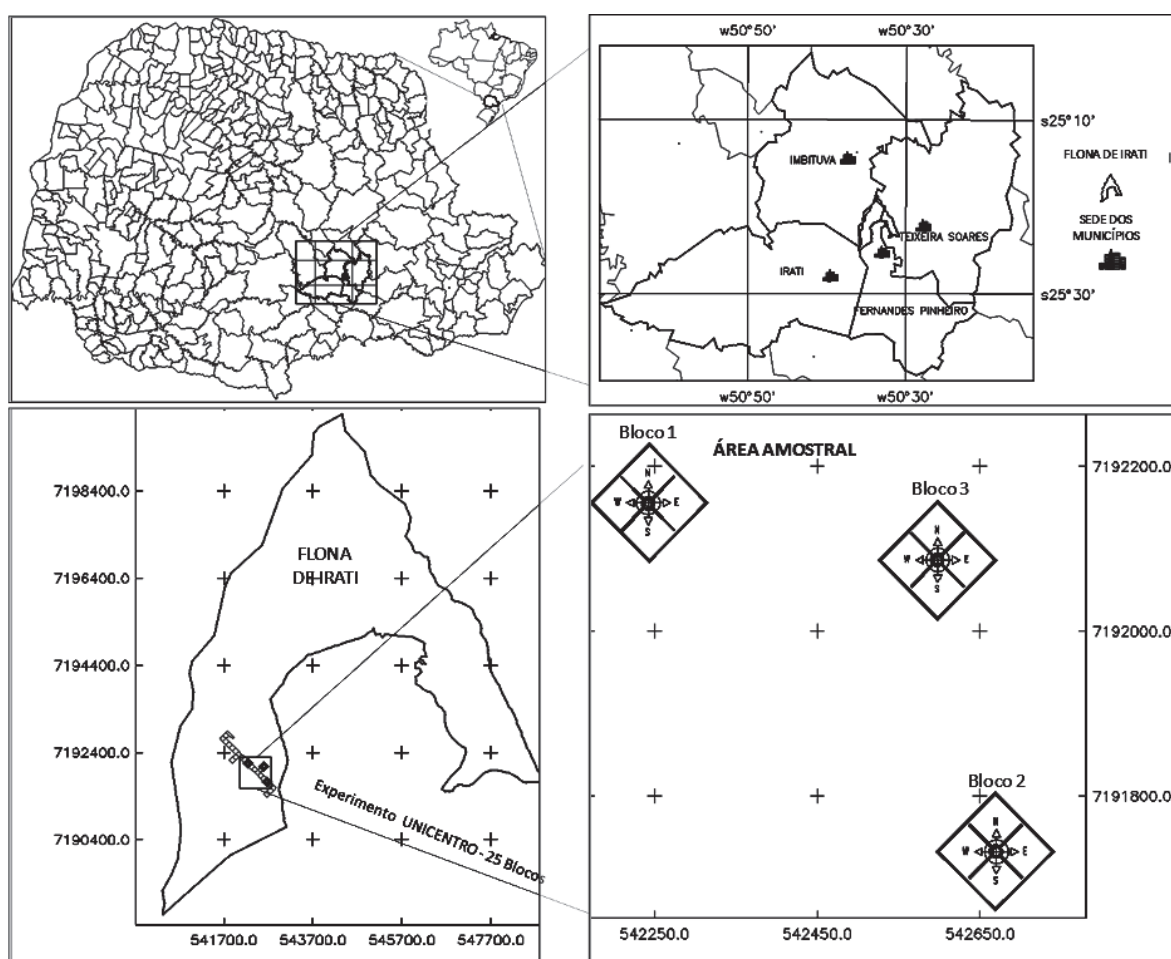
onde  $h_i$  é a distância entre o ponto  $s$  e a localização do evento observado  $s_i$ , e a soma só ocorre para os pontos que estão a uma localização  $h_i$  que não ultrapasse  $\tau$ .

Resumindo, o que se faz é interpolar um valor de intensidade (número de eventos por unidade de área) para cada célula de uma grade, considerando uma função, simétrica, centrada na célula de  $s$  utilizando-se para o cálculo os pontos situados até certa distância do centro da célula (INPE, 2006).

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1. Caracterização da área de estudo

A área de estudo está localizada na Floresta Nacional (FLONA) de Irati, região centro-sul do estado do Paraná entre os municípios de Fernandes Pinheiro, Imbituva, Irati e Teixeira Soares (Figura 7).



**Figura 7.** Localização geográfica da FLONA de Irati, entre os municípios de Fernandes Pinheiro, Imbituva, Irati e Teixeira Soares no estado do Paraná, Brasil. Destaque para os três Blocos de área amostral (1 ha cada) avaliados neste trabalho.

A área é considerada uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável (ICMBio) e compreende 3.618,21 hectares, onde 43,82% de sua área é ocupada por cobertura florestal nativa (MAZZA, 2006).

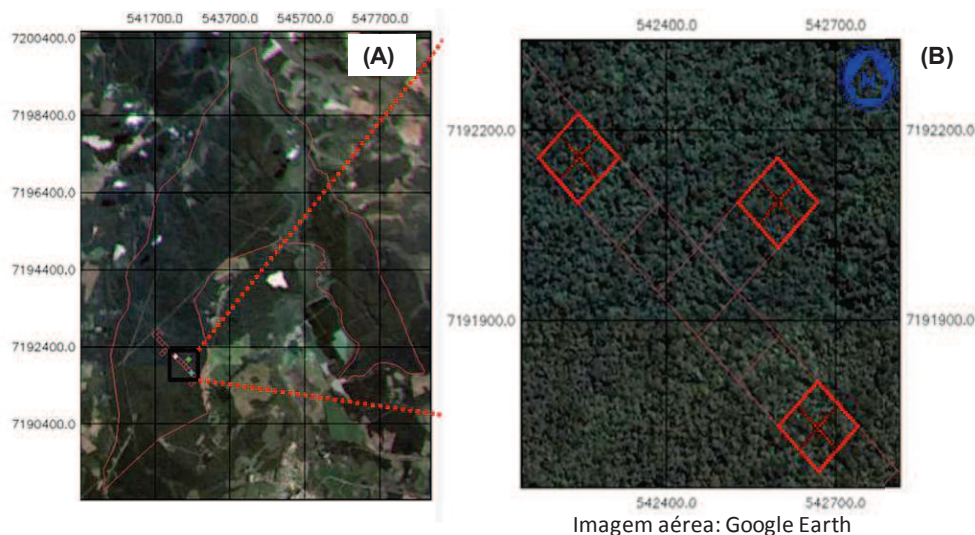
A altitude na FLONA de Irati varia entre 788 e 899 m, sendo que a área de estudo está

em um local elevado, com boa drenagem. O clima da região de acordo com o sistema de Köppen é do tipo Cfb, ou seja, subtropical úmido sem estação seca, com estações de verão e inverno bem definidas.

Os solos que predominam são profundos, porosos e argilosos do grupo Latossolo Vermelho distrófico, o que lhes confere porosidade e livre drenagem da água (EMBRAPA, 1999).

#### 4.2. Amostragem da população

A área de estudo faz parte de um experimento multidisciplinar em 25 hectares contínuos de FOM localizados na FLONA de Irati (Figura 8 A), sendo que o monitoramento é executado pela equipe do Laboratório de Manejo Florestal da UNICENTRO (FIGUEIREDO FILHO *et al.*, 2010). Cada hectare de amostra com dimensões de 100 m X 100 m constituiu um Bloco, e cada Bloco foi dividido em 4 parcelas com dimensões de 50 m x 50 m (Figura 8 B). Nas parcelas, todas as árvores com diâmetro à altura do peito (DAP) superior a 10 cm foram identificadas, etiquetadas, pintadas e coletados os valores de DAP.



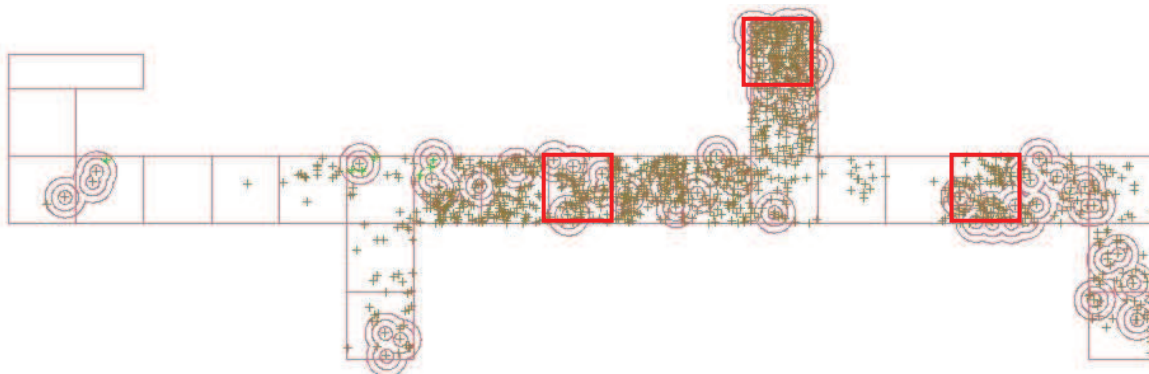
**Figura 8.** Localização da área de estudo com a representação dos limites da FLONA de Irati e do experimento de 25 hectares de parcelas permanentes (A) com destaque para as três áreas (Blocos) avaliadas neste trabalho (B).

O experimento foi iniciado em 2001 e teve a primeira coleta de dados concluída em 2002. A partir de então, foi realizado um inventário florestal contínuo com o monitoramento

por mensuração a cada três anos. Em 2010-2011 foi concluída a quarta avaliação completando 10 anos de monitoramento.

Com os dados fornecidos pelo Laboratório de Manejo Florestal da UNICENTRO foi implementado um banco de dados geográficos orientado a objetos por meio de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), utilizando o *Software* SPRING (CÂMARA *et al.*, 1996). Com os dados alimentados em SIG, foi possível realizar consultas espaciais por expressão lógica e elaborar esquemas gráficos. No exemplo da Figura 9 foi criado um mapa de distância para as árvores de canela-sassafrás maiores que 30 cm de DAP e em seguida realizou-se uma consulta por expressão lógica de todos os indivíduos adultos dessa espécie com DAP maior que 10 cm (pontos na cor marrom). Este procedimento foi útil para selecionar as árvores de interesse e as três áreas deste estudo.

Com a representação é possível visualizar as áreas com maior densidade de árvores e a distância aproximada entre os eventos de acordo com os critérios estabelecidos.



**Figura 9.** Consulta espacial com o SPRING para localizar as áreas com maior densidade de *O. odorifera* no experimento de 25 ha, localizado na FLONA de Irati, PR. As linhas determinam cada um dos 25 Blocos de 1 hectare e os círculos representam distâncias de 10 m em torno dos indivíduos maiores que 30 cm de DAP (prováveis plantas matrizes); os pontos em forma de cruz (cor marrom) indicam as árvores maiores que 10 cm de DAP. Destaque em “vermelho” para os três Blocos escolhidos para esta pesquisa.

Visualmente nota-se que a canela-sassafrás tem uma participação expressiva na estrutura horizontal da floresta, no entanto, com grande heterogeneidade entre os Blocos do experimento. Observou-se que a canela-sassafrás não ocorreu em alguns Blocos e a maior

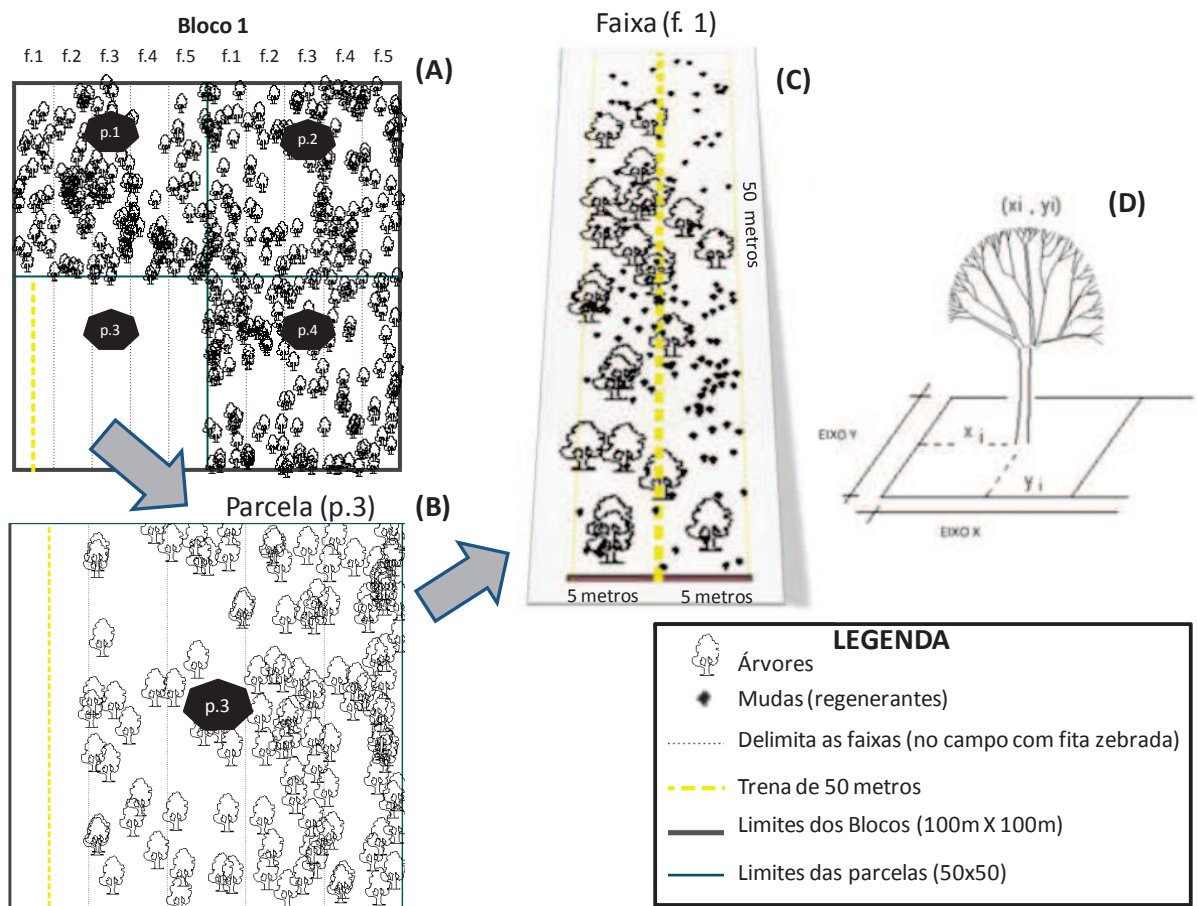
frequência de indivíduos adultos da espécie está próxima ao centro da área de estudo. As laterais (direita e esquerda) da área do experimento coincidem com as bordas da floresta, onde houve provavelmente um maior impacto da exploração de madeira antes da criação da FLONA.

Para esta pesquisa foram escolhidos três Blocos com alta densidade de árvores adultas de canela-sassafrás, onde supostamente deve existir uma maior quantidade de regenerantes para análise dos padrões e interações espaciais. O Bloco 1 deste trabalho corresponde ao Bloco 9 do experimento de 25 ha e assim, respectivamente, o Bloco 2 e Bloco 3 correspondem aos Blocos 15 e Bloco 21. O LMF utiliza uma numeração sequenciada para os 25 hectares de amostra, lembrando que cada Bloco possui área de 1 ha.

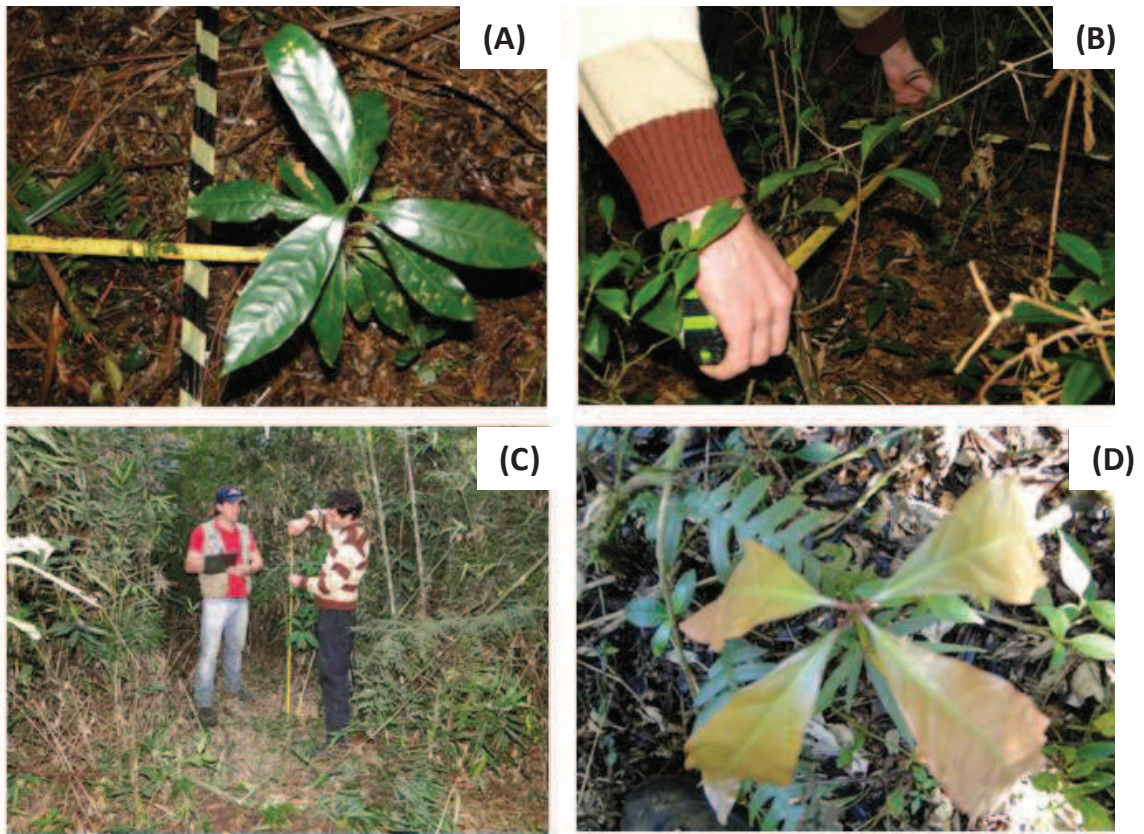
### **4.3. Coleta de dados da canela-sassafrás**

Em cada Bloco todos os indivíduos de canela-sassafrás com mais de 30 cm de altura total foram mapeados por coordenadas cartesianas locais e mensurados quanto à altura total e DAP (quando existente  $\geq 3$  cm). As alturas maiores que 3 m foram estimadas.

Para a facilitar a numeração e o mapeamento dos representantes da espécie foram instaladas 5 faixas de 0,05 ha (10 m x 50 m) em cada parcela, delimitadas com fita zebrada. Para realizar a medição e o registro das coordenadas dos eventos, foi utilizada uma trena de 50 m para dividir cada faixa em duas partes iguais de 5 m X 50 m. Foi atribuído o eixo Y na trena e o eixo X foi obtido com uma fita métrica de 5 m em ângulo perpendicular (90°) com uma das fitas zebradas (Figura 10 e Figura 11). Para fixação das fitas zebradas no solo utilizou-se grampos de arame.



**Figura 10.** Croqui de localização das árvores no Bloco com indicação dos limites das parcelas e faixas e esquema demonstrando a forma de mapeamento por coordenadas cartesianas locais (X e Y) em cada faixa. Localização das árvores, das faixas e das parcelas no Bloco (A); localização das árvores e faixas na parcela (B); localização das árvores e indivíduos regenerantes na faixa (C); esquema utilizado para registrar a localização por coordenadas cartesianas (D).



**Figura 11.** Imagens da coleta de dados. Indivíduo regenerante sendo mensurado a partir da faixa delimitada pela fita-zebrada (A) e (B); mensuração da altura de um indivíduo regenerante (C); aspecto das folhas apicais (característica útil para o reconhecimento da espécie) de um indivíduo de *O. odorifera* presente no banco de plântulas (D).

#### 4.4. Caracterização da estrutura horizontal e vertical da canela-sassafrás

Inicialmente os indivíduos de cada amostra foram classificados nas duas categorias listadas:

- Adultas – Plantas maiores, a partir de 10 cm de DAP;
- Regenerantes – Plantas menores que 10 cm de DAP.

A estrutura diamétrica foi caracterizada para a floresta pelas distribuições de frequências do número de árvores para classes de diâmetro de 10 cm. Particularmente foi analisada a estrutura diamétrica da espécie *O. odorifera* em cada Bloco.

A estrutura vertical para a regeneração foi descrita usando intervalos de altura



adaptado de Dubois (1980) e Cruz e Ríos (2003). Baseados nesta classificação, as categorias consideradas neste trabalho foram:

1º mudas inferiores (U1), com alturas entre 30 – 150 cm;

2º mudas superiores (U2), com alturas entre 150 cm e 300 cm;

3º Estabelecidos (E), com alturas superiores a 300 cm e inferiores a 5 cm de Diâmetro à Altura do Peito (DAP);

4º Categoria (L), corresponde aos indivíduos com diâmetros entre 5 e 10 cm;

As mudas inferiores (categoria U1) foram ainda classificadas em intervalos de altura de 10 cm, pois apresentaram uma frequência alta que é representada como um pico nos histogramas.

Para as árvores adultas foram calculados os descritores fitossociológicos de Densidade, Dominância, Frequência e Índice de Valor de Importância. O objetivo principal da análise da estrutura horizontal é caracterizar as áreas utilizadas para avaliação da regeneração e dos padrões e interações espaciais da canela-sassafrás.

#### **4.5. Estimativas de densidade**

Mapas de estimativa da densidade de árvores foram gerados com aplicação do estimador de densidade de Kernel. A densidade em cada localização da área de estudo foi estimada para as categorias de árvores adultas e dos indivíduos regenerantes de canela-sassafrás, registrando os resultados nas três áreas de estudo. Foram construídos mapas de superfícies gerando diferentes perspectivas de visualização.

#### **4.6. Métodos estatísticos para descrição dos padrões espaciais**

Foram utilizados métodos com base na análise das distâncias entre pontos da função *K* (RIPLEY, 1977; 1981; 1988). Os dados espaciais consistiram em mapas de pontos elaborados a partir das coordenadas cartesianas de cada Bloco. As tabelas foram digitadas e editadas em planilhas do Microsoft Office Excel 2007 e salvos em arquivo de texto formato txt. Os arquivos de texto foram importados para o programa computacional “R” versão 2.15.0 (R, 2012). O pacote utilizado no R foi o “spatstat” versão 1.27-0 (BADDELEY e TURNER, 2005).

#### 4.6.1. Análise univariada dos padrões espaciais

Os padrões espaciais de árvores e dos indivíduos regenerantes foram quantificados usando a função  $K$  de Ripley (RIPLEY, 1981), incorporadas a correção de borda de (RIPLEY, 1977) e a transformação de raiz quadrada,  $L$ . A correção da bordadura em qualquer estimador da função  $K$  impõe uma restrição sobre a amplitude da escala espacial em que a função pode ser adequadamente estimada (CAPRETZ, 2004). A escala de distância utilizada neste estudo vai de 1 a 25 m, de modo a proporcionar estimativas não viciadas.

A visualização de padrões espaciais na forma de representações pontuais fornece uma ideia inicial da área de estudo. No entanto, a definição exata dos padrões presentes na distribuição dos eventos não é muito evidente, sendo difícil chegar a conclusões com base apenas em uma análise visual.

Os resultados são descritos por meio dos gráficos em que o eixo das ordenadas corresponde ao valor estimado e transformado de  $K$  ( $L$  estimado) e o eixo das abscissas corresponde à distância em metros (escala). Quando a função empírica (“ $L$  estimado” - linha sólida) supera o valor teórico esperado (envelope com área na cor cinza) do limite de confiança assumindo que os pontos são completamente aleatórios, significa agrupamento; já num padrão aleatório, a função empírica ( $L$  estimado) deve estar dentro dos limites de confiança; no padrão regular a função ( $L$  estimado) está abaixo do envelope do limite de confiança.

Em todos os casos o modelo nulo (hipótese de aleatoriedade espacial) foi gerado com 500 simulações Monte Carlo para  $\alpha = 0,01$  com os limites de confiança.

Foram realizadas análises univariadas para as categorias adultas e regenerantes, e particularmente para pequenas categorias de tamanho das regenerantes e para duas classes de diâmetro das árvores adultas DAP de 10 à 19,9 cm e DAP  $\geq 20$  cm, em cada Bloco. Considerou-se apenas uma categoria a partir de 20 cm de DAP porque o número de indivíduos não foi confiável para estimar  $L$  nas classes de diâmetros maiores.

#### 4.6.2. Análise bivariada para os padrões de interação espacial

Os testes do padrão de interação da canela-sassafrás foram realizados com a função  $K_{12}$  proposta por Lotwick e Silverman (1982), e as correspondentes funções  $L_{12}$  propostas por

Diggle (1983). Em todos os casos foram consideradas duas categorias de regenerantes, sendo elas:

1 - altura total  $\geq 30$  cm com DAP < 10 cm (todas os indivíduos regenerantes amostrados);

2 - altura total  $\geq 300$  cm (indivíduos estabelecidos, segundo Dubois (1980)). Segundo o autor, quando um indivíduo alcança 300 cm, superou a competição e por tal motivo tem a máxima probabilidade de se converter em uma árvore adulta.

As análises bivariadas foram aplicadas explorando as interações entre:

- a) adultos de *O. odorifera* - categorias 1 e 2 de regenerantes;
- b) adultos de *O. odorifera* com mais de 20 cm de DAP - categorias 1 e 2 de regenerantes;
- c) adultos de todas as espécies com mais de 20 cm de DAP - categorias 1 e 2 de regenerantes;
- d) adultos mortos entre 2005 e 2010 - categorias 1 e 2 de regenerantes;
- e) adultos das espécies mais representativas na estrutura horizontal da floresta (*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, *Nectandra grandiflora* Nees, *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman, *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez, *Ilex paraguariensis* A.St.-Hil., *Myrsine umbellata* Mart., *Coussarea contracta* (Walp.) Müll.Arg., *Casearia decandra* Jacq., *Casearia sylvestris* Sw., *Myrcia hebeptala* DC., *Ocotea porosa* (Nees & Mart.) Barroso, *Prunus myrtifolia* (L.) Urb., *Cedrela fissilis* Vell., *Ocotea puberula* (Rich.) Nees; *Matayba elaeagnoides* Radlk. e *Dalbergia brasiliensis* Vogel) - categorias 1 e 2 de regenerantes.

Os efeitos de borda foram corrigidos usando o método de ponderação local (RIPLEY, 1977). Os valores observados de  $L_{12}$  foram comparados com os valores teóricos obtidos para um valor nulo da hipótese de independência que corresponde à ausência de interação entre os dois tipos de pontos. O modelo nulo (hipótese de independência espacial) foi gerado com 500 simulações para  $\alpha = 0,01$  com os limites de confiança, pela técnica *toroidal shifts* conforme Barot *et al.* (1999), utilizando a função `rshift(X, ...)` do pacote “spatstat”.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Estrutura e padrão espacial

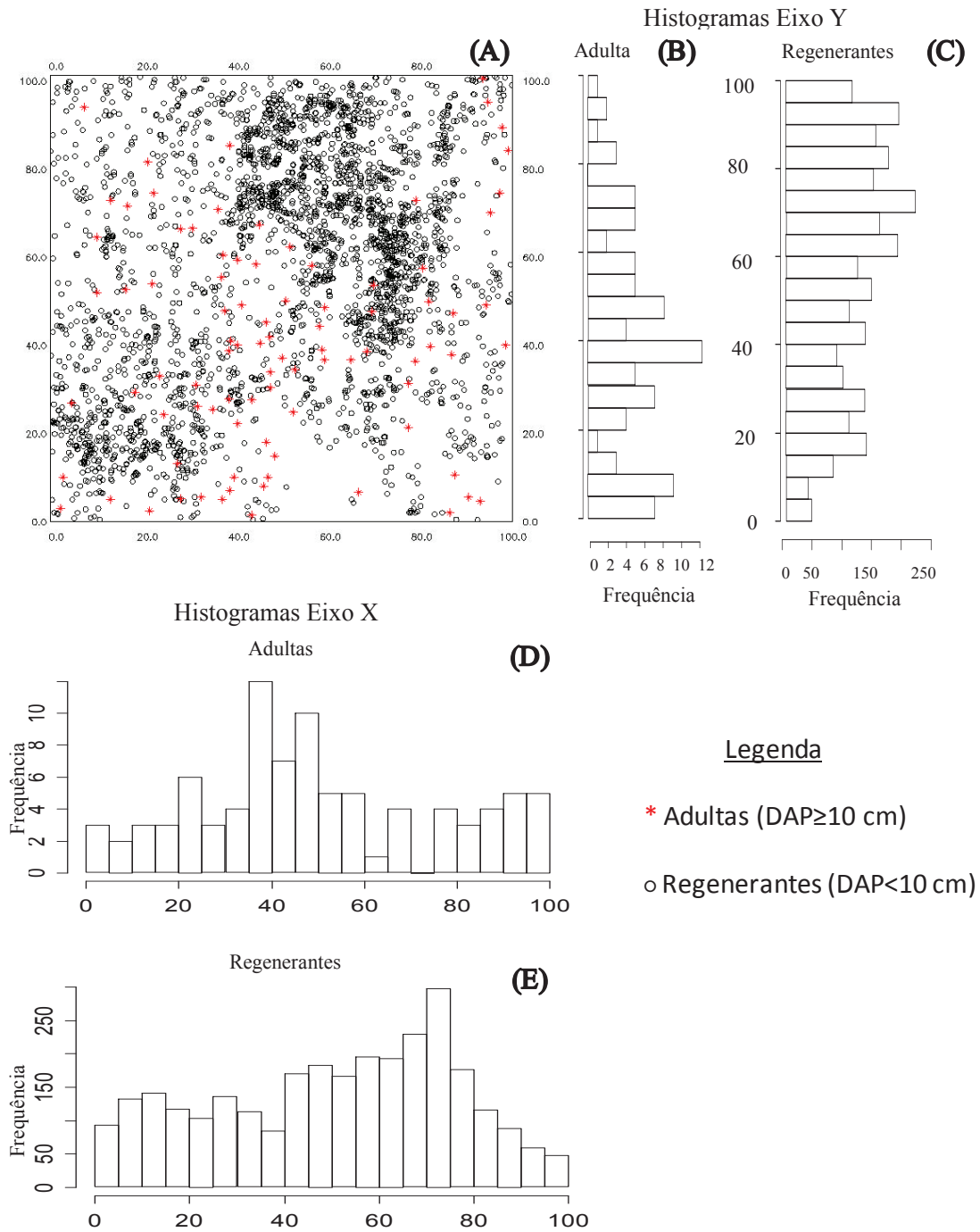
A apresentação dos resultados para cada área de estudo (Bloco 1, Bloco 2 e Bloco 3) permite fazer inferências e realizar comparações entre as três amostras. No total foram mensurados 5549 indivíduos de canela-sassafrás com altura maior que 30 cm. O Bloco 1 com a maior densidade, apresentou um total de 2929 indivíduos, o Bloco 2 apresentou um total de 871 indivíduos e o Bloco 3 contabilizou 1749 indivíduos. A distribuição de frequência nas categorias adulta ( $DAP \geq 10$  cm) e regenerante ( $DAP < 10$  cm) pode ser observada na Tabela 1.

**Tabela 1.** Dados básicos de análise exploratória, referentes aos três Blocos da área de estudo, na FLONA de Irati, PR.

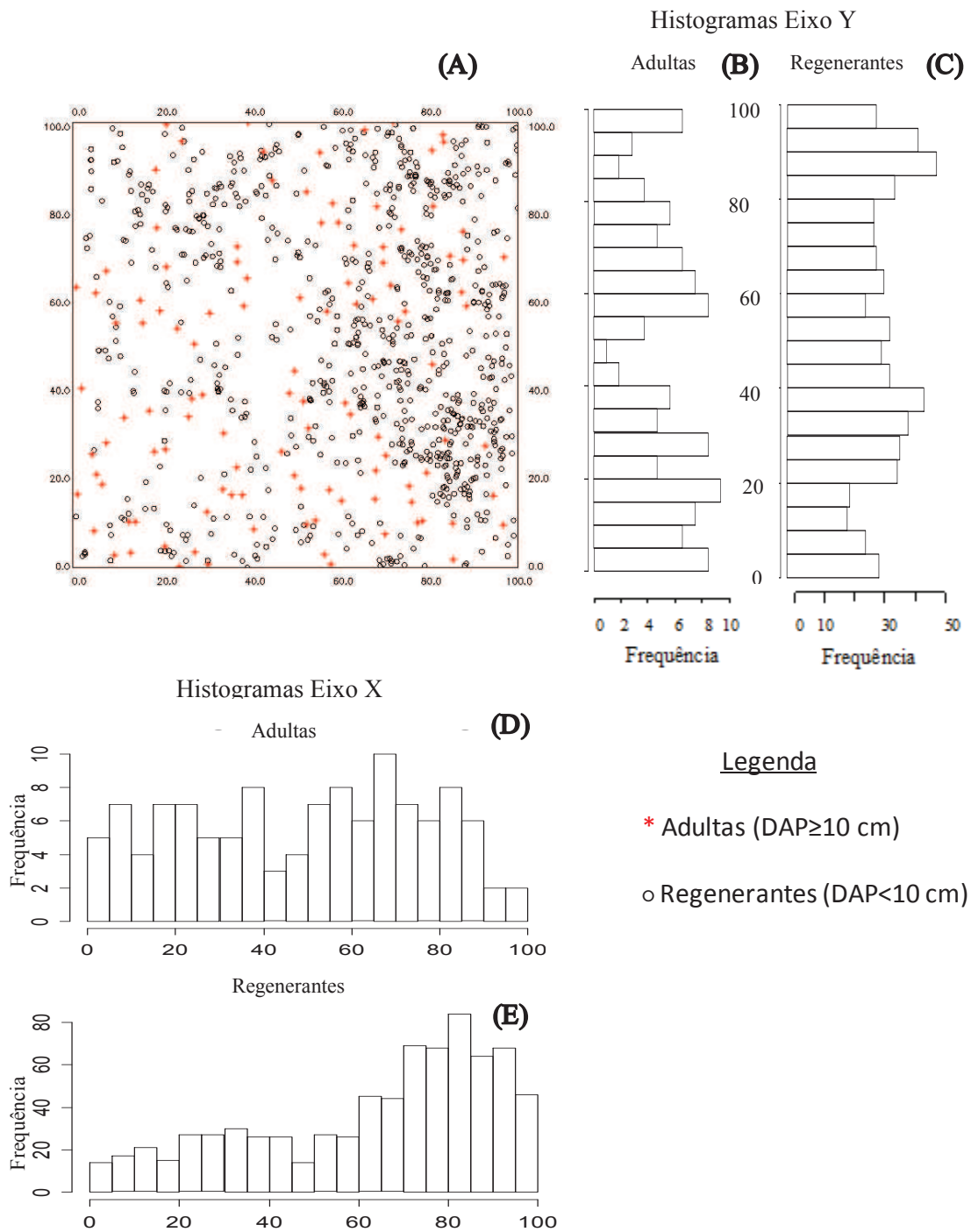
Amostra	Categoria	Frequência	Proporção	Densidade (Ind/m <sup>2</sup> )
Bloco 1	adulta	89	3%	0,0089
	regenerante	2840	97%	0,2840
Bloco 2	adulta	113	13%	0,0113
	regenerante	758	87%	0,0758
Bloco 3	adulta	223	13%	0,0223
	regenerante	1526	87%	0,1526

A proporção de indivíduos em fase de regeneração foi elevada em relação à categoria adulta, prováveis plantas matrizes ou porta-sementes.

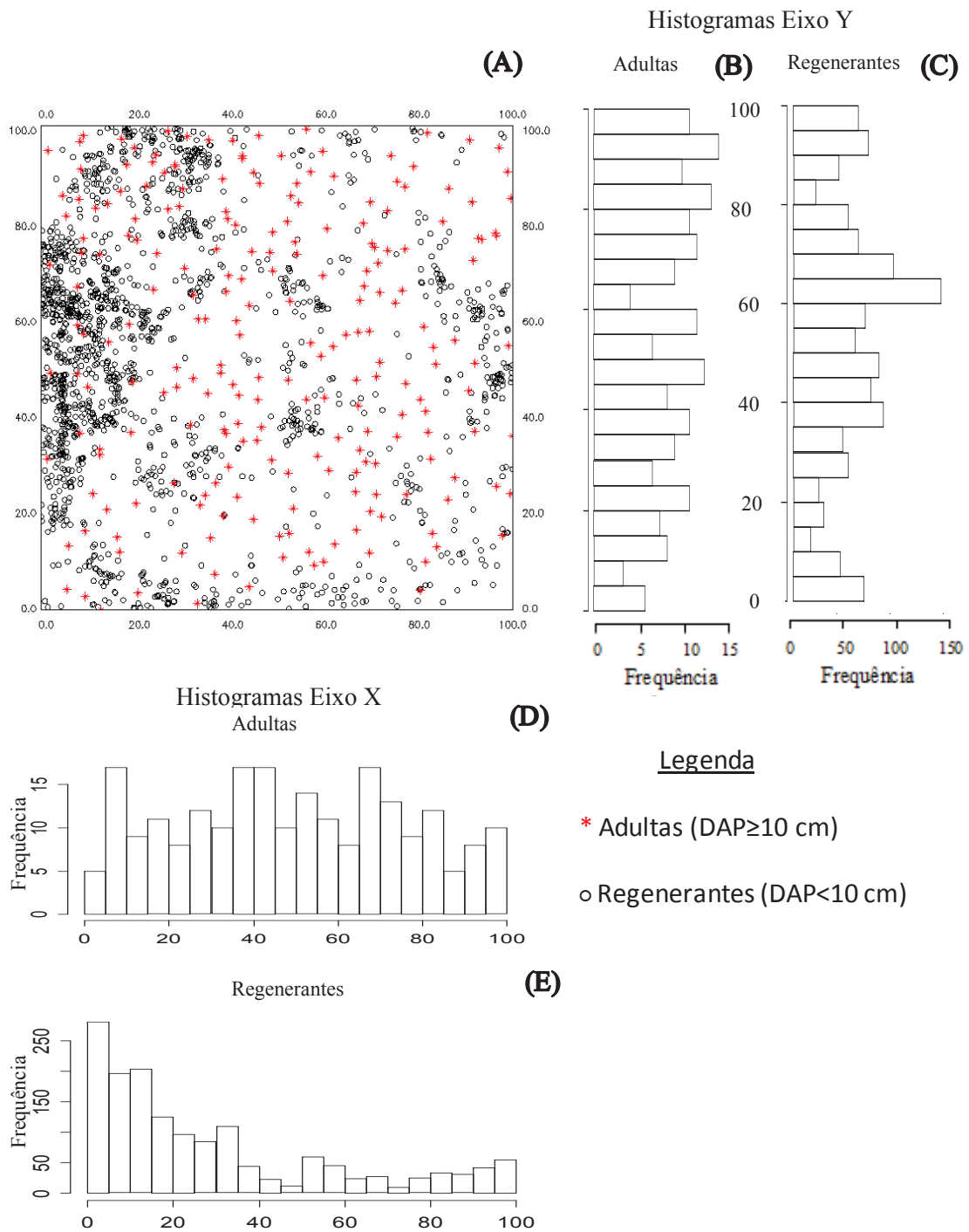
Com os dados das posições dos indivíduos representou-se a distribuição da espécie em cada Bloco (Figura 12 A), Figura 13 A) e Figura 14 A). As respectivas figuras diferenciadas pelas letras (B, C, D e E) representam os histogramas onde é possível verificar o número de indivíduos da espécie em diferentes localizações ao longo dos eixos cartesianos e ter uma informação da homogeneidade da distribuição natural da espécie sobre a área de estudo.



**Figura 12.** Distribuição espacial dos indivíduos de *Ocotea odorifera* no Bloco 1 da área de estudo localizada na FLONA de Irati, PR (A). Frequência absoluta dos indivíduos adultos (B e D) e indivíduos regenerantes (C e E) a cada 5 m ao longo dos eixos Y e X das coordenadas cartesianas.



**Figura 13.** Distribuição espacial dos indivíduos de *Ocotea odorifera* no Bloco 2 da área de estudo localizada na FLONA de Irati, PR (A). Frequência absoluta dos indivíduos adultos (B e D) e indivíduos regenerantes (C e E) a cada 5 m ao longo dos eixos Y e X das coordenadas cartesianas.



**Figura 14.** Distribuição espacial dos indivíduos de *Ocotea odorifera* no Bloco 3 da área de estudo localizada na FLONA de Irati, PR (A). Frequência absoluta dos indivíduos adultos (B e D) e indivíduos regenerantes (C e E) a cada 5 m ao longo dos eixos Y e X das coordenadas cartesianas.

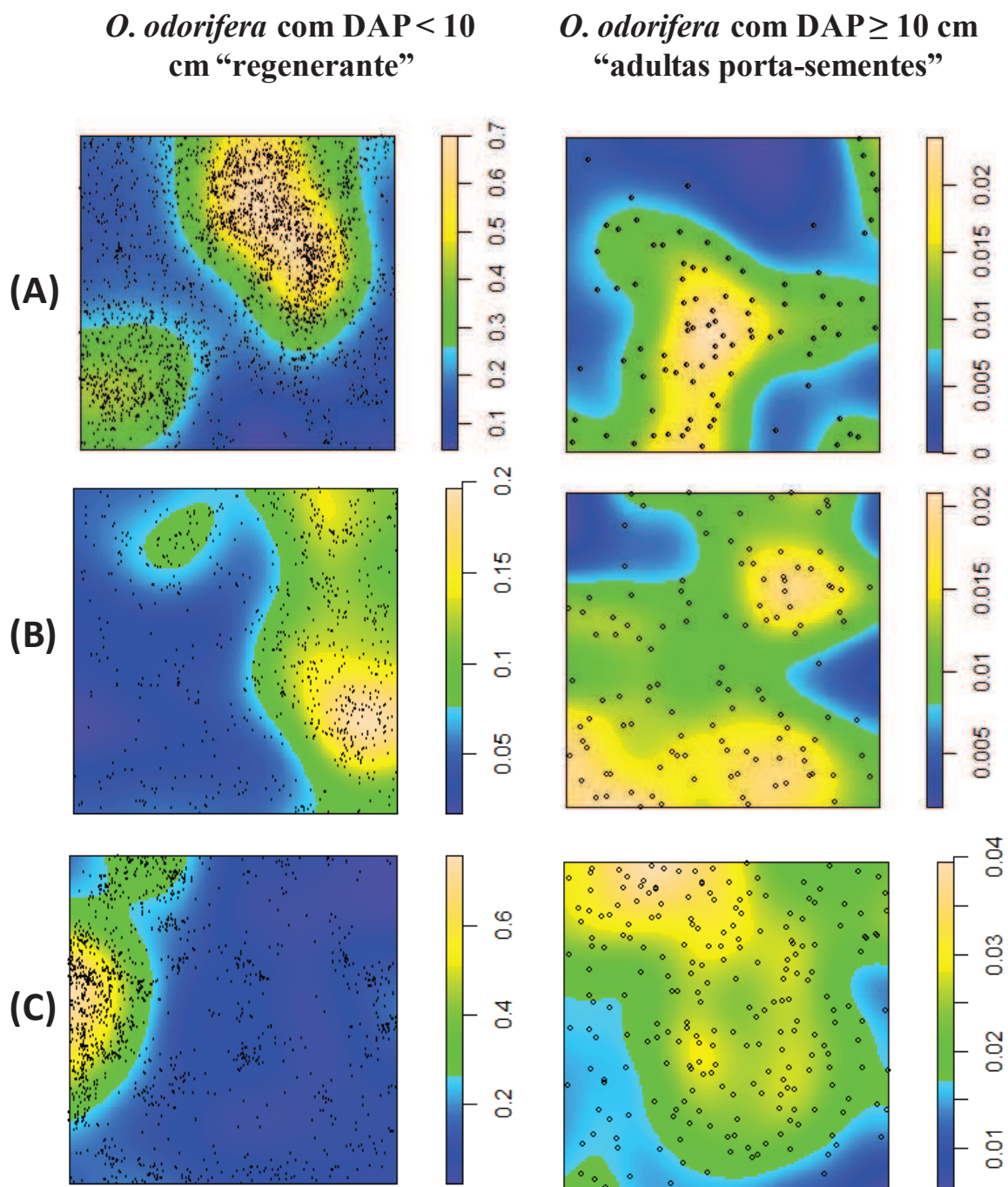
De acordo com uma análise visual é possível observar que os indivíduos se acumulam com maior frequência na classe regenerante (pontos em preto) e que ocorrem agrupamentos destes pontos sugerindo um padrão espacial agregado. Não se observou, visualmente, agrupamentos para as árvores adultas (pontos vermelhos).

Estimativas da intensidade do padrão de pontos para árvores adultas e em fase de regeneração foram calculadas por meio do estimador Kernel. Na Figura 15 é possível consultar os resultados que informam a densidade (número de árvores por metro quadrado) em cada local das áreas de estudo. O valor da densidade corresponde à tonalidade de cor associado à escala da direita. As áreas em amarelo demonstram onde ocorre o maior número de indivíduos da espécie.

Observa-se que a superfície de densidade tem alguns declives e aglomerados de árvores em diferentes regiões da área de estudo. Geralmente os locais com maior densidade de adultas têm a densidade menor de indivíduos regenerantes, sugerindo uma possível interação negativa entre as classes.

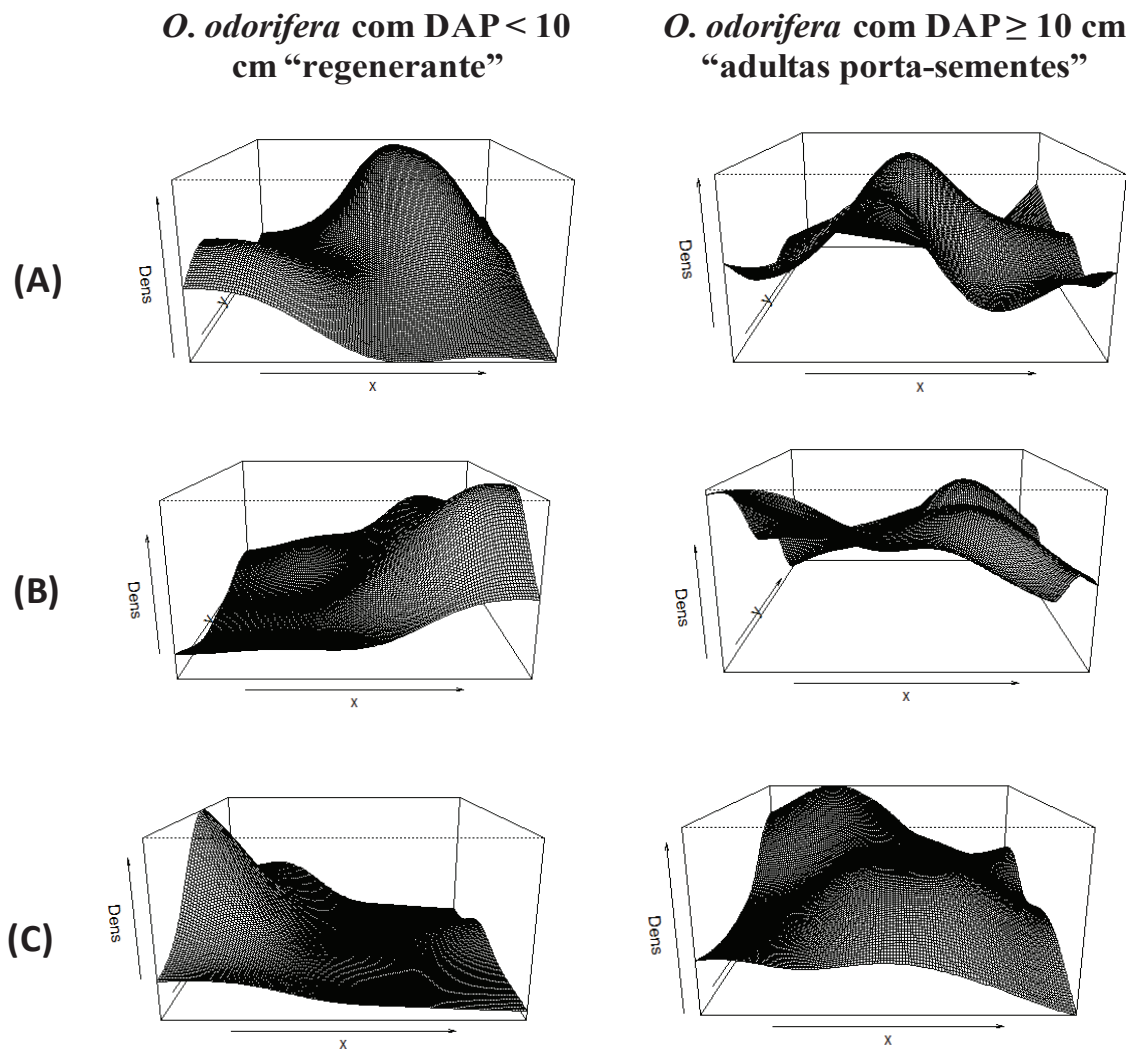
Camarero e Gutiérrez (1999) citam que a regeneração pode estar muito determinada por mecanismos de interação positiva entre espécies ou indivíduos (facilitação), o que explicaria o aparecimento de agregação para as plântulas, afastado das árvores adultas. Evolutivamente este comportamento pode conferir vantagens à espécie como uma estratégia de ocupação de habitat.





**Figura 15.** Visualização do padrão espacial e da intensidade de plantas adultas e regenerantes de cada área amostrada. Bloco 1 (A); Bloco 2 (B); Bloco 3 (C).

Para uma noção visual da variação da densidade de indivíduos adultos e regenerantes de canela-sassafrás sobre cada área de estudo foram criadas perspectivas “3D”, a partir dos valores interpolados com o estimador de Kernel (Figura 16).



**Figura 16.** Perspectiva “3D” da variação espacial da densidade de indivíduos adultos e regenerantes nos três Blocos amostrados na área de estudo, localizada na FLONA de Irati, Paraná. Bloco 1 (A); Bloco 2 (B); Bloco 3 (C).

### 5.1.1. Estrutura diamétrica da comunidade arbórea e da canela-sassafrás

Um número bastante expressivo de canelas-sassafrás foi encontrado na área de estudo, estando relacionado à capacidade de regeneração da espécie neste sítio. Carvalho (2003) mencionou que a *O. odorifera* é exigente em solos, sendo considerada espécie indicadora de alta fertilidade química, tendo crescido melhor em solos férteis, profundos, com drenagem boa e textura argilosa.

Na Tabela 2 e na Tabela 3 são apresentadas as estatísticas descritivas de cada Bloco, referente ao diâmetro à altura do peito (DAP) de todas as árvores adultas e particularmente para a canela-sassafrás.

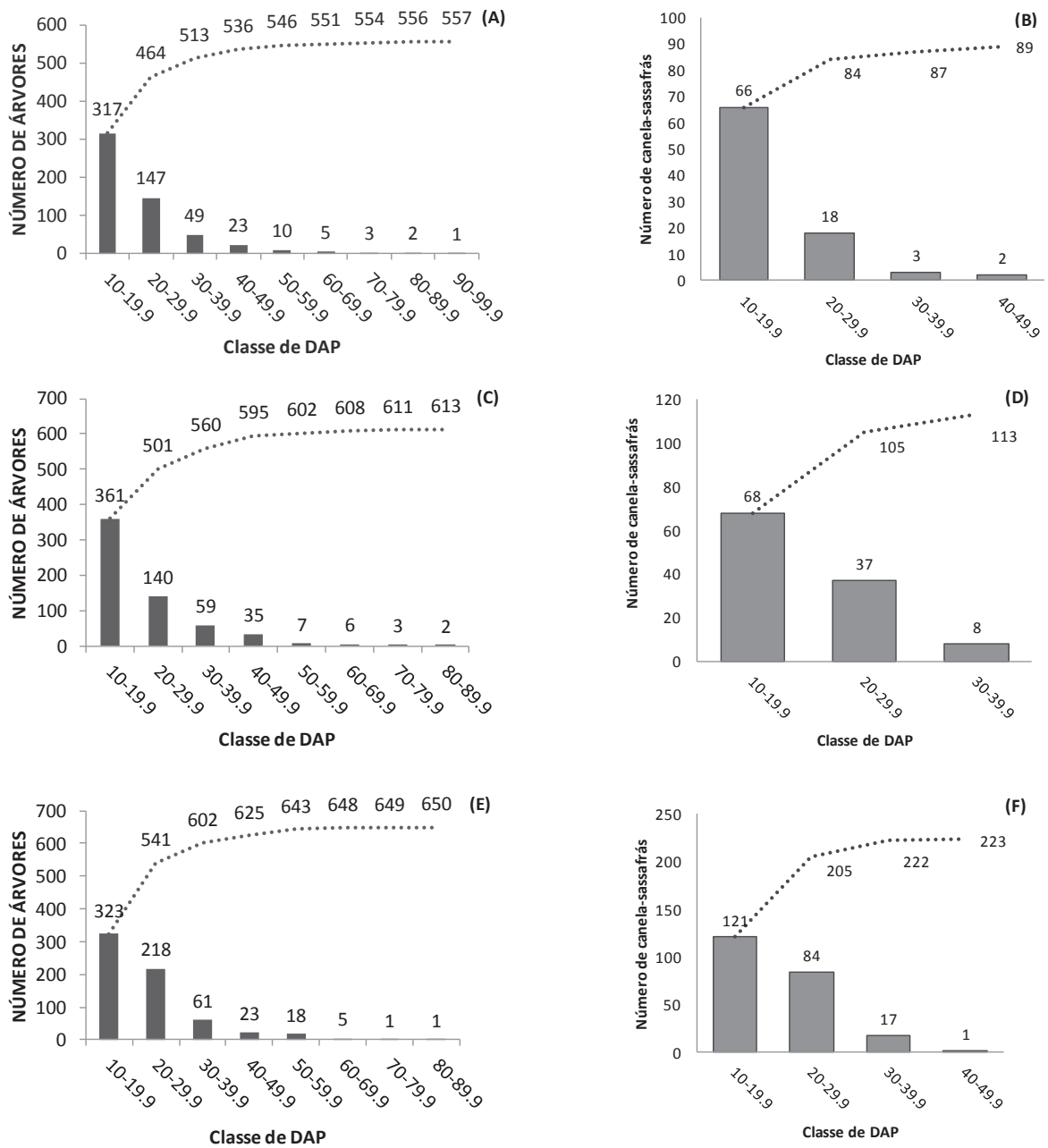
**Tabela 2.** Estatísticas descritivas referentes ao diâmetro à altura do peito (DAP) de todas as árvores adultas (espécies diversas) presentes em cada Bloco de estudo, na FLONA de Irati, PR.

Área	DAP cm			
	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
<b>Bloco 1</b>	18,8	12,1	10,0	93,6
<b>Bloco 2</b>	17,7	12,2	10,0	87,9
<b>Bloco 3</b>	20,1	10,7	10,0	80,1

**Tabela 3.** Estatísticas descritivas referentes ao diâmetro à altura do peito (DAP) das árvores de canela-sassafrás adultas presentes em cada Bloco de estudo, na FLONA de Irati, PR.

Área	DAP cm			
	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
<b>Bloco 1</b>	16,9	6,5	10,5	43,9
<b>Bloco 2</b>	18,6	6,0	10,0	34,7
<b>Bloco 3</b>	19,1	6,3	10,0	41,4

A Figura 17 mostra a tendência da distribuição diamétrica considerando todas as espécies com mais de 10 cm de DAP (gráficos da esquerda) e apenas para a espécie objeto deste estudo *O. odorifera* (gráficos da direita). Observa-se a forma do “J-invertido” dos histogramas, como é esperado em florestas heterogêneas. A frequência diminui à medida que aumenta o tamanho da classe devido à competição inter e intraespecífica. Péllico Netto *et al.* (2007) também encontram uma configuração diamétrica na forma de “J-invertido” (decrecente) para a canela-sassafrás em diversas áreas estudadas na região metropolitana de Curitiba, PR.

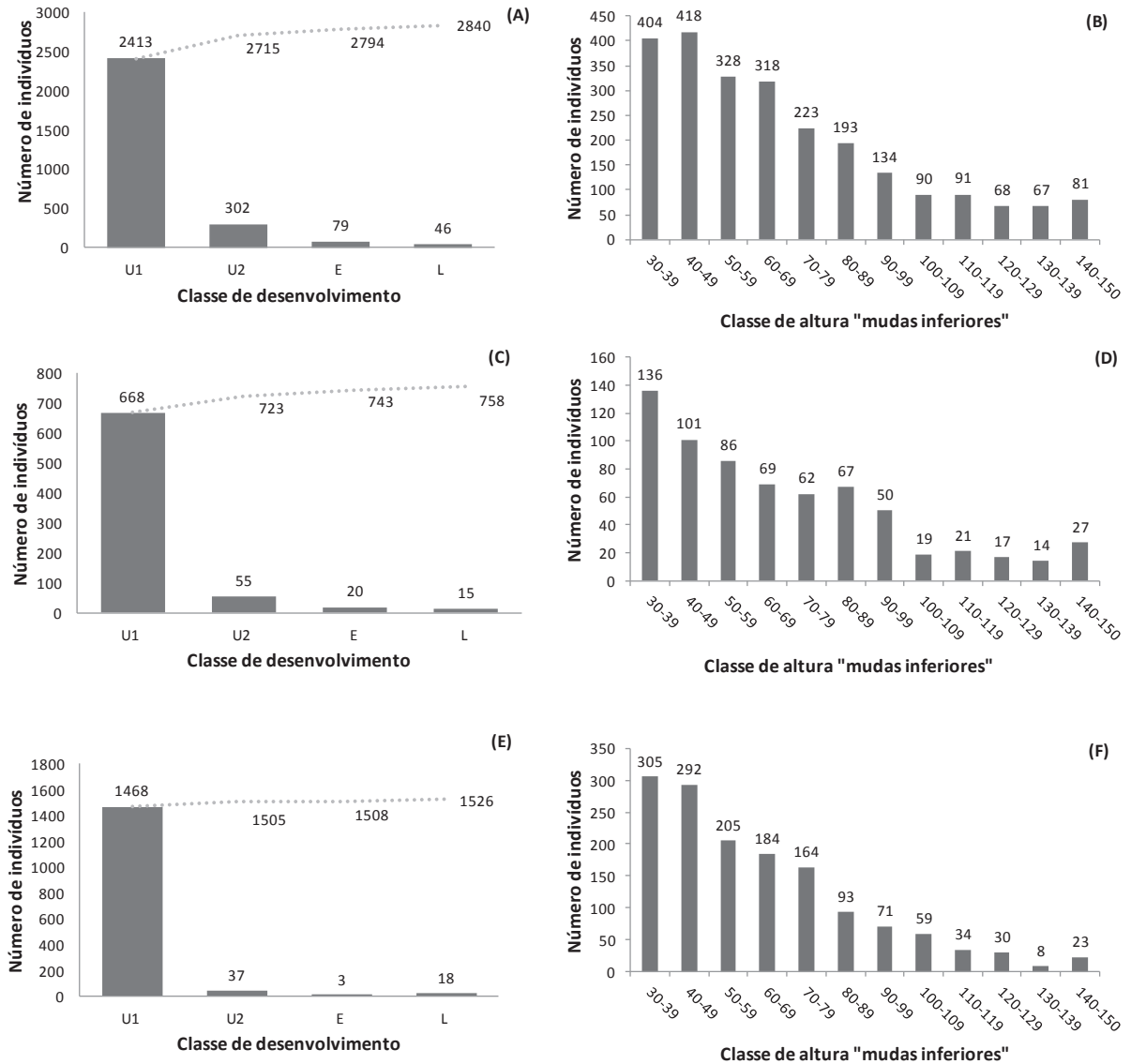


**Figura 17.** Frequência absoluta e acumulada da distribuição diamétrica (cm) dos indivíduos adultos de todas as espécies (esquerda) e somente da canela-sassafrás (direita), na FLONA de Irati, PR. Bloco 1 (A) e (B); Bloco 2 (C) e (D); Bloco 3 (E) e (F).

### 5.1.2. Estrutura vertical dos indivíduos regenerantes de canela-sassafrás

A estrutura vertical é apresentada na forma de histogramas de frequência para cada Bloco, considerando as classes de desenvolvimento propostas por Dubois (1980) e Cruz e

Ríos (2003) (Figura 18 A, Figura 18 C e Figura 18 E). A distribuição dos indivíduos dentro da classe U1 (mudas inferiores) em subclasses de 10 cm de amplitude é apresentada para cada Bloco (Figura 18 B, Figura 18 D e Figura 18 F).



**Figura 18.** Frequência absoluta e acumulada da distribuição vertical para a regeneração de *O. odorifera* em classes de desenvolvimento, e particularmente em subclasses de 10 cm de altura para as regenerantes “U1-mudas inferiores” com altura até 150 cm. Bloco 1: classes de desenvolvimento (A), mudas inferiores (B); Bloco 2: classes de desenvolvimento (C), mudas inferiores (D); Bloco 3: classes de desenvolvimento (E), mudas inferiores (F).

### 5.1.3. Diversidade e estrutura horizontal da comunidade

Em cada um dos três hectares de amostragem foi analisado a riqueza de espécies arbóreas, a área basal e o índice de diversidade de Shannon-Wiener (Tabela 4).

**Tabela 4.** Estimativas da comunidade arbórea das áreas de amostragem localizadas na FLONA de Irati, PR.

Área de amostragem	Riqueza de espécies	Shannon	Área basal (m <sup>2</sup> )
Bloco 1	55	3,22	27,4
Bloco 2	60	3,38	29,7
Bloco 3	52	2,79	31,4

O fato do Bloco 3 apresentar a menor diversidade e maior área basal entre as áreas amostradas é atribuído à alta quantidade de representantes de *O. odorifera* adultas (223 ind.) o que faz com que a espécie predomine na comunidade com um valor de cobertura alto.

Nas tabelas em sequência (Tabela 5, Tabela 6 e Tabela 7) são apresentados os estimadores fitossociológicos para as espécies registradas em cada uma das áreas amostradas, Bloco 1, Bloco 2 e Bloco 3 respectivamente. A canela-sassafrás teve uma densidade relativa alta na comunidade (15,98%, 18,43% e 34,31%, respectivamente para o Bloco 1, Bloco 2 e Bloco 3), considerando que um grande número de espécies com poucos indivíduos ocorreu em todos os Blocos. A canela-sassafrás se destacou também em 9,42%, 12,12% e 24,77% da área basal (dominância relativa) no Bloco 1, Bloco 2 e Bloco 3, respectivamente.

Nas três áreas deste estudo a canela-sassafrás se apresentou com um valor de cobertura alto em função da escolha das áreas com maior densidade da espécie. É necessário, portanto, cautela para generalizar algumas estimativas da estrutura horizontal para toda a comunidade.

**Tabela 5.** Estimadores fitossociológicos para as espécies registradas no Bloco 1, FLONA de Irati, PR (dados de 2011, fornecidos pelo Laboratório de Manejo Florestal da UNICENTRO).

<b>Espécie</b>	<b>DA</b>	<b>DoA</b>	<b>FA</b>	<b>DR</b>	<b>DoR</b>	<b>FR</b>	<b>IVI</b>
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	25	6.58	100	4.49%	24.03%	2.94%	10.49%
<i>Ocotea odorifera</i> (Vell.) Rohwer	89	2.58	100	15.98%	9.42%	2.94%	9.45%
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	57	2.03	100	10.23%	7.42%	2.94%	6.86%
<i>Ocotea porosa</i> (Nees & Mart.) Barroso	20	3.12	100	3.59%	11.38%	2.94%	5.97%
<i>Ilex paraguariensis</i> A.St.-Hil.	33	1.45	100	5.92%	5.31%	2.94%	4.73%
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	35	0.92	100	6.28%	3.34%	2.94%	4.19%
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	32	0.71	100	5.75%	2.59%	2.94%	3.76%
<i>Coussarea contracta</i> (Walp.) Müll.Arg.	35	0.53	100	6.28%	1.94%	2.94%	3.72%
<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	21	1.17	100	3.77%	4.29%	2.94%	3.67%
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	22	0.69	100	3.95%	2.53%	2.94%	3.14%
<i>Myrcia hebeptala</i> DC.	20	0.32	100	3.59%	1.18%	2.94%	2.57%
<i>Psychotria vellosiana</i> Benth.	13	0.62	100	2.33%	2.28%	2.94%	2.52%
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	17	0.38	100	3.05%	1.40%	2.94%	2.46%
<i>Ilex theezans</i> Mart. ex Reissek	12	0.37	100	2.15%	1.36%	2.94%	2.15%
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	6	0.79	75	1.08%	2.90%	2.21%	2.06%
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	7	0.52	100	1.26%	1.91%	2.94%	2.04%
<i>Plinia cauliflora</i> (Mart.) Kausel	11	0.50	75	1.97%	1.83%	2.21%	2.00%
<i>Dalbergia brasiliensis</i> Vogel	8	0.30	100	1.44%	1.08%	2.94%	1.82%
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> (Mart.) O.Berg	5	0.33	100	0.90%	1.21%	2.94%	1.68%
<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez	5	0.43	75	0.90%	1.57%	2.21%	1.56%
<i>Cinnamomum sellowianum</i> (Nees & Mart. ex Nees) Kosterm.	5	0.35	75	0.90%	1.28%	2.21%	1.46%
<i>Laplacea fruticosa</i> (Schrad.) Kobuski	4	0.29	75	0.72%	1.05%	2.21%	1.33%
<i>Nectandra grandiflora</i> Nees	8	0.28	50	1.44%	1.04%	1.47%	1.31%
<i>Eugenia involucrata</i> DC.	6	0.18	75	1.08%	0.66%	2.21%	1.31%
<i>Myrciaria floribunda</i> (H.West ex Willd.) O.Berg	7	0.12	75	1.26%	0.45%	2.21%	1.30%
<i>Cabranea canjerana</i> (Vell.) Mart.	4	0.19	75	0.72%	0.70%	2.21%	1.21%
<i>Cinnamodendron dinisii</i> Schwacke	4	0.22	50	0.72%	0.80%	1.47%	1.00%
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	3	0.03	75	0.54%	0.11%	2.21%	0.95%
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eichler) Engl.	4	0.09	50	0.72%	0.34%	1.47%	0.84%
<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire et al.	2	0.16	50	0.36%	0.57%	1.47%	0.80%
<i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil.	2	0.13	50	0.36%	0.46%	1.47%	0.76%
<i>Vernonanthura discolor</i> (Spreng.) H.Rob.	3	0.04	50	0.54%	0.15%	1.47%	0.72%
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	2	0.08	50	0.36%	0.29%	1.47%	0.71%
<i>Casearia lasiophylla</i> Eichler	2	0.04	50	0.36%	0.15%	1.47%	0.66%

Continua.

Continuação Tabela 5.

Espécie	DA	DoA	FA	DR	DoR	FR	IVI
<i>Drimys angustifolia</i> Miers	2	0.04	50	0.36%	0.15%	1.47%	0.66%
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	2	0.04	50	0.36%	0.14%	1.47%	0.66%
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	2	0.03	50	0.36%	0.09%	1.47%	0.64%
<i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC.	2	0.02	50	0.36%	0.06%	1.47%	0.63%
<i>Sloanea hirsuta</i> (Schott) Planch. ex Benth.	1	0.11	25	0.18%	0.41%	0.74%	0.44%
<i>Ilex dumosa</i> Reissek	2	0.06	25	0.36%	0.21%	0.74%	0.44%
<i>Roupala montana</i> Aubl.	2	0.05	25	0.36%	0.20%	0.74%	0.43%
<i>Casearia obliqua</i> Spreng.	1	0.09	25	0.18%	0.31%	0.74%	0.41%
<i>Vitex megapotamica</i> (Spreng.) Moldenke	1	0.08	25	0.18%	0.31%	0.74%	0.41%
<i>Machaerium stipitatum</i> (DC.) Vogel	1	0.08	25	0.18%	0.27%	0.74%	0.40%
<i>Piptocarpha axillaris</i> (Less.) Baker	2	0.02	25	0.36%	0.08%	0.74%	0.39%
<i>Vernonanthura petiolaris</i> (DC.) H.Rob.	1	0.06	25	0.18%	0.21%	0.74%	0.37%
<i>Jacaranda micrantha</i> Cham.	1	0.04	25	0.18%	0.15%	0.74%	0.36%
<i>Diatenopteryx sorbifolia</i> Radlk.	1	0.03	25	0.18%	0.12%	0.74%	0.34%
<i>Curitiba prismatica</i> (D.Legrand) Salywon & Landrum	1	0.02	25	0.18%	0.06%	0.74%	0.32%
<i>Luehea divaricata</i> Mart.	1	0.02	25	0.18%	0.06%	0.74%	0.32%
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.	1	0.01	25	0.18%	0.04%	0.74%	0.32%
<i>Picrasma crenata</i> (Vell.) Eichler	1	0.01	25	0.18%	0.04%	0.74%	0.32%
<i>Actinostemon concolor</i> (Spreng.) Müll.Arg.	1	0.01	25	0.18%	0.03%	0.74%	0.32%
<i>Ocotea corymbosa</i> (Meisn.) Mez	1	0.01	25	0.18%	0.03%	0.74%	0.32%
<i>Rudgea jasminoides</i> (Cham.) Müll.Arg.	1	0.01	25	0.18%	0.03%	0.74%	0.31%

Legenda: DA = Densidade Absoluta (N/ha); DR = Densidade Relativa; FA = Frequência Absoluta; FR = Frequência Relativa; DoA = Dominância Absoluta (m<sup>2</sup>/ha); DoR = Dominância Relativa; IVI = Índice de Valor de Importância.

As dez espécies que mais se destacaram na estrutura horizontal no Bloco 1 foram *Araucaria angustifolia*, *Ocotea odorifera*, *Syagrus romanzoffiana*, *Ocotea porosa*, *Ilex paraguariensis*, *Casearia decandra*, *Myrsine umbellata*, *Coussarea contracta*, *Nectandra megapotamica* e *Casearia sylvestris*, somando juntas 55,7% do IVI.



**Tabela 6.** Estimadores fitossociológicos para as espécies registradas no Bloco 2, FLONA de Irati, PR (dados de 2011, fornecidos pelo Laboratório de Manejo Florestal da UNICENTRO).

<b>Espécie</b>	<b>DA</b>	<b>DoA</b>	<b>FA</b>	<b>DR</b>	<b>DoR</b>	<b>FR</b>	<b>IVI</b>
<i>Ocotea odorifera</i> (Vell.) Rohwer	113	3.60	100	18.43%	12.12%	2.63%	11.06%
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	24	4.88	100	3.92%	16.43%	2.63%	7.66%
<i>Nectandra grandiflora</i> Nees	30	2.79	100	4.89%	9.38%	2.63%	5.63%
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	25	2.44	100	4.08%	8.22%	2.63%	4.98%
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	19	2.37	100	3.10%	7.96%	2.63%	4.56%
<i>Ilex paraguariensis</i> A.St.-Hil.	31	0.82	100	5.06%	2.75%	2.63%	3.48%
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	15	1.40	100	2.45%	4.72%	2.63%	3.27%
<i>Dalbergia brasiliensis</i> Vogel	28	0.68	100	4.57%	2.27%	2.63%	3.16%
<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	18	1.14	100	2.94%	3.84%	2.63%	3.14%
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	29	0.58	100	4.73%	1.96%	2.63%	3.11%
<i>Casearia obliqua</i> Spreng.	22	0.96	75	3.59%	3.22%	1.97%	2.93%
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	23	0.49	100	3.75%	1.66%	2.63%	2.68%
<i>Coussarea contracta</i> (Walp.) Müll.Arg.	22	0.26	100	3.59%	0.89%	2.63%	2.37%
<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez	8	0.92	100	1.31%	3.11%	2.63%	2.35%
<i>Myrciaria floribunda</i> (H.West ex Willd.) O.Berg	22	0.24	100	3.59%	0.81%	2.63%	2.34%
<i>Myrcia hebeptala</i> DC.	17	0.29	100	2.77%	0.99%	2.63%	2.13%
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	12	0.52	100	1.96%	1.76%	2.63%	2.12%
<i>Casearia lasiophylla</i> Eichler	11	0.19	100	1.79%	0.65%	2.63%	1.69%
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.	11	0.17	100	1.79%	0.59%	2.63%	1.67%
<i>Ilex theezans</i> Mart. ex Reissek	13	0.22	75	2.12%	0.73%	1.97%	1.61%
<i>Eugenia involucrata</i> DC.	9	0.17	100	1.47%	0.56%	2.63%	1.55%
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> (Mart.) O.Berg	7	0.45	75	1.14%	1.50%	1.97%	1.54%
<i>Cinnamodendron dinisii</i> Schwacke	5	0.46	75	0.82%	1.54%	1.97%	1.44%
<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire et al.	5	0.42	75	0.82%	1.41%	1.97%	1.40%
<i>Allophylus petiolulatus</i> Radlk.	7	0.10	100	1.14%	0.32%	2.63%	1.36%
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	6	0.11	100	0.98%	0.36%	2.63%	1.32%
<i>Myrciaria delicatula</i> (DC.) O.Berg	7	0.23	75	1.14%	0.77%	1.97%	1.30%
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	6	0.19	75	0.98%	0.63%	1.97%	1.19%
<i>Curitiba prismatica</i> (D.Legrand) Salywon & Landrum	4	0.09	100	0.65%	0.29%	2.63%	1.19%
<i>Clethra scabra</i> Pers.	3	0.30	75	0.49%	1.02%	1.97%	1.16%
<i>Chrysophyllum marginatum</i> (Hook. & Arn.) Radlk.	6	0.13	75	0.98%	0.43%	1.97%	1.13%
<i>Ocotea indecora</i> (Schott) Mez	5	0.16	75	0.82%	0.55%	1.97%	1.11%

Continua.

Continuação Tabela 6.

Espécie	DA	DoA	FA	DR	DoR	FR	IVI
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	9	0.13	50	1.47%	0.45%	1.32%	1.08%
<i>Sloanea hirsuta</i> (Schott) Planch. ex Benth.	3	0.27	50	0.49%	0.90%	1.32%	0.90%
<i>Picrasma crenata</i> (Vell.) Eichler	5	0.07	50	0.82%	0.24%	1.32%	0.79%
<i>Cinnamomum sellowianum</i> (Nees & Mart. ex Nees) Kosterm.	2	0.19	50	0.33%	0.65%	1.32%	0.77%
<i>Jacaranda micrantha</i> Cham.	3	0.09	50	0.49%	0.30%	1.32%	0.70%
<i>Ocotea porosa</i> (Nees & Mart.) Barroso	1	0.35	25	0.16%	1.19%	0.66%	0.67%
<i>Inga virescens</i> Benth.	3	0.05	50	0.49%	0.16%	1.32%	0.65%
<i>Psychotria vellosiana</i> Benth.	2	0.10	25	0.33%	0.34%	0.66%	0.44%
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	1	0.11	25	0.16%	0.35%	0.66%	0.39%
<i>Laplacea fruticosa</i> (Schrad.) Kobuski	1	0.10	25	0.16%	0.35%	0.66%	0.39%
<i>Zanthoxylum kleinii</i> (R.S.Cowan) P.G.Waterman	1	0.07	25	0.16%	0.25%	0.66%	0.36%
<i>Vernonanthura discolor</i> (Spreng.) H.Rob.	2	0.02	25	0.33%	0.07%	0.66%	0.35%
<i>Symplocos tenuifolia</i> Brand	2	0.02	25	0.33%	0.07%	0.66%	0.35%
<i>Plinia cauliflora</i> (Mart.) Kausel	1	0.06	25	0.16%	0.20%	0.66%	0.34%
<i>Piptocarpha axillaris</i> (Less.) Baker	1	0.05	25	0.16%	0.18%	0.66%	0.34%
<i>Piptocarpha angustifolia</i> Dusén	1	0.05	25	0.16%	0.18%	0.66%	0.33%
<i>Albizia edwallii</i> (Hoehne) Barneby & J.W.Grimes	1	0.04	25	0.16%	0.12%	0.66%	0.31%
<i>Vernonanthura petiolaris</i> (DC.) H.Rob.	1	0.02	25	0.16%	0.08%	0.66%	0.30%
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	1	0.02	25	0.16%	0.07%	0.66%	0.30%
<i>Banara tomentosa</i> Clos	1	0.02	25	0.16%	0.07%	0.66%	0.30%
<i>Ilex dumosa</i> Reissek	1	0.02	25	0.16%	0.05%	0.66%	0.29%
<i>Eugenia pluriflora</i> DC.	1	0.01	25	0.16%	0.05%	0.66%	0.29%
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eichler) Engl.	1	0.01	25	0.16%	0.05%	0.66%	0.29%
<i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil.	1	0.01	25	0.16%	0.05%	0.66%	0.29%
<i>Raulinoreitzia leptophloeobia</i> (B.L.Rob.) R.M.King & H.Rob.	1	0.01	25	0.16%	0.04%	0.66%	0.29%
<i>Picramnia parvifolia</i> Engl.	1	0.01	25	0.16%	0.04%	0.66%	0.29%
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	1	0.01	25	0.16%	0.04%	0.66%	0.29%
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	1	0.01	25	0.16%	0.03%	0.66%	0.28%

Legenda: DA = Densidade Absoluta (N/ha); DR = Densidade Relativa; FA = Frequência Absoluta; FR = Frequência Relativa; DoA = Dominância Absoluta (m<sup>2</sup>/ha); DoR = Dominância Relativa; IVI = Índice de Valor de Importância.

As dez espécies que mais se destacaram na estrutura horizontal no Bloco 2 foram *Ocotea odorifera*, *Araucaria angustifolia*, *Nectandra grandiflora*, *Cedrela fissilis*, *Ocotea puberula*, *Ilex paraguariensis*, *Matayba elaeagnoides*, *Dalbergia brasiliensis*, *Nectandra megapotamica* e *Casearia decandra*, somando juntas 50,0% do IVI.

**Tabela 7.** Estimadores fitossociológicos para as espécies registradas no Bloco 3, FLONA de Irati, PR (dados de 2011, fornecidos pelo Laboratório de Manejo Florestal da UNICENTRO).

<b>Espécie</b>	<b>DA</b>	<b>DoA</b>	<b>FA</b>	<b>DR</b>	<b>DoR</b>	<b>FR</b>	<b>IVI</b>
<i>Ocotea odorifera</i> (Vell.) Rohwer	223	7.78	100	34.31%	24.77%	3.17%	20.75%
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	31	6.85	100	4.77%	21.82%	3.17%	9.92%
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	50	1.36	100	7.69%	4.32%	3.17%	5.06%
<i>Ilex paraguariensis</i> A.St.-Hil.	42	1.65	100	6.46%	5.25%	3.17%	4.96%
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	33	1.33	100	5.08%	4.24%	3.17%	4.16%
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	35	1.08	100	5.38%	3.43%	3.17%	4.00%
<i>Nectandra grandiflora</i> Nees	21	1.24	100	3.23%	3.94%	3.17%	3.45%
<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez	11	1.21	100	1.69%	3.87%	3.17%	2.91%
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	10	1.18	100	1.54%	3.76%	3.17%	2.82%
<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	16	0.75	100	2.46%	2.39%	3.17%	2.67%
<i>Coussarea contracta</i> (Walp.) Müll.Arg.	21	0.33	100	3.23%	1.06%	3.17%	2.49%
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	14	0.40	100	2.15%	1.29%	3.17%	2.21%
<i>Myrcia hebeptala</i> DC.	16	0.29	100	2.46%	0.93%	3.17%	2.19%
<i>Cinnamodendron dinisii</i> Schwacke	8	0.60	100	1.23%	1.92%	3.17%	2.11%
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	6	0.55	100	0.92%	1.76%	3.17%	1.95%
<i>Myrciaria floribunda</i> (H.West ex Willd.) O.Berg	12	0.18	100	1.85%	0.59%	3.17%	1.87%
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> (Mart.) O.Berg	6	0.67	75	0.92%	2.14%	2.38%	1.81%
<i>Psychotria vellosiana</i> Benth.	9	0.38	75	1.38%	1.21%	2.38%	1.66%
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	6	0.51	75	0.92%	1.62%	2.38%	1.64%
<i>Dalbergia brasiliensis</i> Vogel	9	0.35	75	1.38%	1.10%	2.38%	1.62%
<i>Eugenia involucrata</i> DC.	6	0.21	100	0.92%	0.65%	3.17%	1.58%
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	7	0.17	75	1.08%	0.54%	2.38%	1.33%
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eichler) Engl.	5	0.11	75	0.77%	0.35%	2.38%	1.17%
<i>Cinnamomum sellowianum</i> (Nees & Mart. ex Nees) Kosterm.	5	0.30	50	0.77%	0.95%	1.59%	1.10%
<i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil.	4	0.19	50	0.62%	0.61%	1.59%	0.94%
<i>Laplacea fruticosa</i> (Schrad.) Kobuski	2	0.21	50	0.31%	0.65%	1.59%	0.85%
<i>Ilex theezans</i> Mart. ex Reissek	4	0.08	50	0.62%	0.26%	1.59%	0.82%
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.	3	0.06	50	0.46%	0.18%	1.59%	0.74%
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	3	0.30	25	0.46%	0.95%	0.79%	0.73%
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	2	0.06	50	0.31%	0.19%	1.59%	0.69%
<i>Vernonanthura petiolaris</i> (DC.) H.Rob.	2	0.05	50	0.31%	0.15%	1.59%	0.68%
<i>Ilex dumosa</i> Reissek	2	0.04	50	0.31%	0.13%	1.59%	0.67%
<i>Xylosma ciliatifolia</i> (Clos) Eichler	2	0.04	50	0.31%	0.12%	1.59%	0.67%
<i>Sloanea hirsuta</i> (Schott) Planch. ex Benth.	2	0.03	50	0.31%	0.10%	1.59%	0.67%
<i>Casearia lasiophylla</i> Eichler	2	0.02	50	0.31%	0.06%	1.59%	0.65%

Continua.

Continuação Tabela 7.

Espécie	DA	DoA	FA	DR	DoR	FR	IVI
<i>Ficus enormis</i> Mart. ex Miq.	2	0.11	25	0.31%	0.35%	0.79%	0.48%
<i>Plinia cauliflora</i> (Mart.) Kausel	2	0.11	25	0.31%	0.34%	0.79%	0.48%
<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire et al.	1	0.15	25	0.15%	0.47%	0.79%	0.47%
<i>Ocotea porosa</i> (Nees & Mart.) Barroso	1	0.13	25	0.15%	0.42%	0.79%	0.46%
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	2	0.03	25	0.31%	0.10%	0.79%	0.40%
<i>Inga virescens</i> Benth.	1	0.05	25	0.15%	0.16%	0.79%	0.37%
<i>Styrax leprosus</i> Hook. & Arn.	1	0.05	25	0.15%	0.15%	0.79%	0.37%
<i>Luehea divaricata</i> Mart.	1	0.04	25	0.15%	0.13%	0.79%	0.36%
<i>Jacaranda micrantha</i> Cham.	1	0.04	25	0.15%	0.12%	0.79%	0.36%
<i>Machaerium stipitatum</i> (DC.) Vogel	1	0.04	25	0.15%	0.12%	0.79%	0.35%
<i>Vernonanthura discolor</i> (Spreng.) H.Rob.	1	0.02	25	0.15%	0.08%	0.79%	0.34%
<i>Cassia leptophylla</i> Vogel	1	0.02	25	0.15%	0.07%	0.79%	0.34%
<i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms	1	0.02	25	0.15%	0.07%	0.79%	0.34%
<i>Curitiba prismatica</i> (D.Legrand) Salywon & Landrum	1	0.01	25	0.15%	0.04%	0.79%	0.33%
<i>Allophylus petiolulatus</i> Radlk.	1	0.01	25	0.15%	0.04%	0.79%	0.33%
<i>Quillaja brasiliensis</i> (A.St.-Hil. & Tul.) Mart.	1	0.01	25	0.15%	0.04%	0.79%	0.33%
<i>Ocotea corymbosa</i> (Meisn.) Mez	1	0.01	25	0.15%	0.03%	0.79%	0.33%

Legenda: DA = Densidade Absoluta (N/ha); DR = Densidade Relativa; FA = Frequência Absoluta; FR = Frequência Relativa; DoA = Dominância Absoluta (m<sup>2</sup>/ha); DoR = Dominância Relativa; IVI = Índice de Valor de Importância.

As dez espécies que mais se destacaram na estrutura horizontal no Bloco 3 foram *Ocotea odorifera*, *Araucaria angustifolia*, *Casearia sylvestris*, *Ilex paraguariensis*, *Syagrus romanzoffiana*, *Casearia decandra*, *Nectandra grandiflora*, *Ocotea diospyrifolia*, *Cedrela fissilis* e *Nectandra megapotamica*, somando juntas 60,7% do IVI.

#### 5.1.4. Descrição dos padrões espaciais com a função *K*-univariada de Ripley

##### a) Padrões espaciais dos indivíduos regenerantes de canela-sassafrás

Para os indivíduos de canela-sassafrás em fase de regeneração o padrão espacial foi significativamente agregado de 0 a 25 m nas três áreas amostradas (Figura 19), evidenciando um padrão espacial característico da espécie nas fases iniciais. A curva do *L* estimado nos resultados da análise com a função *K*-univariada apresentou um comportamento mais estável próximo aos 20 metros sugerindo que o tamanho médio dos agrupamentos de regeneração de

canela-sassafrás tem 20 a 25 metros.

No Bloco 2, onde não se observa grupos tão evidentes quanto no Bloco 1 e no Bloco 3, a estimativa de  $L$  resultou em valores positivos menores e com um envelope de confiança maior. Tal característica do gráfico atribuiu-se como resultado de uma melhor distribuição dos indivíduos na área e demonstra que a função  $K$  é um método sensível e poderoso para descrever os padrões espaciais.

Para Silva *et al.* (2009) a formação de padrões agregados para os indivíduos mais jovens está relacionada à dispersão de sementes em curta distância e à ocorrência de partes mais favoráveis de um habitat, ainda que, devido à eliminação por competição intraespecífica, o padrão possa tender a ser aleatório ou uniforme. Segundo Condit *et al.* (2000), o padrão agregado ocorre principalmente em razão do maior número de sementes e plântulas próximas da planta-mãe e do grau de heterogeneidade ambiental. Apesar da canela-sassafrás ser tolerante à sombra nas fases iniciais de desenvolvimento, os diferentes níveis de intensidade luminosa proporcionados pelo mosaico do dossel e clareiras podem aumentar a sobrevivência de plântulas em locais específicos. Além da luminosidade, relevo, nutrientes, umidade, solo entre outros aspectos podem gerar a heterogeneidade ambiental na FOM.

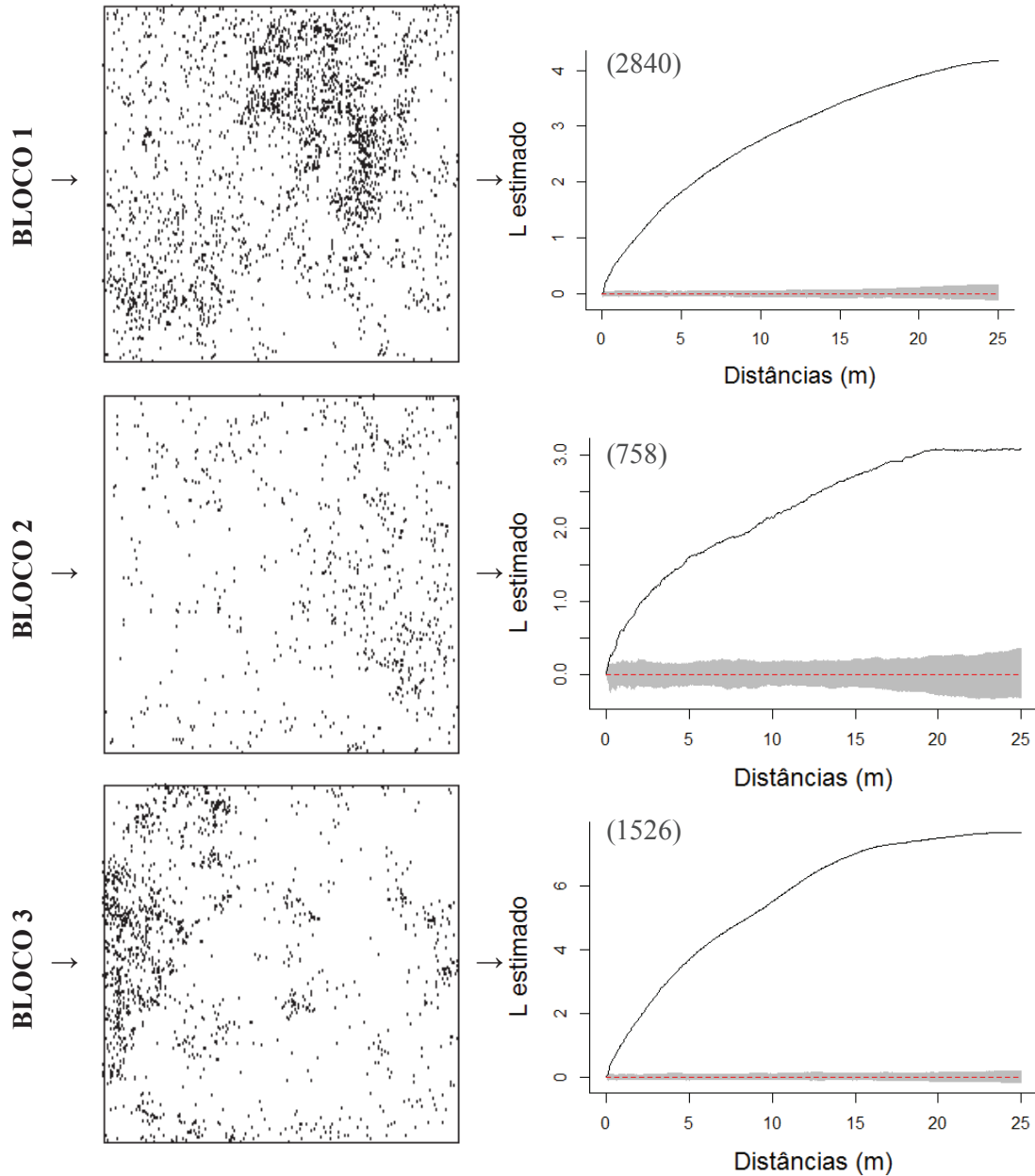
Considerando que a dispersão de sementes é o processo inicial, dentre todos os que geram a distribuição espacial de uma dada espécie de planta (Mello, 2002), é importante abranger estas questões nas discussões dos resultados deste estudo. De acordo com Antonini e Nunes-Freitas (2004), o padrão agregado de distribuição espacial é característico de espécies vegetais dispersas por animais.

A canela-sassafrás apresenta sementes recalcitrantes em relação ao armazenamento e dormência dupla, tegumentar e de embrião (CARVALHO, 2005), sendo provável que no ambiente natural as sementes que germinam passaram pelo sistema digestivo dos animais.

A canela-sassafrás apresenta dispersão por animais, denominada zoocoria, sendo que os grupos de animais citados como responsáveis por este processo são principalmente aves, macacos e roedores (CARVALHO, 2005). Neste caso, aves e macacos são potenciais dispersores primários, já que as sementes são retiradas diretamente da planta-mãe e levadas a outros locais (MELLO, 2002). Provavelmente os roedores encarregam-se da dispersão secundária da canela-sassafrás, realizando o transporte de sementes que estão sobre o solo.

Os animais dispersores têm grande influência sobre os padrões espaciais de sementes e, conseqüentemente, de plântulas (CRAWLEY, 1986). As aves, por exemplo, têm um

comportamento alimentar ligado ao uso de poleiros naturais. Os roedores, ao invés de consumi-las no mesmo local, levam para abrigos de alimentação. Devido a esses comportamentos, as sementes contidas nos frutos são, em sua maioria, descartadas ou defecadas em tais locais, gerando um padrão de agregação secundária nas plântulas (MELLO, 2002).



**Figura 19.** Padrão espacial e resultado da análise com a função  $K$ -univariada ( $L$  estimado) para os indivíduos regenerantes de canela-sassafrás nos três Blocos amostrados na FLONA de Irati, PR. Indica-se entre parênteses o número de indivíduos considerados em cada caso.

O grau de influência da dispersão das sementes depende também da maneira como estão distribuídas as plantas-mãe (CRAWLEY, 1986).

A presença de clareira é um fator que favorece a agregação dos indivíduos jovens devido ao aumento da intensidade de luz (CAPRETZ, 2004).

Cetnarski Filho (2003) analisou o grau de dispersão da regeneração de *O. odorifera* a partir do Índice de Morisita (Id), encontrando o padrão de dispersão agregado de conformidade com os resultados encontrados por Sidoruk Vidal (2000) em uma Floresta Estacional Semidecidual localizada no município de Cássia-MG. Esta característica parece ser comum ao gênero *Ocotea*, pois Caldoto *et al.* (2003) classificaram *Ocotea puberula* Nees (canela-guaicá) como sendo de dispersão agregada em todas as fases de sua vida.

Camarero e Gutiérrez (1999) estudaram uma população de *Pinus uncinata* e analisaram a distribuição espacial de plântulas e dos demais grupos de indivíduos vivos, e encontraram clara e significativa agregação para as plântulas para todas as classes de distância consideradas (1-20m). O modelo de Janzen-Connell, segundo Crawley (1986) propõe sobrevivência máxima a certa distância da planta-mãe e o contra-modelo de Hubbell, sugere que a mortalidade denso-dependente é compensada pela chuva de sementes perto da planta-mãe. Ambos os modelos sugerem agregação espacial de plântulas em diferentes graus.

#### **b) Padrões espaciais dos indivíduos adultos de canela-sassafrás**

Para as árvores adultas de canela-sassafrás, conforme podem ser visualizados os resultados na Figura 20, o padrão aleatório predominou, exceto no Bloco 1. Para Crawley (1986) o padrão espacial de indivíduos maduros reflete o padrão espacial de recrutamento e a influência de fatores de mortalidade, que podem diferir em intensidade entre locais distintos. Para Silva *et al.* (2009) o padrão espacial de adultos tende a ser menos agregado do que o de plântulas para espécies com alta taxa de mortalidade dependente de densidade.

Os padrões aleatórios que predominaram para as árvores adultas podem implicar homogeneidade ambiental e, ou, padrões comportamentais não seletivos (MATTEUCCI e COLMA, 1982).

Observa-se que, apesar do padrão regular não ser significativo nos Bloco 1 e Bloco 2, há uma tendência geral nas três áreas em se encontrar menos indivíduos do que seria esperado para um padrão aleatório até as distâncias entre 5 e 8 m. Apenas no Bloco 3 o padrão regular

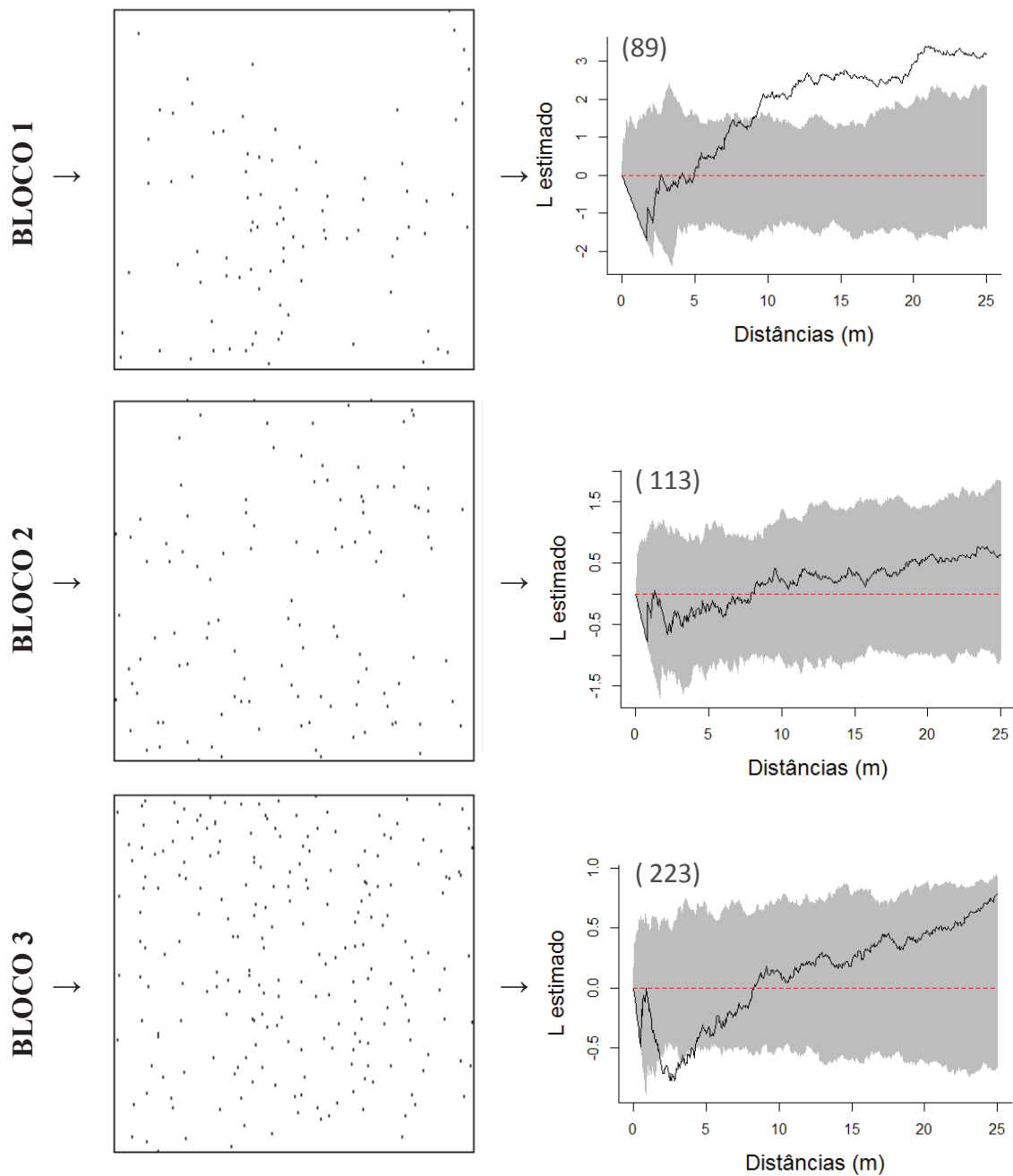
se apresenta significativo na escala de 3 a 4 m. O padrão uniforme ou regular pode estar relacionado à ocorrência de competição intraespecífica ou, segundo Silva *et al.* (2009), tende a ocorrer em ambiente com recursos limitados, onde, devido à saturação dos sítios, ocorre uma severa competição ou por efeitos de autotoxicidade ou inibição biológica.

O Bloco 1 apresentou padrão agregado significativo na escala de 7 a 25 m. Os picos secundários na função  $L$  para os padrões agregados provavelmente correspondem às distâncias entre grupos próximos (ROZAS e CAMARERO, 2005). Para Crawley (1986), quando a mortalidade é dependente de fatores abióticos, a tendência é que a população esteja mais concentrada em machas de habitat favorável e a maioria das mortes ocorrerá nas bordas da distribuição espacial.

Silva *et al.* (2008), com base em diversos resultados de padrão aleatório para classes diamétricas maiores, inferiram que procedimentos de amostragem com princípios de aleatorização podem propiciar boa representatividade para indivíduos adultos. No caso da regeneração, o procedimento amostral deve ser capaz de captar a variabilidade espacial dos indivíduos regenerantes, podendo ser aqueles que apresentam caráter de sistematização das unidades amostrais na área.

A visualização do padrão espacial das árvores adultas de canela-sassafrás na área de 25 ha do experimento (Figura 9) mostra tendência clara de agregação espacial destes indivíduos. As árvores adultas de canela-sassafrás que prevaleceram com um padrão aleatório nos Blocos amostrados neste estudo podem então não representar o padrão real da espécie em uma escala maior, pois foram considerados os Blocos com uma maior densidade de indivíduos. Este comportamento sustenta a premissa de que o padrão espacial depende da escala analisada. A escolha dos Blocos com maior densidade de árvores adultas de *O. odorifera* teve o objetivo de focar o estudo dos padrões das categorias regenerantes e associações com as árvores adultas.





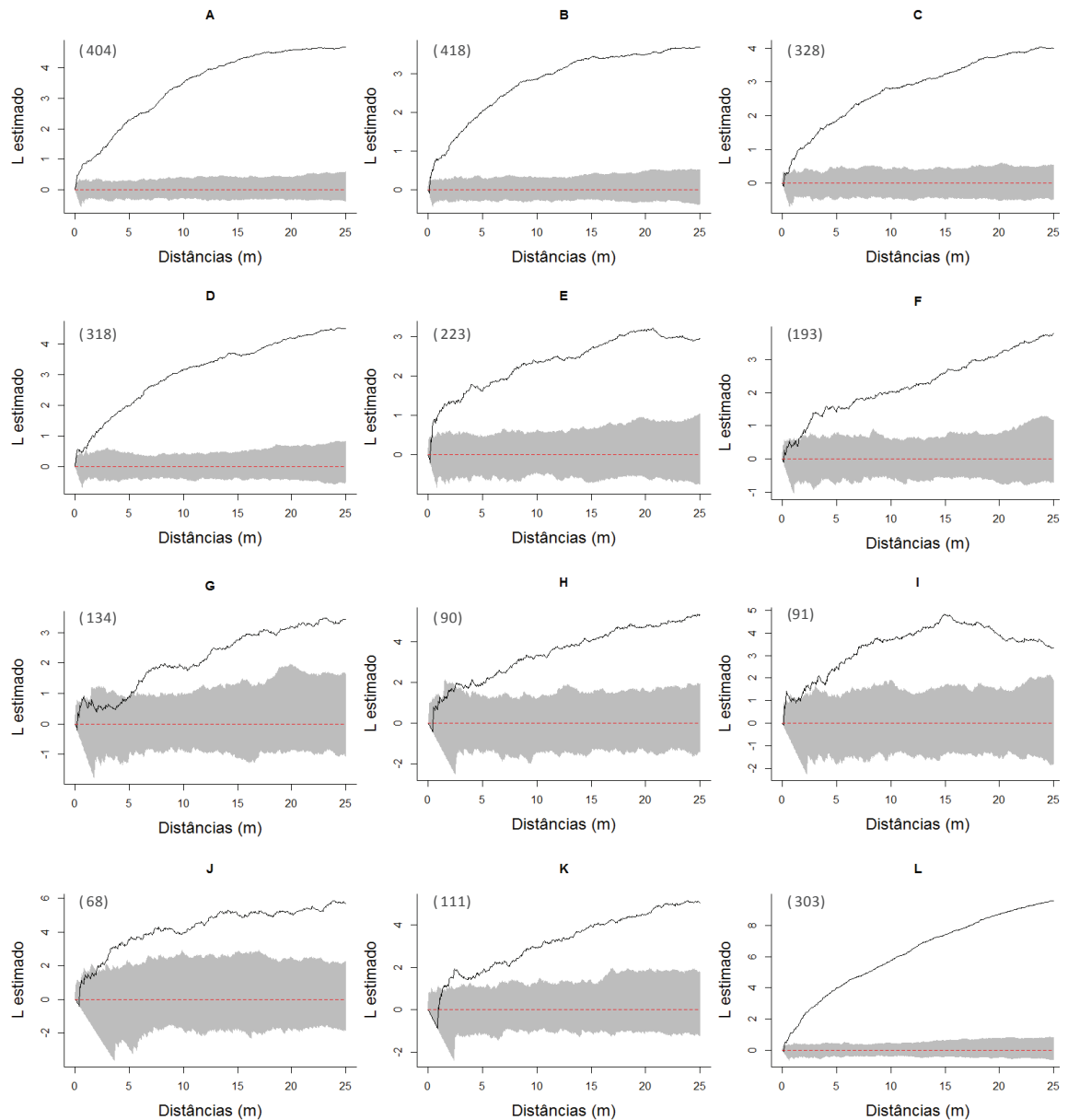
**Figura 20.** Padrão espacial e resultado da análise com a função  $K$ -univariada ( $L$  estimado) para os indivíduos adultos de canela-sassafrás nos três Blocos amostrados na FLONA de Irati, PR. Indica-se entre parênteses o número de indivíduos considerados em cada caso.

**c) Padrões espaciais com base na distribuição de tamanhos em classes da canela-sassafrás**

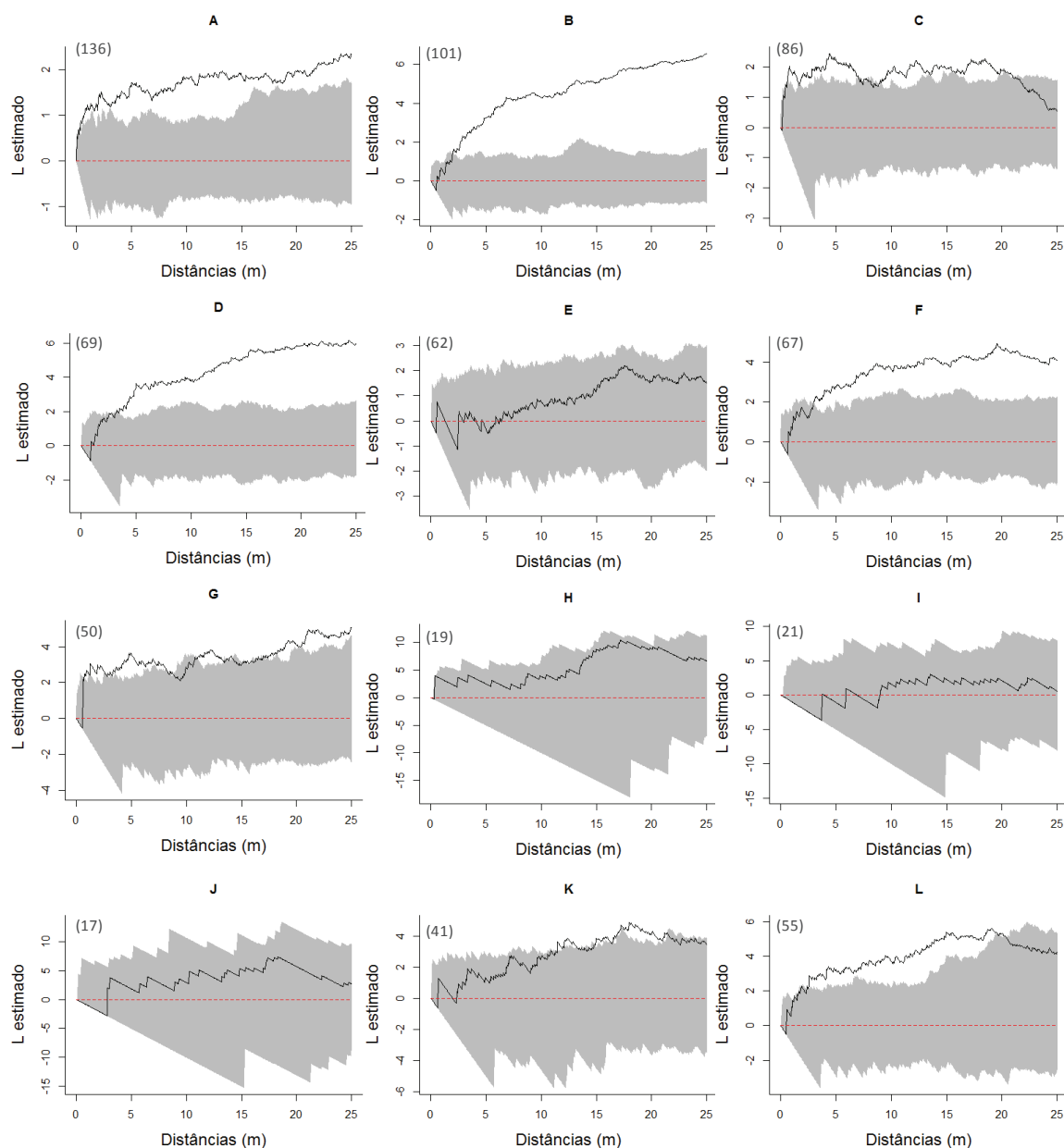
Conforme as plântulas vão passando pelos estádios de desenvolvimento, vão sofrendo diferentes taxas de mortalidade, e o padrão espacial dos indivíduos adultos, originado com a dispersão de sementes, acaba sendo moldado de diferentes formas pelas taxas de mortalidade em cada estágio (MELLO, 2002).

A análise do padrão espacial em cada Bloco foi feita tomando como base classes de altura e diâmetro nos casos em que o número de indivíduos foi significativo nos três Blocos para uma estimativa confiável. O número baixo de indivíduos pode trazer resultados pouco significativos, uma vez que a área é relativamente pequena e a configuração aleatória dos pontos pode assumir uma configuração bastante diversa.

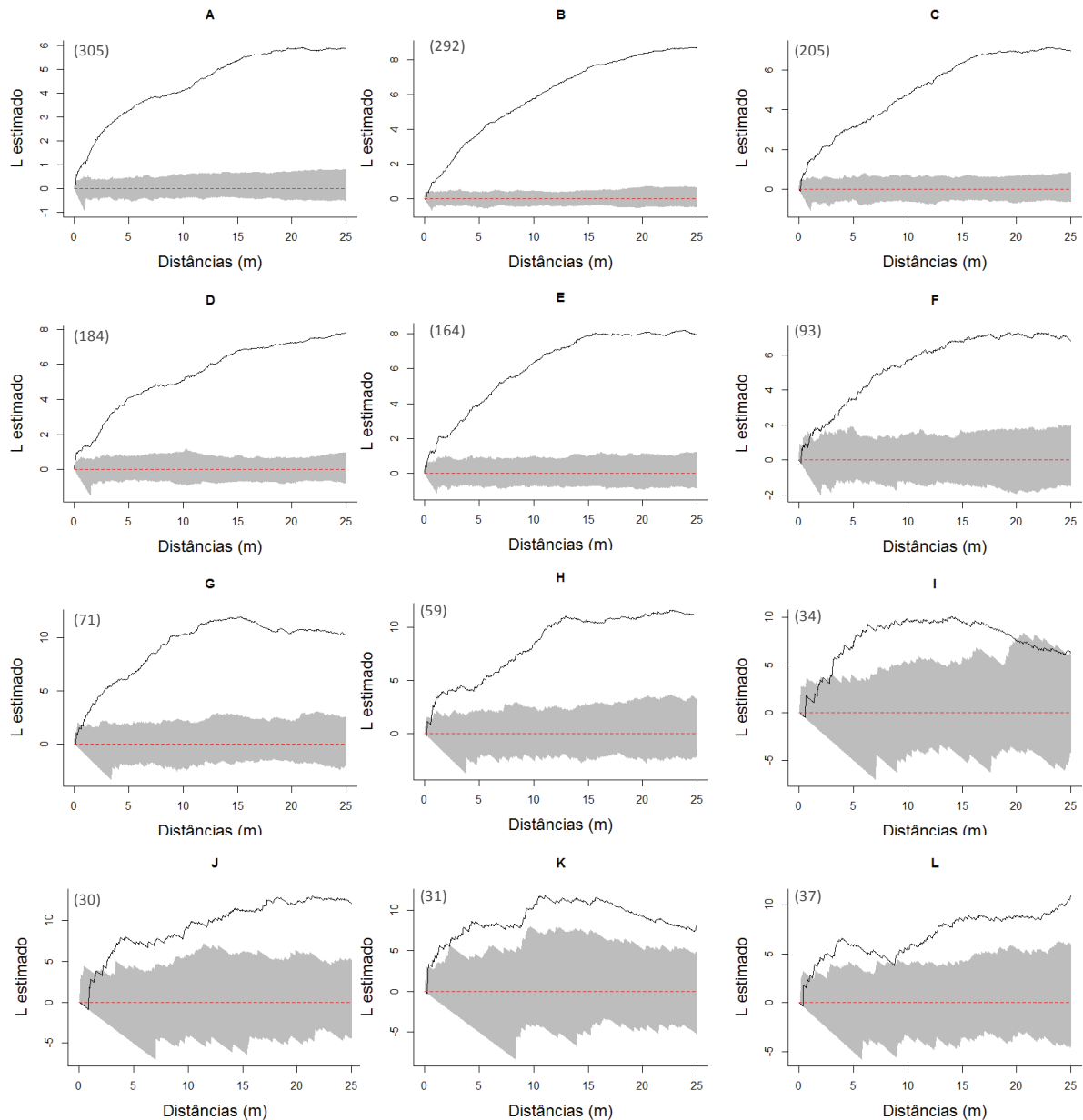
Dessa forma, para os indivíduos regenerantes analisou-se individualmente: subclasses de 10 cm de altura até 130 cm de altura total; subclasse 130 cm à 150 cm de altura total e a classe de regeneração U2 (150 à 300 cm) (Figura 21, Figura 22 e Figura 23). Para as árvores adultas foram analisadas duas classes de diâmetro (DAP entre 10 e 19,9 cm e DAP  $\geq$  20 cm). Com os resultados é possível observar como evolui o padrão espacial ao longo do ciclo de vida das árvores.



**Figura 21.** Função  $K$ -univariada ( $L$  estimado) para diferentes categorias de altura total dos indivíduos regenerantes de canela-sassafrás no Bloco 1 na FLONA de Irati, PR. Indivíduos de 30 cm a 40 cm de altura total (A); indivíduos de 40 cm a 50 cm de altura total (B); indivíduos de 50 cm a 60 cm de altura total (C); indivíduos de 60 cm a 70 cm de altura total (D); indivíduos de 70 cm a 80 cm de altura total (E); indivíduos de 80 cm a 90 cm de altura total (F); indivíduos de 90 cm a 100 cm de altura total (G); indivíduos de 100 cm a 110 cm de altura total (H); indivíduos de 110 cm a 120 cm de altura total (I); indivíduos de 120 cm a 130 cm de altura total (J); indivíduos de 130 cm a 150 cm de altura total (K); indivíduos de 150 cm a 300 cm de altura total (L).



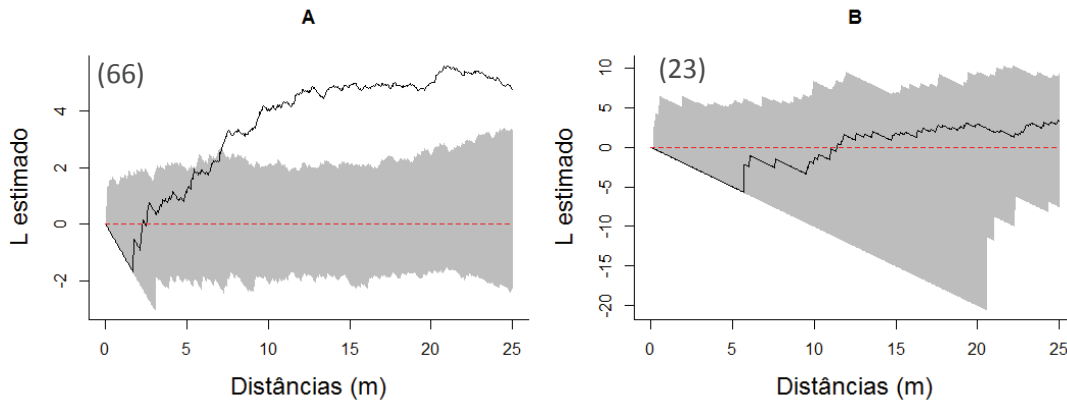
**Figura 22.** Função  $K$ -univariada ( $L$  estimado) para categorias de altura total dos indivíduos regenerantes de canela-sassafrás no Bloco 2 na FLONA de Irati, PR. Indivíduos de 30 cm a 40 cm de altura total (A); indivíduos de 40 cm a 50 cm de altura total (B); indivíduos de 50 cm a 60 cm de altura total (C); indivíduos de 60 cm a 70 cm de altura total (D); indivíduos de 70 cm a 80 cm de altura total (E); indivíduos de 80 cm a 90 cm de altura total (F); indivíduos de 90 cm a 100 cm de altura total (G); indivíduos de 100 cm a 110 cm de altura total (H); indivíduos de 110 cm a 120 cm de altura total (I); indivíduos de 120 cm a 130 cm de altura total (J); indivíduos de 130 cm a 150 cm de altura total (K); indivíduos de 150 cm a 300 cm de altura total (L).



**Figura 23.** Função K-univariada de Ripley ( $L$  estimado) para categorias de altura total dos indivíduos regenerantes de canela-sassafrás no Bloco 3 na FLONA de Irati, PR. Indivíduos de 30 cm a 40 cm de altura total (A); indivíduos de 40 cm a 50 cm de altura total (B); indivíduos de 50 cm a 60 cm de altura total (C); indivíduos de 60 cm a 70 cm de altura total (D); indivíduos de 70 cm a 80 cm de altura total (E); indivíduos de 80 cm a 90 cm de altura total (F); indivíduos de 90 cm a 100 cm de altura total (G); indivíduos de 100 cm a 110 cm de altura total (H); indivíduos de 110 cm a 120 cm de altura total (I); indivíduos de 120 cm a 130 cm de altura total (J); indivíduos de 130 cm a 150 cm de altura total (K); indivíduos de 150 cm a 300 cm de altura total (L).

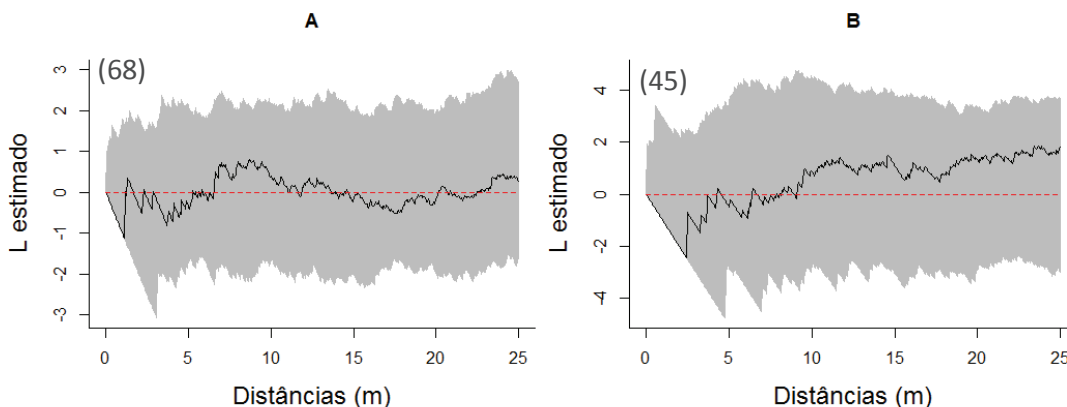
Foi observado uma tendência geral da canela-sassafrás se apresentar fortemente agrupada em todas as escalas e classes no início do desenvolvimento.

No Bloco 1, a classe de diâmetro menor (DAP de 10 à 19,9 cm) apresentou aleatoriedade em escala até 7 m e agregação em escalas maiores. Para a classe de diâmetro maior (DAP  $\geq 20$  cm), os indivíduos de canela-sassafrás apresentaram padrão espacial aleatório em todas as escalas (Figura 24).



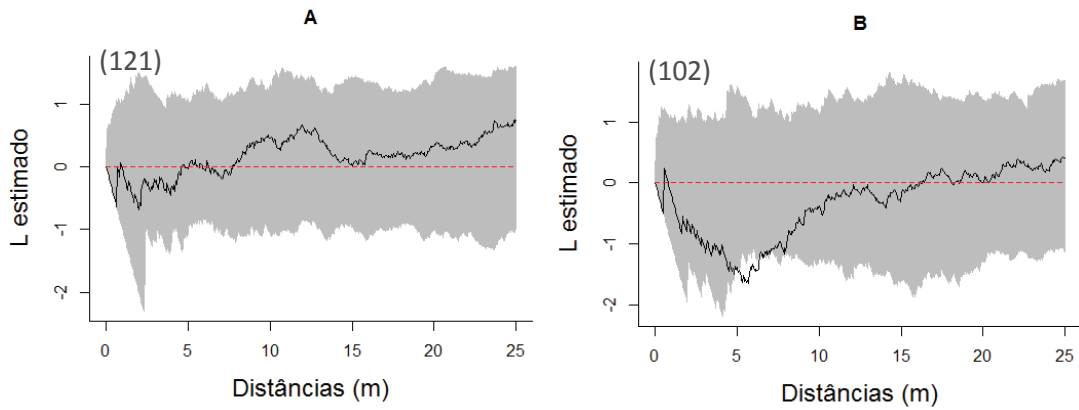
**Figura 24.** Função  $K$ -univariada ( $L$  estimado) para as categorias ou classes de DAP dos indivíduos adultos de canela-sassafrás do Bloco 1 na FLONA de Irati, PR. Indivíduos de canela-sassafrás com DAP entre 10 cm e 19,9 cm (A); indivíduos de canela-sassafrás com DAP maior ou igual a 20 cm (B).

Para as classes de diâmetro dos indivíduos adultos de canela-sassafrás do Bloco 2 foi encontrada aleatoriedade para as duas classes de diâmetro (DAP), conforme Figura 25.



**Figura 25.** Função  $K$ -univariada ( $L$  estimado) para as categorias ou classes de DAP dos indivíduos adultos de canela-sassafrás do Bloco 2 na FLONA de Irati, PR. Indivíduos de canela-sassafrás com DAP entre 10 cm e 19,9 cm (A); indivíduos de canela-sassafrás com DAP maior ou igual a 20 cm (B).

Para as classes de diâmetro dos indivíduos adultos de canela-sassafrás do Bloco 3, foi encontrada aleatoriedade na classe de DAP de 10 à 19,9 cm, conforme Figura 26 (A). A classe de DAP  $\geq 20$  cm, conforme Figura 26 (B), exibiu o padrão regular na escala de 5 à 8 m e padrão aleatório nas escalas de 0 à 5 m e de 8 à 25 m.



**Figura 26.** Função K-univariada de Ripley ( $L$  estimado) para as categorias ou classes de DAP dos indivíduos adultos de canela-sassafrás do Bloco 3 na FLONA de Irati, PR. Indivíduos de canela-sassafrás com DAP entre 10 cm e 19,9 cm (A); indivíduos de canela-sassafrás com DAP maior ou igual a 20 cm (B).

Em geral as árvores adultas apresentaram tendência ao padrão regular na escala até 5 m. Quando há densas agregações locais e a demanda por recursos aumenta consideravelmente, ocorre competição intraespecífica (MELLO, 2002). Esta competição induz uma mortalidade dependente de densidade, que tende a diminuir diferenças locais de densidade (CRAWLEY, 1986). Neste caso, o padrão aleatório pode ser mais frequente com o aumento da idade. O padrão agregado dos indivíduos regenerantes e aleatório das árvores adultas sustenta, portanto, a hipótese de que a canela-sassafrás apresenta altas taxas de mortalidade dependente de densidade.

Os padrões espaciais regulares, encontrados em plantas emergentes de florestas, podem ser resultantes de uma competição intensa por recursos.

Lehn *et al.* (2008), analisando as populações de jovens e adultos de *Trichilia elegans* A. Juss., espécie típica de sub-bosque, também constataram que os indivíduos jovens se encontram mais agrupados, e que o grau de agregação tende a diminuir durante o desenvolvimento ontogenético.

## 5.2. Interações espaciais na regeneração de canela-sassafrás

A análise de interação espacial realizada por meio da extensão da função  $K$  para dados bivariados ( $K_{12}$ ) permitiu descrever a ocorrência ou ausência de associação entre classes de árvores adultas e classes de indivíduos regenerantes de canela-sassafrás na escala até 25 m. Com a visualização gráfica destes resultados pode ser analisado o grau de dependência espacial em diferentes escalas.

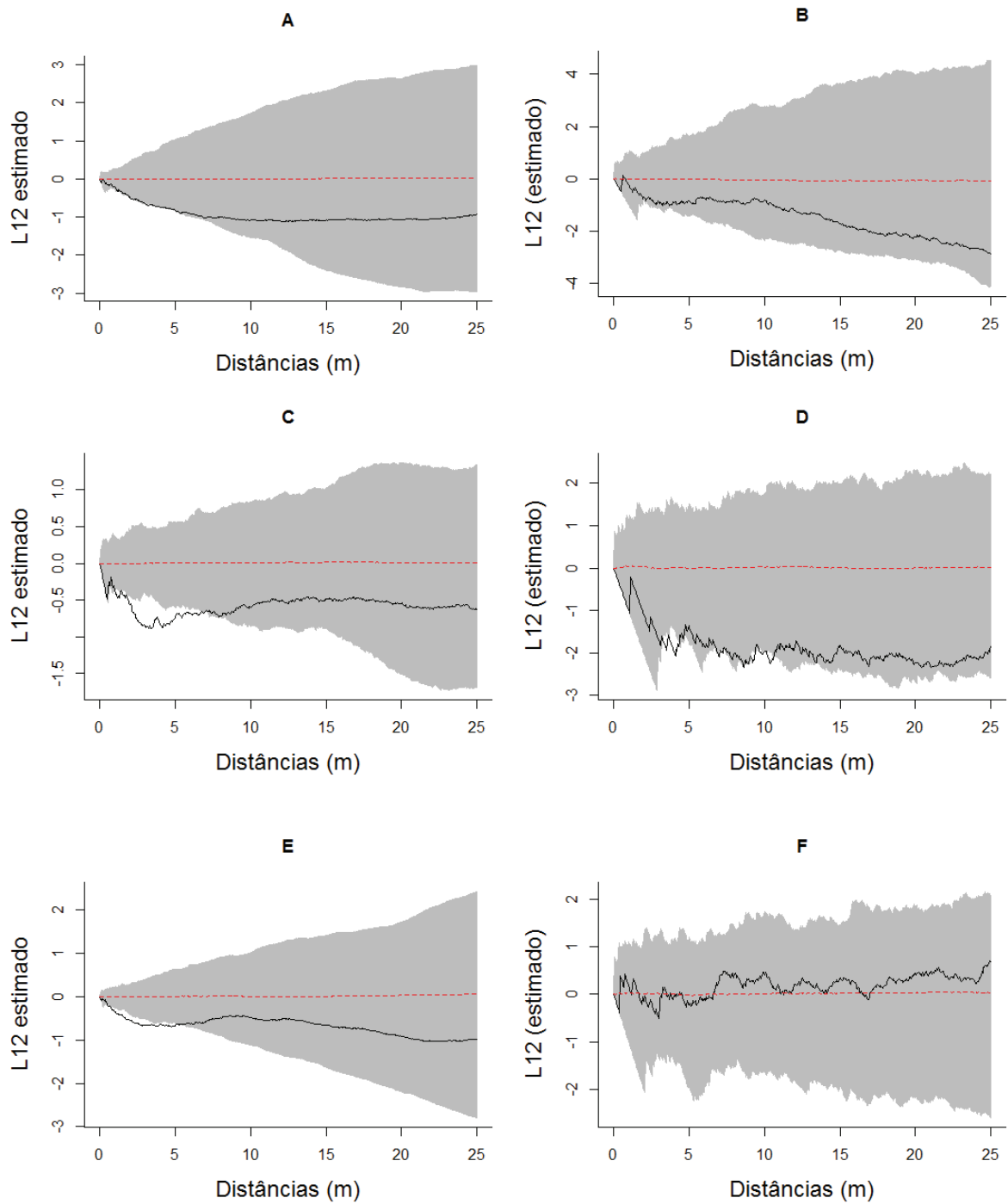
O resultado das análises bivariadas são apresentados por conjunto de dados, explorando as interações entre:

### a) adultos de *O. odorifera* - regenerantes de *O. odorifera*

Foi encontrada associação negativa entre árvores adultas e indivíduos regenerantes na escala até 5 m, no Bloco 2 e Bloco 3 (Figura 27 C). Neste caso, o espaçamento entre as regenerantes que estão próximas (até 5 m) às árvores porta-semente é maior do que seria esperado, indicando uma possível competição por recursos, ou preferência por habitats específicos fora da área de projeção da copa. Apesar de não significativa, os três Blocos apresentaram tendência à segregação em todas as escalas de distância. No Bloco 1 e Bloco 3 (Figura 27 A e Figura 27 E) a linha empírica da função  $L$  se mantém muito próximo ao limite inferior do envelope na escala até 5 m.

Ocorreu associação negativa também entre árvores adultas e a categoria regenerantes com altura acima de 3 m no Bloco 2 (Figura 27 D), na escala próximo a 5 m e novamente próximo aos 10 m. Em todas as escalas do Bloco 1 (Figura 27 B) e Bloco 3 (Figura 27 F) ocorreram independência espacial indicando a existência de sobreposição espacial parcial entre as duas categorias. O baixo número de indivíduos regenerantes dessa classe de altura no Bloco 3 (Figura 27 F) pode ter causado um comportamento distinto.





**Figura 27.** Análise de dependência espacial com a função  $K_{12}$  ( $L_{12}$  estimado) para as árvores adultas de canela-sassafrás e regenerantes de canela-sassafrás, na FLONA de Irati, PR. Bloco 1 - 89 adultas e 2840 regenerantes (A); Bloco 1 - 89 adultas e 125 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (B); Bloco 2 - 113 adultas e 758 regenerantes (C); Bloco 2 - 113 adultas e 35 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (D); Bloco 3 - 223 adultas e 1530 regenerantes (E); Bloco 3 - 223 adultas e 21 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (F).

### **b) adultos de *O. odorifera* (DAP $\geq$ 20 cm) - regeneração de *O. odorifera***

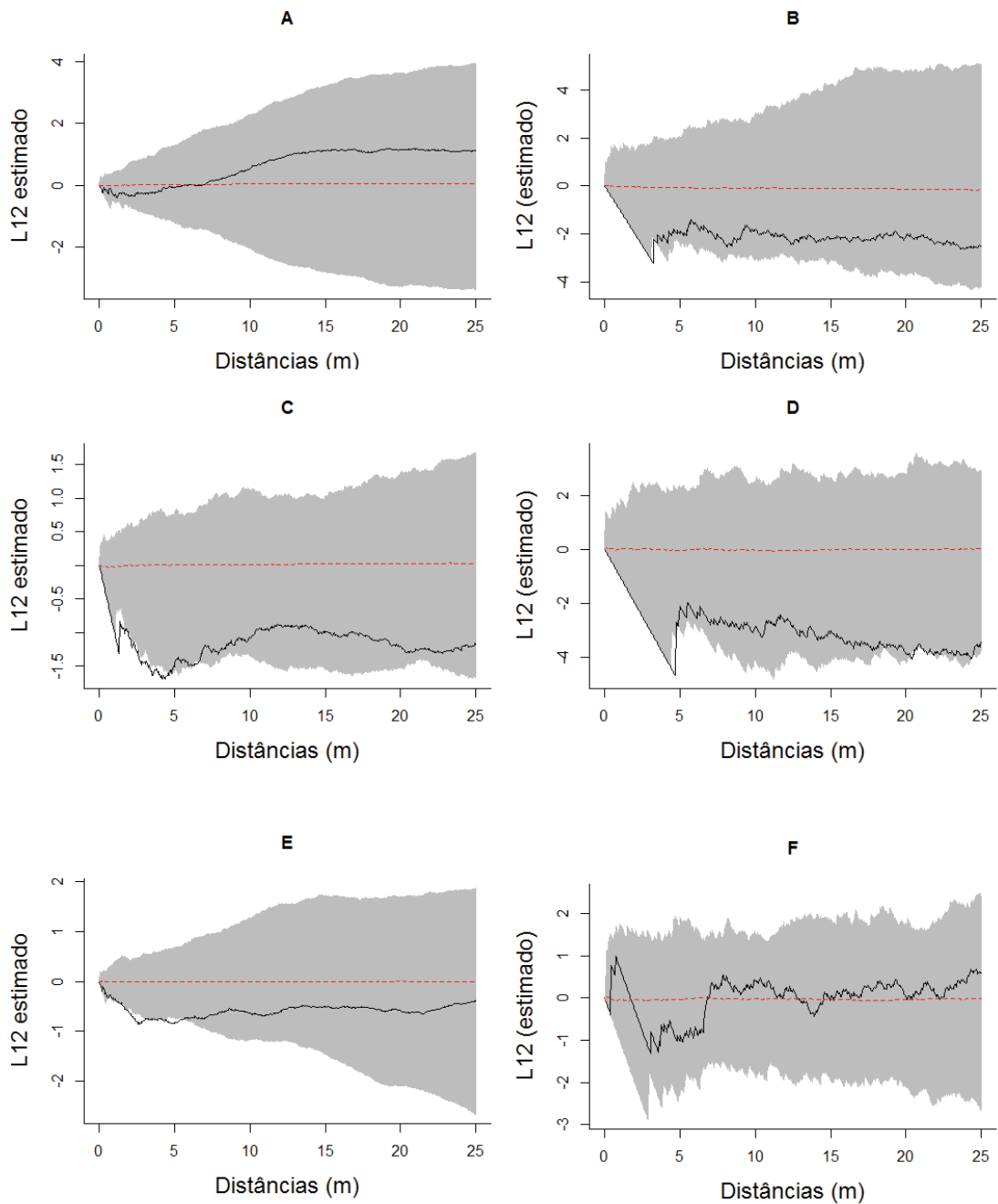
Foi encontrada também associação negativa entre árvores adultas de *O. odorifera* com DAP $\geq$ 20 cm “porta-sementes” e indivíduos regenerantes na escala de 1 à 5 m no Bloco 2 e na escala de 3 à 4 m no Bloco 3. Para a categoria de regenerante “estabelecidos” (altura  $\geq$ 3 m) com árvores adultas prováveis porta-sementes, apenas no Bloco 2 (Figura 28 D) ocorreu associação negativa na escala próximo a 5 m e novamente próximo aos 20 e 22 m. Os resultados indicam inibição entre as categorias em algumas escalas, aonde, espera-se encontrar menos indivíduos regenerantes do que seria esperado em caso de ausência de associação espacial.

Para Crawley (1986), os meios de inibição intra-específica da germinação de sementes podem ser muitos (produção de sombra, forte competição por água e nutrientes nas camadas superiores do solo, produção de substâncias inibitórias (alelopatia) e suporte a uma grande fauna de herbívoros capazes de eliminar novas plântulas.

Carmo *et al.* (2007) realizaram estudos de alelopatia de extratos aquosos de canela-sassafrás e concluíram que metabólitos secundários causaram alterações metabólicas e morfológicas nas plantas de sorgo. Portanto, a presença de canela-sassafrás no ambiente pode desencadear efeitos similares sobre outras espécies vegetais na sua vizinhança e, porque não, sobre ela mesma (autoalelopatia).

Conforme Auer e Graça (1995), a canela-sassafrás sofre com fatores de reprodução e dispersão que dificultam a sua regeneração, como produção irregular de sementes, grande distanciamento entre árvores isoladas, diminuição cada vez maior dos agentes polinizadores, predação dos frutos e sementes por pássaros e insetos, podridão de sementes por fungos e baixo vigor das sementes.

A predação dos frutos e sementes por pássaros e insetos e a podridão de sementes por fungos são fatores que podem estar atuando com maior intensidade próximo às plantas matrizes, onde há maior disponibilidade de frutos e sementes. A influência desses fatores no padrão apresentado é difícil de prever.



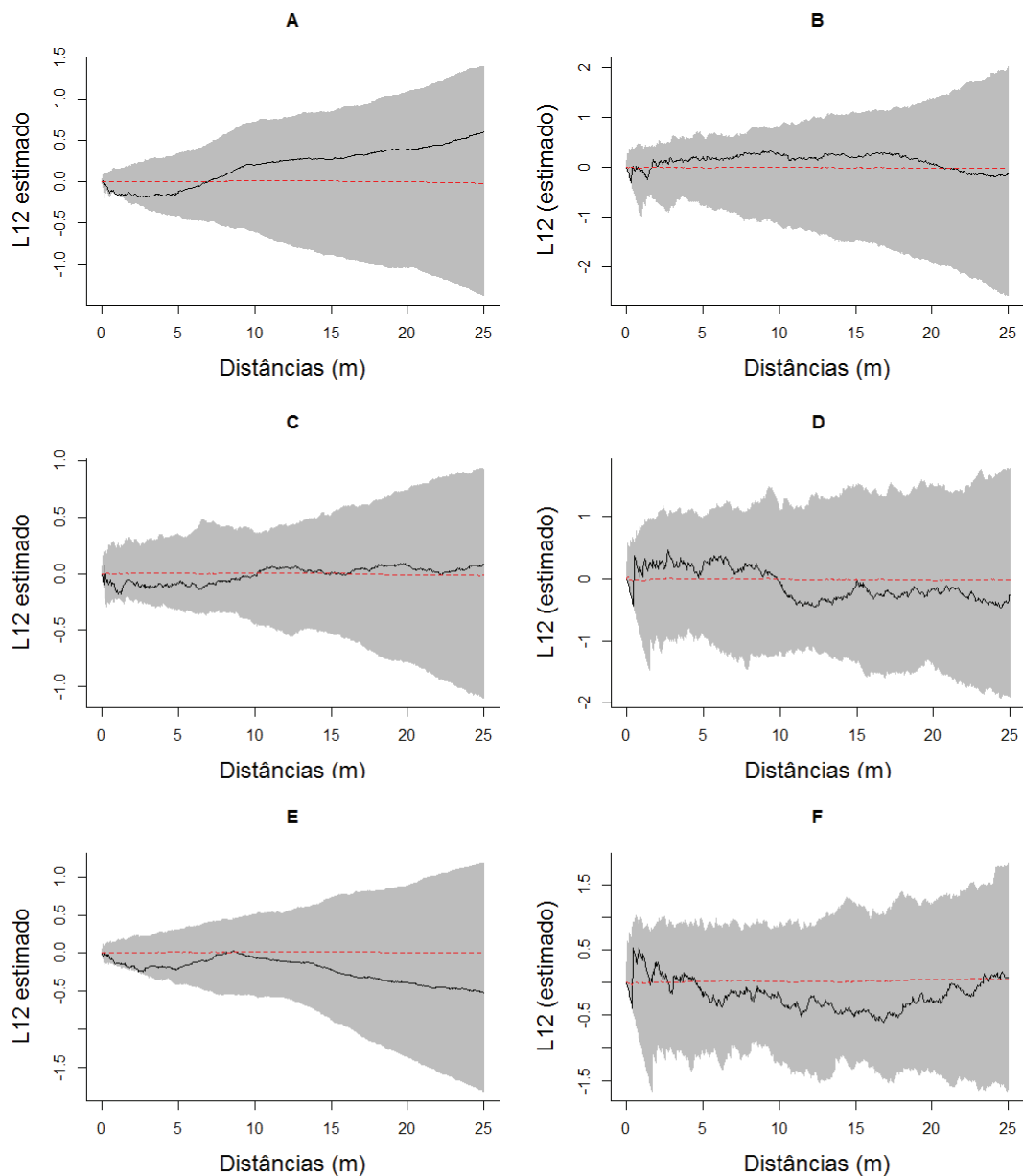
**Figura 28.** Análise de dependência espacial com a função  $K_{l_2}$  ( $L_{l_2}$  estimado) para árvores adultas de canela-sassafrás com  $DAP \geq 20$  cm e regenerantes de canela-sassafrás, na FLONA de Irati, PR. Bloco 1 - 23 adultas com  $DAP \geq 20$  cm e 2840 regenerantes (A); Bloco 1 - 23 adultas com  $DAP \geq 20$  cm e 125 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (B); Bloco 2 - 45 adultas com  $DAP \geq 20$  cm e 758 regenerantes (C); Bloco 2 - 45 adultas com  $DAP \geq 20$  cm e 35 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (D); Bloco 3 - 102 adultas com  $DAP \geq 20$  cm e 1530 regenerantes (E); Bloco 3 - 102 adultas com  $DAP \geq 20$  cm e 21 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (F).

Jansen (1970) propôs que as chances de recrutamento próximo à planta-mãe podem ser muito baixas devido à competição e predação de sementes. Quanto mais distante de adultos, segundo tal teoria, maiores seriam as chances de sobrevivência dos jovens (CAPRETZ, 2004). Para Connell (1971), as plântulas estabelecidas sob a área de influência do parental sofrem efeitos negativos da “sombra” de sua copa, têm seu crescimento suprimido e eventualmente são atacadas por predadores oriundos do próprio parental ou do solo abaixo dele.

**c) adultos de todas as espécies com mais de 20 cm de DAP - regeneração de *O. odorifera***

No caso da distribuição da regeneração de *O. odorifera* em função dos indivíduos com  $DAP \geq 20$  cm, considerando neste caso todas as espécies, a análise bivariada mostrou uma tendência, embora não significativa, para associação negativa (inibição) em escalas pequenas de até 5 m, porém em todos os caso não ocorreram associações positivas e negativas significativas. Com uma tendência geral para a ausência de interações, pode-se concluir que as árvores adultas e com porte expressivo ( $DAP \geq 20$  cm) compartilham parcial ou totalmente o mesmo espaço com os indivíduos regenerantes de canela-sassafrás.

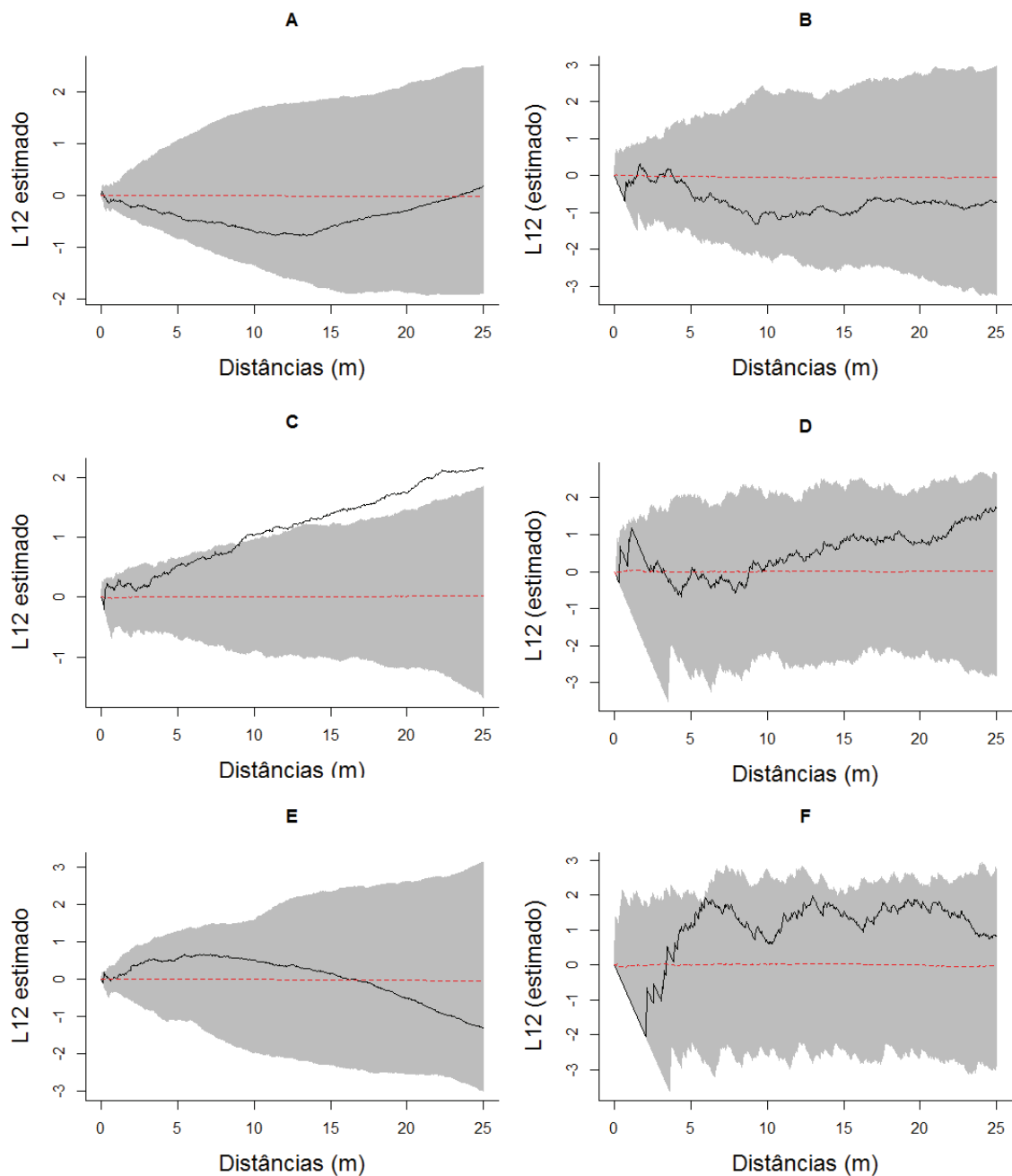
Uma hipótese de processo subjacente associado a este comportamento pode ser o grupo sucessional ou grupo ecológico da qual pertence a espécie *O. odorifera*. A espécie foi classificada como tolerante à sombra (SILVA *et al.*, 2003; FERRETTI *et al.*, 1995; CARVALHO, 2005), sendo compreensível a ocorrência de árvores jovens sob o dossel das plantas adultas.



**Figura 29.** Análise de dependência espacial com a função  $K_{12}$  ( $L_{12}$  estimado) para todas as árvores adultas (incluindo as demais espécies) com  $DAP \geq 20$  cm e regenerantes de canela-sassafrás, na FLONA de Irati, PR. Bloco 1 - 239 adultas de espécies diversas com  $DAP \geq 20$  cm e 2840 regenerantes (A); Bloco 1 - 239 adultas de espécies diversas com  $DAP \geq 20$  cm e 125 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (B); Bloco 2 - 252 adultas de espécies diversas com  $DAP \geq 20$  cm e 758 regenerantes (C); Bloco 2 - 252 adultas de espécies diversas com  $DAP \geq 20$  cm e 35 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (D); Bloco 3 - 327 adultas de espécies diversas com  $DAP \geq 20$  cm e 1530 regenerantes (E); Bloco 3 - 327 adultas de espécies diversas com  $DAP \geq 20$  cm e 21 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (F).

#### **d) adultos mortos entre 2005 e 2010 - regeneração de *O. odorifera***

Foram consideradas as árvores mortas dos últimos cinco anos, conforme os registros realizados pela equipe do laboratório de Manejo Florestal da UNICENTRO. Os gráficos (Figura 30 A, Figura 30 B; Figura 30 D, Figura 30 E, Figura 30 F) mostram uma distribuição espacial independente para todas as classes de distância, indicando, portanto, que não existe interação espacial. Exceção ocorreu apenas no Bloco 2 (Figura 30 C), onde ocorreu associação positiva (atração) entre as árvores mortas e regenerantes na escala de 12 à 25 m. Neste caso, a morte de árvores pode ter favorecido a regeneração pela abertura de clareiras e espaço na escala a partir de 12 metros da localização do evento (árvore morta).



**Figura 30.** Análise de dependência espacial com a função  $K_{12}$  ( $L_{12}$  estimado) para árvores adultas mortas entre 2005 e 2010 e regenerantes de canela-sassafrás, na FLONA de Irati, PR. Bloco 1 - 79 mortas e 2840 regenerantes (A); Bloco 1 - 79 mortas e 125 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (B); Bloco 2 - 88 mortas e 758 regenerantes (C); Bloco 2 - 88 mortas e 35 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (D); Bloco 3 - 73 mortas e 1530 regenerantes (E); Bloco 3 - 73 mortas e 21 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (F).

**e) adultos das espécies mais representativas na estrutura horizontal da floresta - regeneração de *O. odorifera***

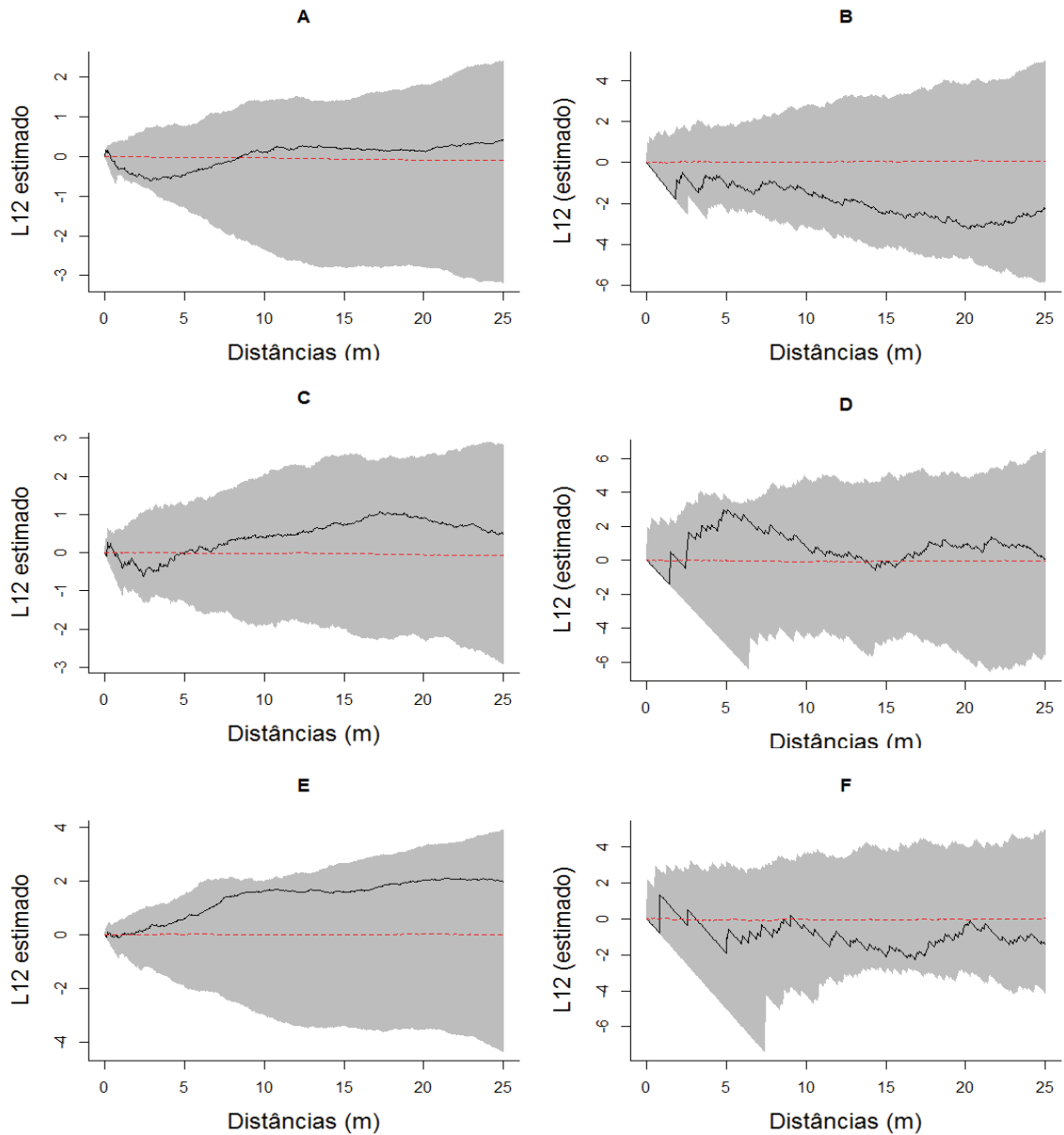
É importante considerar que o padrão espacial de uma determinada população de plantas não é gerado apenas pelas interações entre os indivíduos desta população, nem só pelas interações com animais, mas também pelas interações com plantas de outras espécies (MELLO, 2002). A afinidade (ou falta dela) para a coexistência de duas espécies é definido como associação interespecífica (LUDWIG e REYNOLDS, 1988). Em geral, uma associação entre duas espécies existe por três razões principais: (1) as duas espécies selecionam ou evitam o mesmo habitat ou fatores do habitat; (2) possuem os mesmos requerimentos ambientais em relação aos fatores abióticos e bióticos; ou (3) uma ou ambas as espécies tem relação de afinidade com a outra, exercendo forças de atração ou de repulsão (HUBALEK, 1982 citado por LUDWIG e REYNOLDS, 1988).

As associações interespecíficas são consideradas positivas quando existe uma tendência de plantas de diferentes espécies serem encontradas mais próximas umas das outras do que esperado; ou associação negativa, quando existe uma tendência de plantas de diferentes espécies serem encontradas menos próximas do que esperado (DALE, 1999 citado por MELLO, 2002). A ausência de associação entre as plantas de diferentes espécies é esperada quando existe independência espacial na distribuição dos indivíduos das duas espécies.

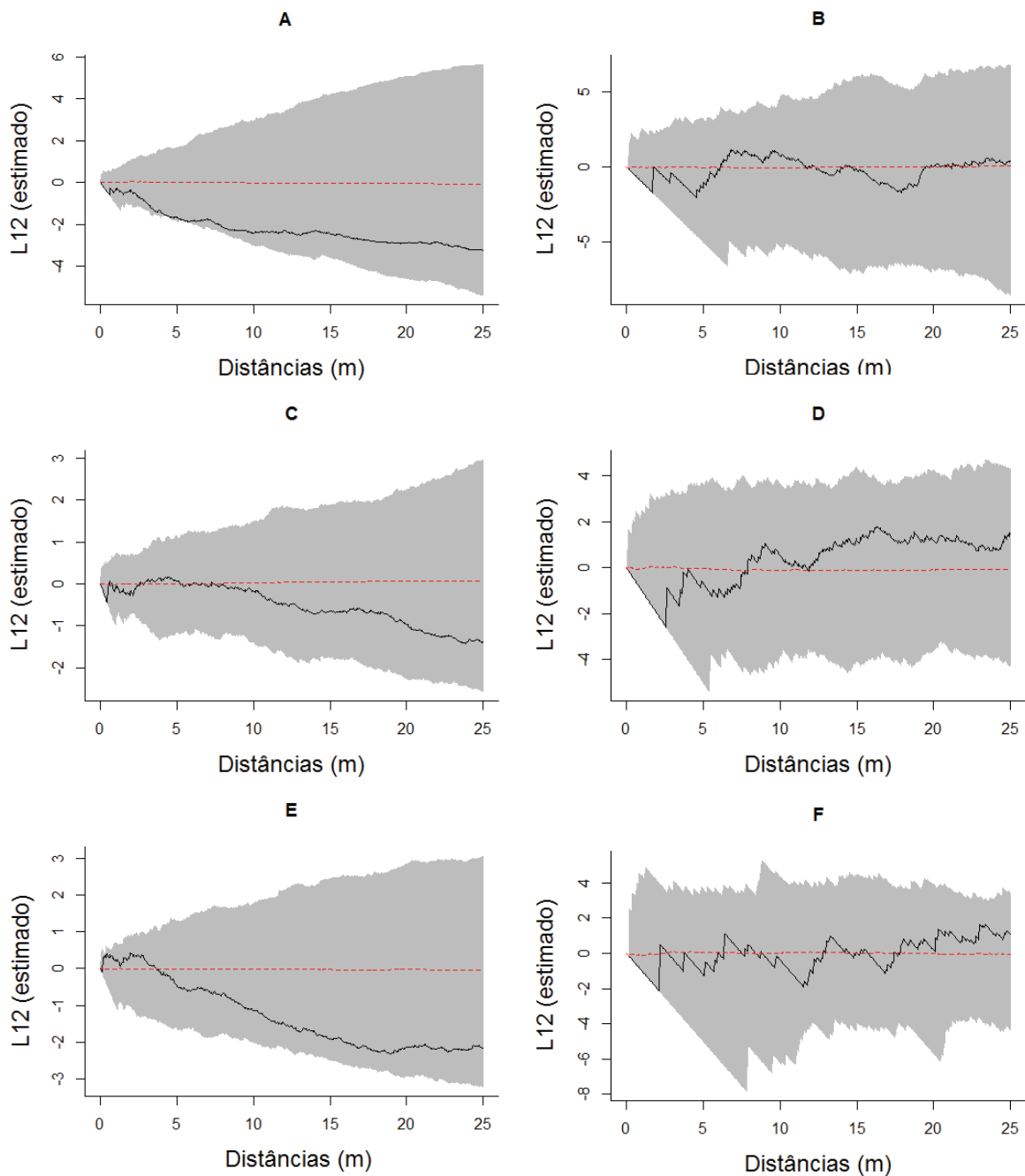
As análises foram realizadas explorando as interações entre duas categorias de regeneração (1º - altura total  $\geq 30$  cm e DAP  $>10$  cm “Figuras à esquerda”, e 2º - altura total  $\geq 3$  m (indivíduos estabelecidos) “Figuras à direita”) com as espécies: *Araucaria angustifolia* (Figura 31); *Nectandra grandiflora* (Figura 32); *Syagrus romanzoffiana* (Figura 33); *Nectandra megapotamica* (Figura 34); *Ilex paraguariensis* (Figura 35); *Myrsine umbellata* (Figura 36); *Coussarea contracta* (Figura 37); *Casearia decandra* (Figura 38); *Casearia sylvestris* (Figura 39) e *Myrcia hebeptala* (Figura 40), gerando resultados possíveis de comparação entre os três Blocos. Além das espécies comuns para os três Blocos foram ainda analisadas as interações entre as duas categorias de regeneração com: *Ocotea porosa* e *Prunus myrtifolia* no Bloco 1; , *Cedrela fissilis*, *Ocotea puberula*, *Matayba elaeagnoides* e *Dalbergia brasiliensis* no Bloco 2. Estas espécies não apresentaram de forma simultânea número de indivíduos significativos nos três Blocos (Figura 41 e Figura 42).



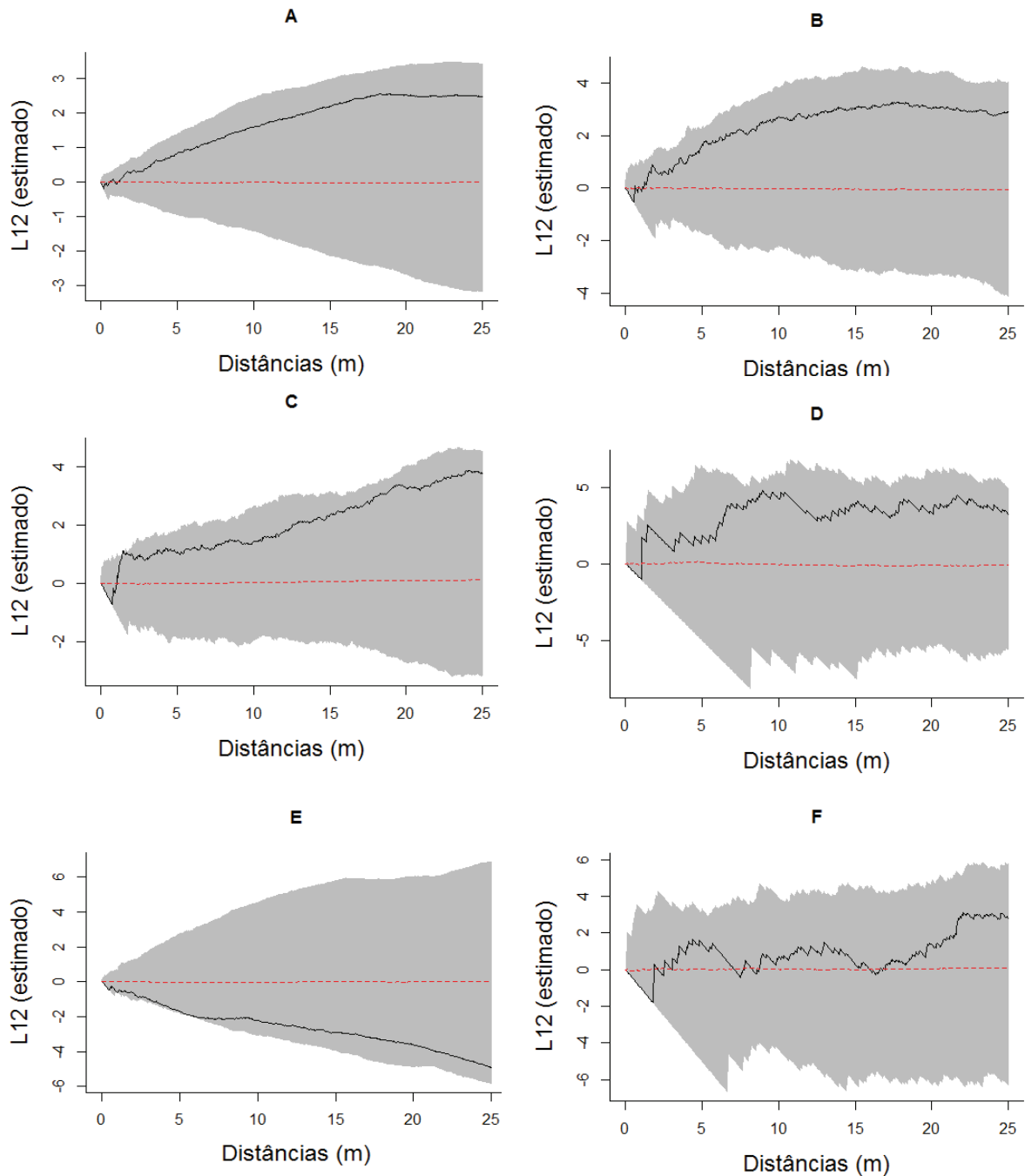
Foram consideradas apenas as espécies que apresentaram densidade mais elevada, de modo a se esperar resultados mais significativos.



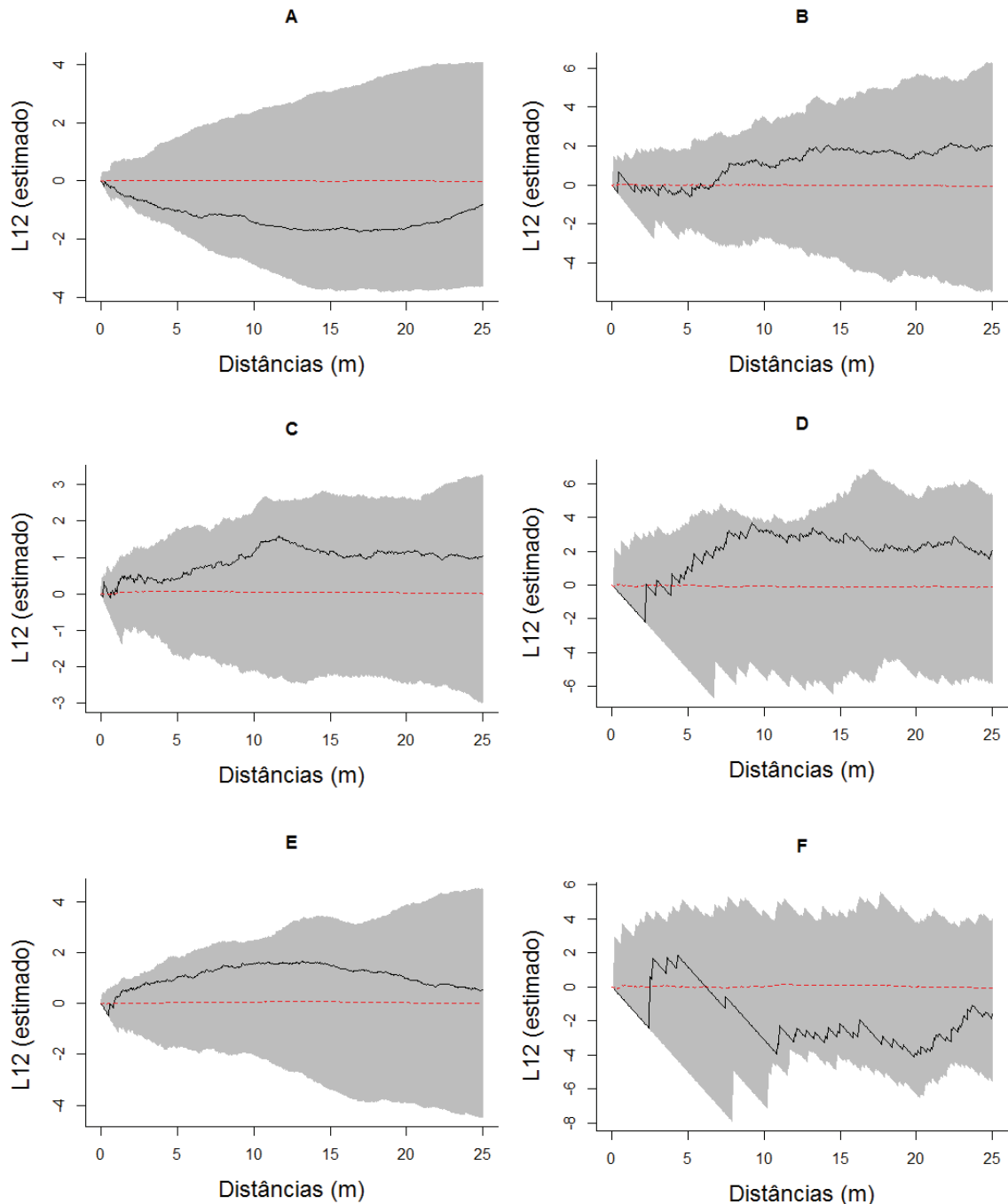
**Figura 31.** Análise de dependência espacial com a função  $K_{12}$  ( $L_{12}$  estimado) para árvores adultas de *Araucaria angustifolia* e regenerantes de canela-sassafrás, na FLONA de Irati, PR. Bloco 1 - 25 araucárias e 2840 regenerantes (A); Bloco 1 - 25 araucárias e 125 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (B); Bloco 2 - 24 araucárias e 758 regenerantes (C); Bloco 2 - 24 araucárias e 35 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (D); Bloco 3 - 31 araucárias e 1530 regenerantes (E); Bloco 3 - 31 araucárias e 21 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (F).



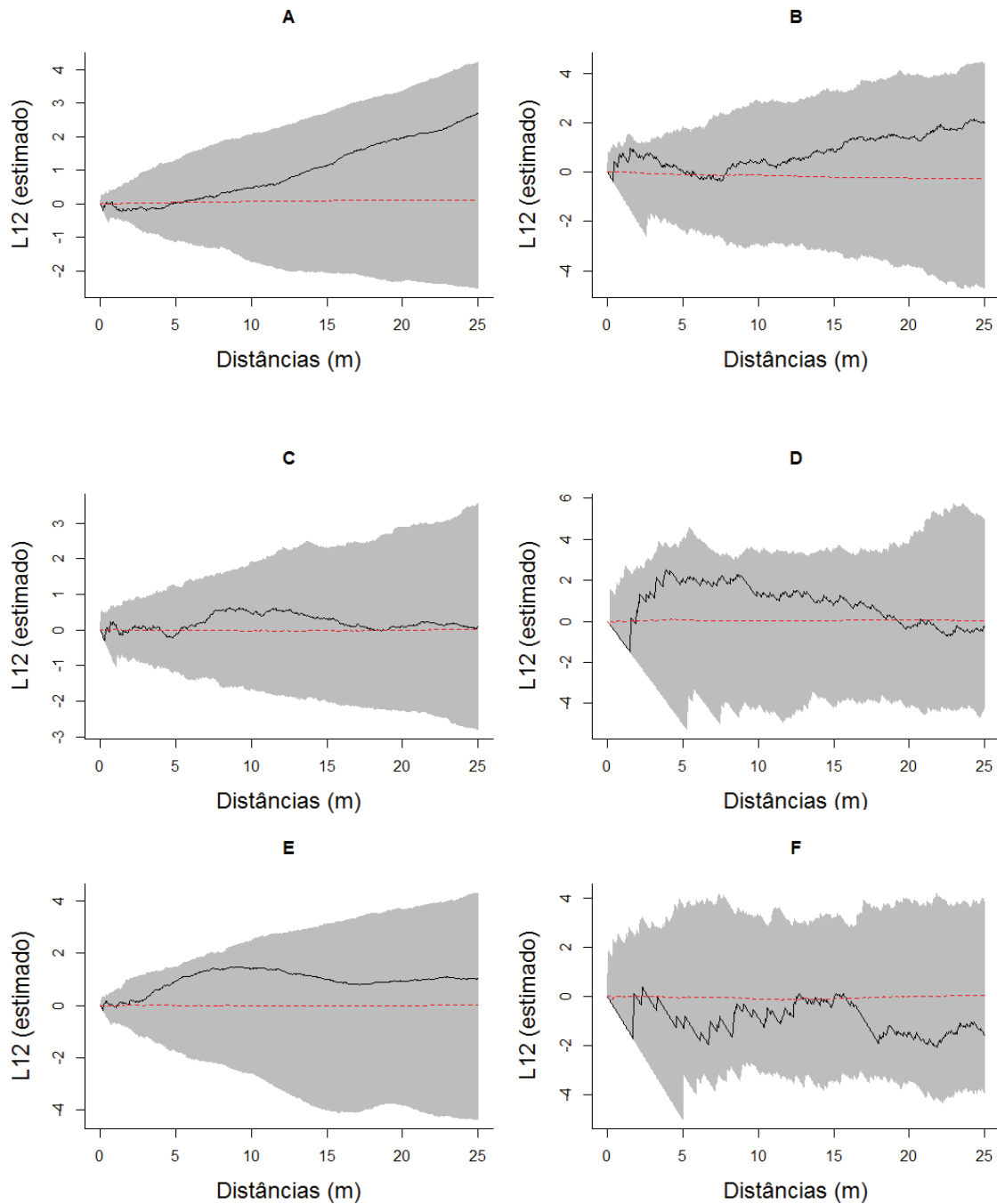
**Figura 32.** Análise de dependência espacial com a função  $K_{12}$  ( $L_{12}$  estimado) para árvores adultas de *Nectandra grandiflora* e regenerantes de canela-sassafrás, na FLONA de Irati, PR. Bloco 1 - 8 *Nectandra grandiflora* e 2840 regenerantes (A); Bloco 1 - 8 *Nectandra grandiflora* e 125 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (B); Bloco 2 - 30 *Nectandra grandiflora* e 758 regenerantes (C); Bloco 2 - 30 *Nectandra grandiflora* e 35 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (D); Bloco 3 - 30 *Nectandra grandiflora* e 1530 regenerantes (E); Bloco 3 - 30 *Nectandra grandiflora* e 21 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (F).



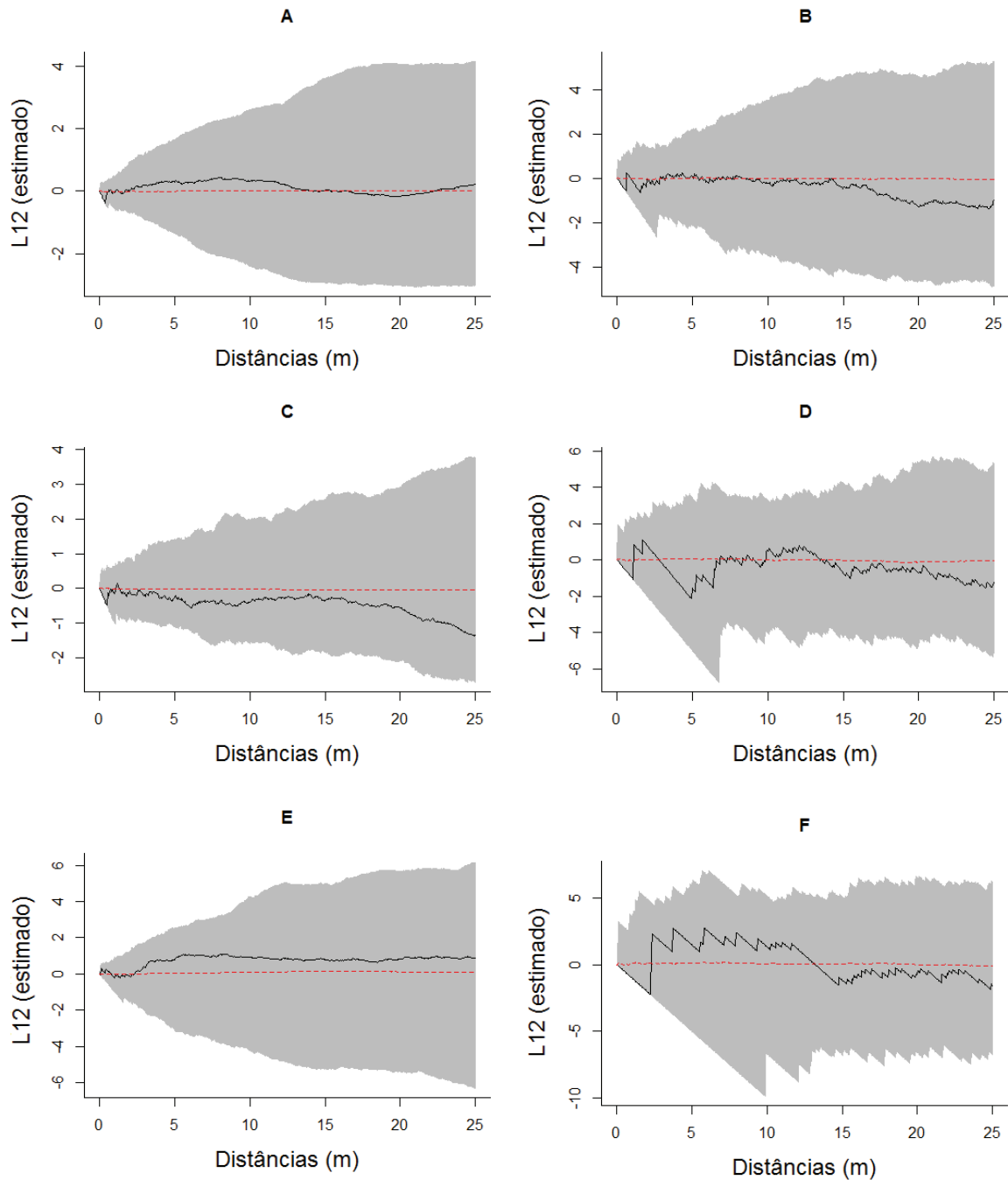
**Figura 33.** Análise de dependência espacial com a função  $K_{12}$  ( $L_{12}$  estimado) para árvores adultas de *Syagrus romanzoffiana* e regenerantes de canela-sassafrás, na FLONA de Irati, PR. Bloco 1 - 57 *Syagrus romanzoffiana* e 2840 regenerantes (A); Bloco 1 - 57 *Syagrus romanzoffiana* e 125 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (B); Bloco 2 - 12 *Syagrus romanzoffiana* e 758 regenerantes (C); Bloco 2 - 12 *Syagrus romanzoffiana* e 35 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (D); Bloco 3 - 33 *Syagrus romanzoffiana* e 1530 regenerantes (E); Bloco 3 - 33 *Syagrus romanzoffiana* e 21 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (F).



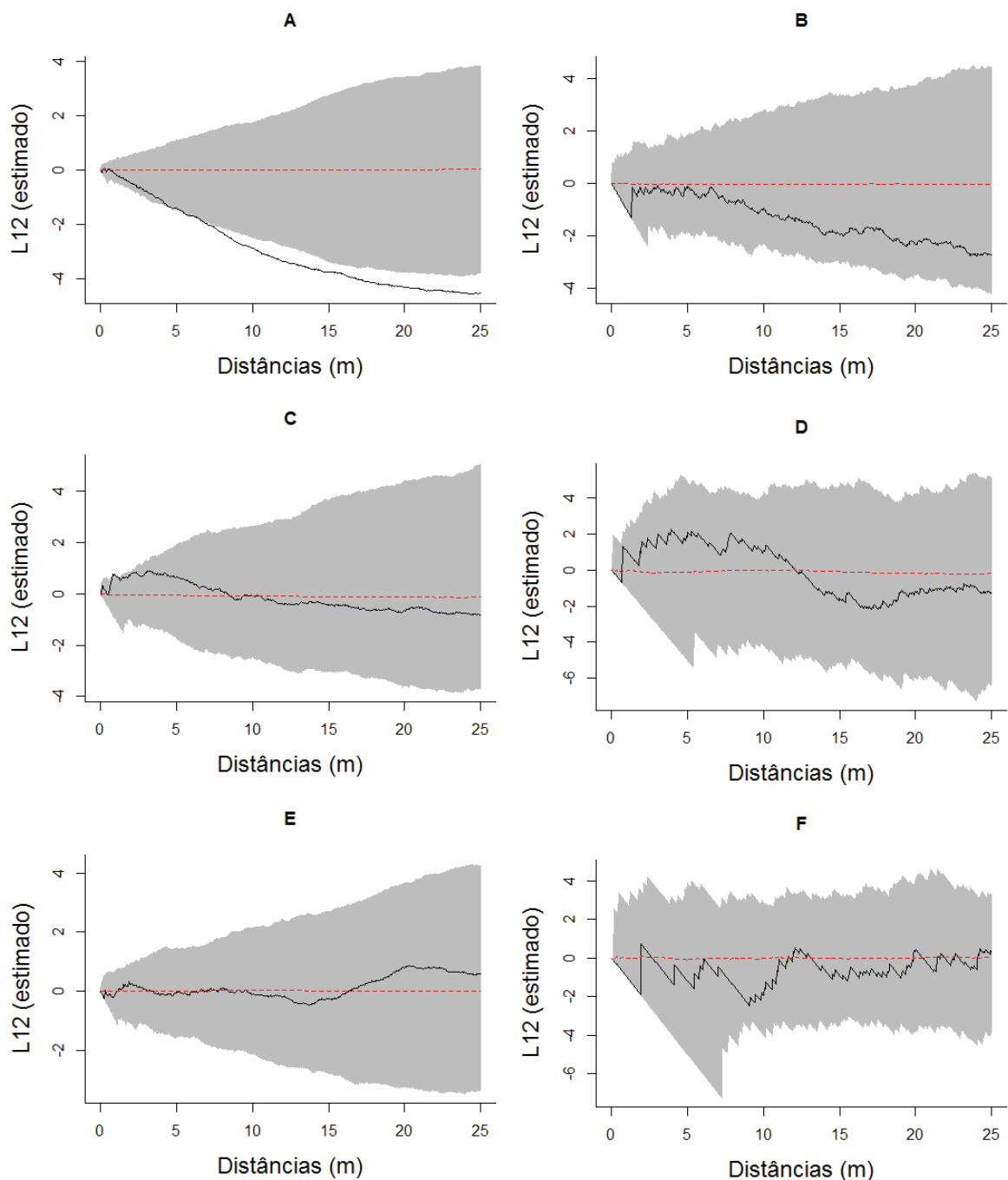
**Figura 34.** Análise de dependência espacial com a função  $K_{12}$  ( $L_{12}$  estimado) para árvores adultas de *Nectandra megapotamica* e regenerantes de canela-sassafrás, na FLONA de Irati, PR. Bloco 1 - 21 *Nectandra megapotamica* e 2840 regenerantes (A); Bloco 1 - 21 *Nectandra megapotamica* e 125 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (B); Bloco 2 - 18 *Nectandra megapotamica* e 758 regenerantes (C); Bloco 2 - 18 *Nectandra megapotamica* e 35 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (D); Bloco 3 - 21 *Nectandra megapotamica* e 1530 regenerantes (E); Bloco 3 - 21 *Nectandra megapotamica* e 21 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (F).



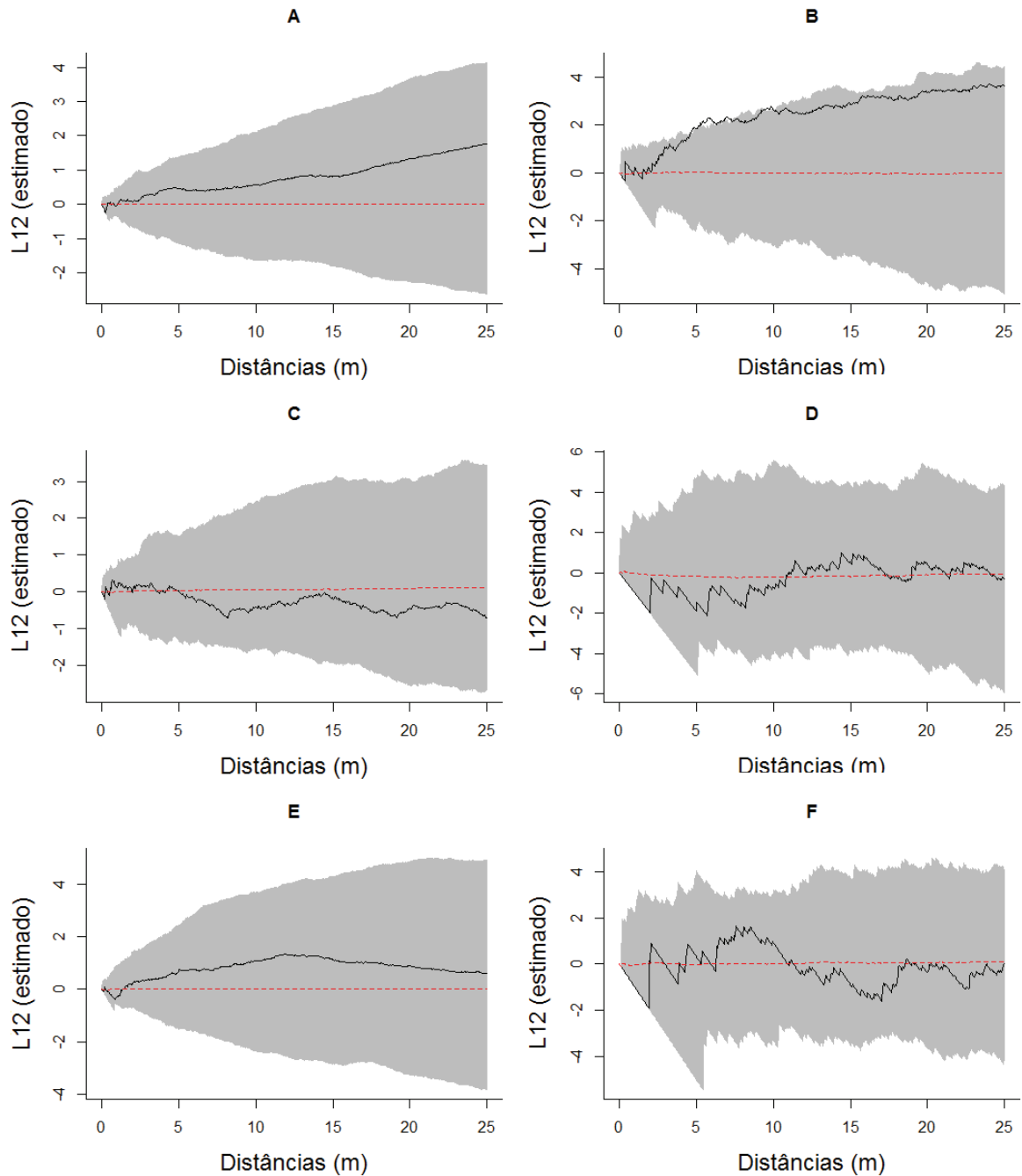
**Figura 35.** Análise de dependência espacial com a função  $K_{12}$  ( $L_{12}$  estimado) para árvores adultas de *Ilex paraguariensis* e regenerantes de canela-sassafrás, na FLONA de Irati, PR. Bloco 1 - 33 *Ilex paraguariensis* e 2840 regenerantes (A); Bloco 1 - 33 *Ilex paraguariensis* e 125 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (B); Bloco 2 - 31 *Ilex paraguariensis* e 758 regenerantes (C); Bloco 2 - 31 *Ilex paraguariensis* e 35 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (D); Bloco 3 - 42 *Ilex paraguariensis* e 1530 regenerantes (E); Bloco 3 - 42 *Ilex paraguariensis* e 21 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (F).



**Figura 36.** Análise de dependência espacial com a função  $K_{12}$  ( $L_{12}$  estimado) para árvores adultas de *Myrsine umbellata* e regenerantes de canela-sassafrás, na FLONA de Irati, PR. Bloco 1 - 32 *Myrsine umbellata* e 2840 regenerantes (A); Bloco 1 - 32 *Myrsine umbellata* e 125 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (B); Bloco 2 - 23 *Myrsine umbellata* e 758 regenerantes (C); Bloco 2 - 23 *Myrsine umbellata* e 35 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (D); Bloco 3 - 14 *Myrsine umbellata* e 1530 regenerantes (E); Bloco 3 - 14 *Myrsine umbellata* e 21 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (F).

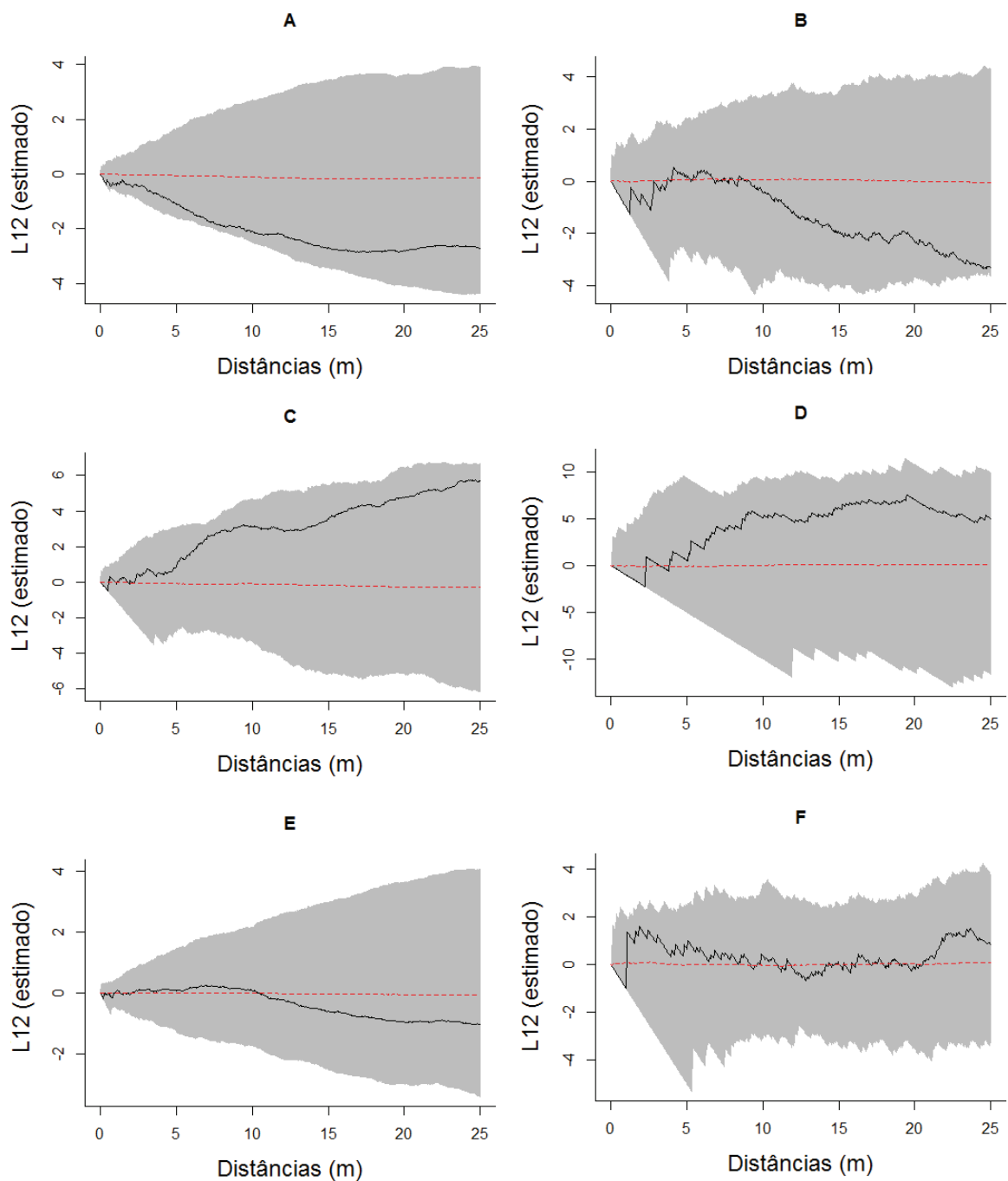


**Figura 37.** Análise de dependência espacial com a função  $K_{l_2}$  ( $L_{l_2}$  estimado) para árvores adultas de *Coussarea contracta* e regenerantes de canela-sassafrás, na FLONA de Irati, PR. Bloco 1 - 35 *Coussarea contracta* e 2840 regenerantes (A); Bloco 1 - 35 *Coussarea contracta* e 125 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (B); Bloco 2 - 22 *Coussarea contracta* e 758 regenerantes (C); Bloco 2 - 22 *Coussarea contracta* e 35 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (D); Bloco 3 - 21 *Coussarea contracta* e 1530 regenerantes (E); Bloco 3 - 21 *Coussarea contracta* e 21 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (F).

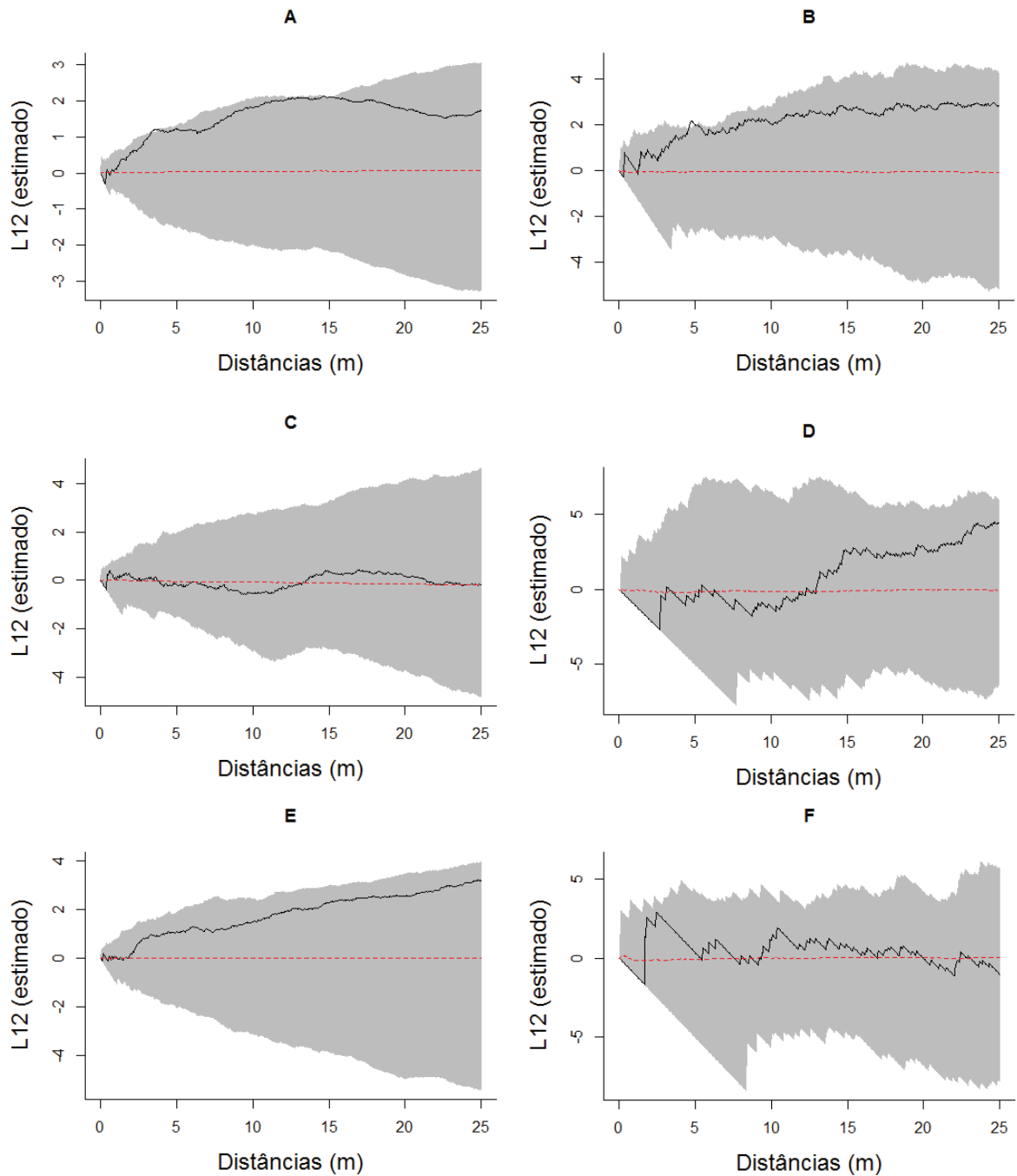


**Figura 38.** Análise de dependência espacial com a função  $K_{12}$  ( $L_{12}$  estimado) para árvores adultas de *Casearia decandra* e regenerantes de canela-sassafrás, na FLONA de Irati, PR. Bloco 1 - 35 *Casearia decandra* e 2840 regenerantes (A); Bloco 1 - 35 *Casearia decandra* e 125 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (B); Bloco 2 - 29 *Casearia decandra* e 758 regenerantes (C); Bloco 2 - 29 *Casearia decandra* e 35 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (D); Bloco 3 - 35 *Casearia decandra* e 1530 regenerantes (E); Bloco 3 - 35 *Casearia decandra* e 21 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (F).

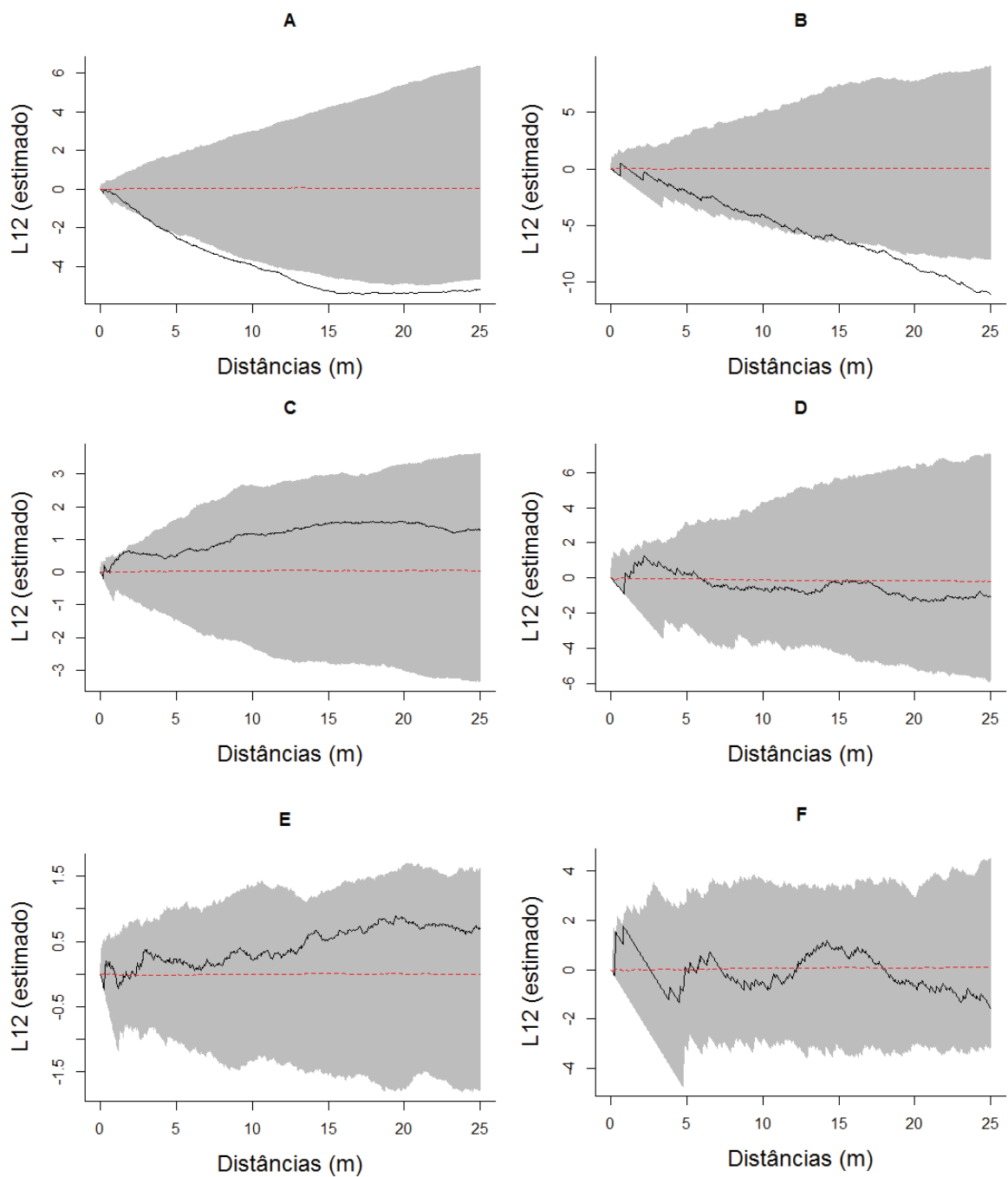




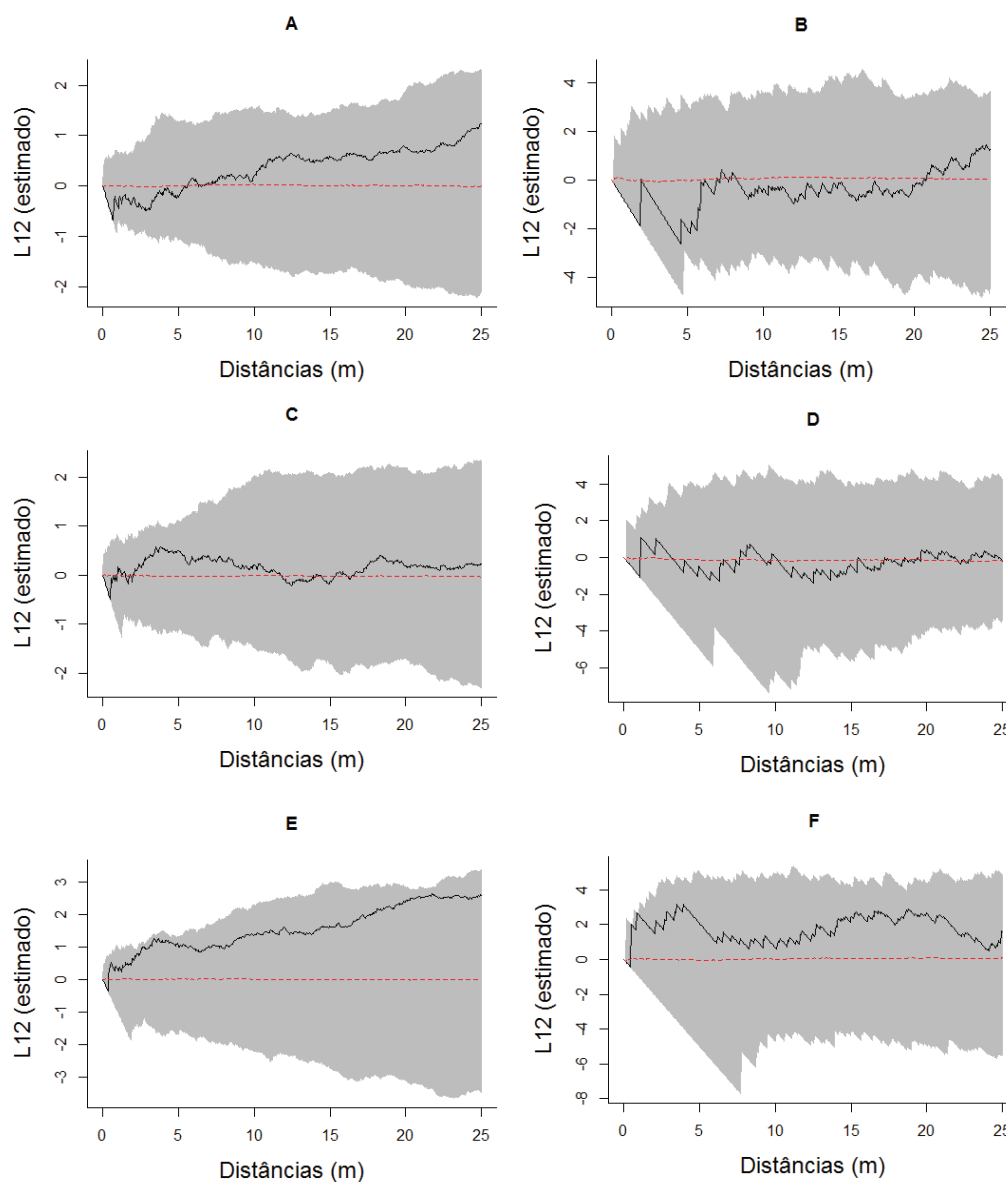
**Figura 39.** Análise de dependência espacial com a função  $K_{12}$  ( $L_{12}$  estimado) para árvores adultas de *Casearia sylvestris* e regenerantes de canela-sassafrás, na FLONA de Irati, PR. Bloco 1 - 22 *Casearia sylvestris* e 2840 regenerantes (A); Bloco 1 - 22 *Casearia sylvestris* e 125 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (B); Bloco 2 - 9 *Casearia sylvestris* e 758 regenerantes (C); Bloco 2 - 9 *Casearia sylvestris* e 35 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (D); Bloco 3 - 50 *Casearia sylvestris* e 1530 regenerantes (E); Bloco 3 - 50 *Casearia sylvestris* e 21 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (F).



**Figura 40.** Análise de dependência espacial com a função  $K_{12}$  ( $L_{12}$  estimado) para árvores adultas de *Myrcia hebeptala* e regenerantes de canela-sassafrás, na FLONA de Irati, PR. Bloco 1 - 20 *Myrcia hebeptala* e 2840 regenerantes (A); Bloco 1 - 20 *Myrcia hebeptala* e 125 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (B); Bloco 2 - 17 *Myrcia hebeptala* e 758 regenerantes (C); Bloco 2 - 17 *Myrcia hebeptala* e 35 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (D); Bloco 3 - 16 *Myrcia hebeptala* e 1530 regenerantes (E); Bloco 3 - 16 *Myrcia hebeptala* e 21 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (F).



**Figura 41.** Análise de dependência espacial com a função  $K_{12}$  ( $L_{12}$  estimado) para árvores adultas de diferentes espécies e regenerantes de canela-sassafrás, na FLONA de Irati, PR. Bloco 1 - 20 *Ocotea porosa* e 2840 regenerantes (A); Bloco 1 - 20 *Ocotea porosa* e 125 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (B); Bloco 1 - 17 *Prunus myrtifolia* e 758 regenerantes (C); Bloco 1 - 17 *Prunus myrtifolia* e 35 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (D); Bloco 2 - 28 *Dalbergia brasiliensis* e 1530 regenerantes (E); Bloco 2 - 28 *Dalbergia brasiliensis* e 21 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (F).



**Figura 42.** Análise de dependência espacial com a função  $K_{12}$  ( $L_{12}$  estimado) para árvores adultas de diferentes espécies e regenerantes de canela-sassafrás, na FLONA de Irati, PR. Bloco 2 - 25 *Cedrela fissilis* e 2840 regenerantes (A); Bloco 2 - 25 *Cedrela fissilis* e 125 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (B); Bloco 2 - 19 *Ocotea puberula* e 758 regenerantes (C); Bloco 2 - 19 *Ocotea puberula* e 35 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (D); Bloco 2 - 15 *Matayba elaeagnoides* e 1530 regenerantes (E); Bloco 2 - 15 *Matayba elaeagnoides* e 21 regenerantes com altura  $\geq 3$  m (F).

Em relação aos resultados de dependência espacial entre os indivíduos regenerantes de canela-sassafrás com diferentes espécies, ocorreu associação espacial positiva nos seguintes

casos:

- *Casearia decandra* com regenerantes de *O. odorifera* com altura  $\geq 3$  m no Bloco 1, na escala de 5 m (Figura 38 B);
- *Myrcia hebeptala* com regenerantes de *O. odorifera* (Figura 40 A) e *M. hebeptala* com regenerantes de *O. odorifera* com altura maior de 3 m (Figura 40 B), ambos na escala de 5 m, no Bloco 1;

As associações interespecíficas positivas (indicam forte sobreposição espacial) foram pouco significativas entre as espécies citadas com a regeneração de *O. odorifera*.

Não foi verificada associação (há independência espacial) entre indivíduos pequenos de *Ocotea odorifera* e grandes das espécies *Araucaria angustifolia*, *Nectandra grandiflora*, *Syagrus romanzoffiana*, *Nectandra megapotamica*, *Ilex paraguariensis*, *Myrsine umbellata*, *Casearia sylvestris*, *Cedrela fissilis*, *Ocotea puberula*, *Matayba elaeagnoides*, *Prunus myrtifolia* e *Dalbergia brasiliensis*.

A sobreposição total (associação espacial positiva) e parcial (independência espacial) entre as espécies pode ser explicada pela exploração dos recursos de modos diferentes ou pela competição que pode não estar ocorrendo devido à abundância dos recursos (PIANKA, 1994; HIGUCHI *et al.*, 2011). Características e exigências ecológicas diferentes, além do comportamento típico de espécie tolerante à sombra e dos baixos requerimentos de água e nutrientes nas fases iniciais de *O. odorifera*, podem contribuir para uma baixa competição com as árvores adultas na maioria das escalas.

Associações negativas significativas foram raras e ocasionais, não apresentando um padrão entre os Blocos e as espécies. Apresentaram associação espacial negativa:

- *Coussarea contracta* com regenerantes de *O. odorifera*, na escala de 8 a 25 m, no Bloco 1 (Figura 37 A);
- *Ocotea porosa* com regenerantes de *O. odorifera*, na escala entre 4 e 23 m no Bloco 1 (Figura 41 A), e *O. porosa* com regenerantes de *O. odorifera* com altura maior de 3 m, na escala entre 17 e 25 m, no Bloco 1 (Figura 41 B).

Uma tendência à associação negativa entre as regenerantes de *O. odorifera* e adultas de *Ocotea porosa* pode ser explicada em parte pelo princípio da exclusão competitiva de Gause (1934) e Hardin (1960), já que são espécies similares em termos de características morfológicas e podem oferecer uma competição mais forte pelo mesmo nicho ecológico. Efeitos alelopáticos também podem contribuir para o comportamento apresentado.

## 6. CONCLUSÕES

A distribuição de frequência dos diâmetros e alturas em classes caracterizou curvas na forma de J-invertido, com um alto valor nas menores classes. Estes resultados sugerem que *O. odorifera* tem boa capacidade de se regenerar naturalmente e apresenta potencialidades para o manejo e conservação, o que refuta a hipótese da espécie estar ameaçada de extinção por causas naturais. Há que se adotar, sim, medidas para o correto manejo sustentável da espécie.

A espécie apresentou em geral um padrão espacial agregado para as classes de regeneração natural em todas as escalas analisadas, indicando um padrão característico da espécie nas fases iniciais. Os principais processos subjacentes foram associados à ocorrência de manchas de habitat favorável ocasionado pela heterogeneidade ambiental, além de outras hipóteses relacionadas à dispersão zoocórica por espécies com hábitos alimentares ligados a abrigos ou poleiros naturais.

Tornam-se necessárias mais pesquisas para testar as hipóteses existentes acerca dos processos geradores, responsáveis pelos padrões observados na regeneração de *O. odorifera*.

O comportamento de mudança do padrão espacial agregado para padrão aleatório com o aumento do tamanho dos indivíduos sugere que a mortalidade e o recrutamento estão sendo determinados principalmente por fatores bióticos como a competição intraespecífica e mortalidade dependente de densidade.

A tendência de apresentar padrão regular e interações negativas com a regeneração em escalas curtas evidencia novamente competição intraespecífica entre as árvores de *O. odorifera*.

Os indivíduos jovens da canela-sassafrás apresentaram interação negativa com as espécies *Ocotea porosa* e *Coussarea contracta*, indicando inibição.

Interação positiva com *Casearia decandra* e *Myrcia hebeptala*, bem como os casos de independência espacial, apontam para a hipótese de que a regeneração explora o habitat de modo diferente da maioria das árvores adultas.

Devido às características estruturais apresentadas pela população de *O. odorifera*, a FLONA de Irati assume grande importância na conservação da espécie, pois foi encontrada uma alta densidade de indivíduos estabelecidos e um abundante banco de plântulas e indivíduos juvenis.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANJOS, A. **Análise do padrão de distribuição espacial do palmito (*Euterpe edulis*) utilizando a função K de Ripley**. 1998. 113 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.
- ANTONINI, R. D.; NUNES-FREITAS, A. F. Estrutura populacional e distribuição espacial de *Miconia prasina* DC. (Melastomataceae) em duas áreas de Floresta Atlântica na Ilha Grande, RJ, Sudeste do Brasil. **Acta Bot. Bras.** 18: p.671-676. 2004.
- APG II. An Update of the Angiosperm Phylogeny Group Classification for the Orders and Families of Flowering Plants: APG II. **Botanical Journal of the Linnean Society** 141: 399-436. 2003.
- ARÉVALO J.R., FERNÁNDEZ-PALACIOS J.M. Spatial patterns of trees and juveniles in a laurel forest of Tenerife, Canary Islands. **Plant Ecol** 165, p.1-10. 2003.
- AUER, C. G.; GRAÇA, M. E. C. Método para seleção de mudas de canela-sassafrás a partir de fragmentos florestais remanescentes. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 30/31, p.75-77, 1995.
- AZAMBUJA, W. **Óleos Essenciais: O início de sua História no Brasil**. Disponível em: <<http://oleosessenciais.org/tag/safrol/>>. Acesso em: 21 dez. 2011.
- BADDELEY, A. Ajuda sobre a função “Kest”. **Pacote spatstat: R documentacion**. 2011.
- BADDELEY, A.J.; MØLLER, J.; WAAGESPETERSEN, R. Non- and semi-parametric estimation of interaction in inhomogeneous point patterns. **Statistica Neerlandica**, v. 54, p.329–350, 2000.
- BADDELEY, A. Analysing spatial point patterns in R. **Workshop Notes, Version 4.1**. CSIRO and University of Western Australia. p.232, 2010. Disponível em: <<http://www.csiro.org/files/files/piph.pdf>>. Acesso em: 24 jan. 2012.
- BADDELEY, A.; TURNER, R. Spatstat: an R package for analyzing spatial point patterns. **Journal of Statistical Software**, v.12 (6), p. 1-42., 2005. Disponível em: <[www.jstatsoft.org](http://www.jstatsoft.org)>. Acesso em: 12 set. 2011.
- BAILEY, T.C.; GATRELL, A.C. **Interactive Spatial Data Analysis**. New York, NY: John Wiley and Sons, 1995. 413p.
- BAROT, S.; GIGNOUX, J.; MENAUT, J. C. Demography of a savanna palm tree: predictions from comprehensive spatial pattern analyses. **Ecology**, v. 80, n. 6, p. 1987–2005, 1999.

BARREIRO, E. J.; FRAGA, C. A. M. A utilização do safrol, principal componente químico do óleo de sassafráz, na síntese de substâncias bioativas na cascata do ácido araquidônico: anti-inflamatórios, analgésicos e anti-trombóticos. **Química Nova**, v. 22, n. 5, p. 744–759, 1999. Disponível em: <[http://quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/1999/vol22n5/v22\\_n5\\_\(18\).pdf](http://quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/1999/vol22n5/v22_n5_(18).pdf)>. Acesso em: 20/6/2011.

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecology: from individuals to ecosystems**. 4 ed. Oxford: Blackwell, 2006. 738p.

BRODIE, C.; HOULLE, G.; FORTIN, M.J. Development of a *Populus balsamifera* clone in subarctic Québec reconstructed from spatial analyses. **J. Ecol.**, v.83, p.309-320. 1995.

BROTTO, M. L. **Estudo taxonômico do gênero *Ocotea* Aubl. (LAURACEAE) na Floresta Ombrófila Densa no estado do Paraná, Brasil**. 2010. 92 p. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal do Paraná, PR.

BUSING, R.T. Estimation of tree replacement patterns in an Appalachian Picea-Abies forest. **Journal of Vegetation Science**, v.7, n.5, p.685-694, oct. 1996.

CALDOTO, L. S.; VERA, N.; DONAGH, P. M. Estructura poblacional de *Ocotea puberula* em um bosque secundário y primário de la selva mixta misionera. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 25-32, 2003.

CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; II, F. M. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Garrido J Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0097849396000088>>. Acesso em 5/6/2011.

CAMARERO, J.J.; GUTIÉRREZ, E. Estructura, patrón espacial y regeneración de una población de *Pinus uncinata* Ram. en su límite occidental de distribución (Castillo de Vinuesa, Soria-La Rioja). **Zubía**, v. 17, p. 99-153, 1999.

CAPRETZ, R.L. **Análise dos padrões espaciais de árvores em quatro formações florestais do estado de São Paulo, através de análises de segunda ordem, como a função K de Ripley**. 2004. 79 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

CARMO, F.; BORGES, E.; TAKAKI, M. Alelopatia de extratos aquosos de canela-sassafrás (*Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer). **Acta Botanica Brasilica**, v. 21, n. 3, p. 697-705, 2007. Disponível em: <<http://www.scientificcircle.com/pt/133333/alelopatia-extratos-aquosos-canela-sassafras-ocotea-vell/>>. Acesso em: 13/6/2011.

CARVALHO, L. R. de. **Classificação fisiológica de sementes de espécies florestais quanto à capacidade de armazenamento**. 2000. 97p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo-PR: EMBRAPA-CNPQ/SPI. 1994. 640p.



CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras**. Brasília: Embrapa - Informação Tecnológica; Colombo-PR: Embrapa Florestas, 2003, v. 2, 1036 p.

CARVALHO, P. E. R. Canela-Sassafrás. **Circular técnica, 110**. Colombo: EMBRAPA Florestas, 2005. 12 p. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPF-2009-09/41471/1/circ-tec110.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2012.

CASTELLA, P. R.; BRITZ, R. M. **A floresta com araucária no Paraná: conservação e diagnóstico dos remanescentes florestais**. Brasília: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. 236p.

CETNARSKI FILHO, R. Regeneração natural de *Ocotea Odorifera* (Vell.) Rohwer (canela-sassafrás) em uma Floresta Ombrófila Mista, no estado do Paraná. 2003. 79 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

CHEN, J.; BRADSHAW, G. A. Forest structure in space: a case study of an old growth spruce-fir forest in Changbaishan Natural Reserve, PR China. **Forest Ecology and Management**, v. 120, p. 219-233, 1999. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037811279800543X>>. Acesso em: 15 jan. 2012.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 002, de 18 Março de 1994. Define as formações vegetais primárias, bem como os estágios sucessionais de vegetação secundária, com finalidade de orientar os procedimentos de licenciamento de exploração da vegetação nativa no Estado do Paraná. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 mar. 1994.

CONDIT, R.; ASHTON, P.; BAKER, P. BUNYAVEJCHEWIN, S.; GUNATILLEKE, S.; GUNATILLEKE, N.; HUBBELL, S.P.; FOSTER, R.B.; ITOH, A.; LAFRANKIE, J. V.; LEE, H. S.; LOSOS, E.; MANOKARAN, N.; SUKUMAR, R.; YAMAKURA, T. Spatial patterns in the distribution of tropical tree species. **Science**, v.288, p. 1414-1418, 2000.

CONNEL, J.H. On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in rain forest trees. In: DYNAMICS OF POPULATIONS, 1971, Wageningen, The Netherlands. Center for Agricultural Publishing and Documentation. 1971. p.298-313.

CRAWLEY, M.J. **Plant Ecology**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1986. 496p.

CRUZ, O. A. M.; RÍOS, R. V. **Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos**. Ibagué, Colombia: Universidad del Tolima, 2003. 235p. Disponível em: <<http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Evaluación+ecológica+y+silvicultural+de+ecosistemas+boscosos#0>>. Acesso em: 1 jun. 2011.

CRUZ ROT, M. Introducción al análisis de datos mapeados o algunas de las (muchas) cosas que puedo hacer si tengo coordenadas. **Ecosistemas**, Madrid, v. 15, n. 3, p. 19-39, set. 2006. Disponível em: <<http://www.doaj.org/doi/func=abstract&id=246676>>. Acesso em: 27 dez. 2011.

DIGGLE, P. J. **Statistical analysis of spatial point patterns**. London: Academic Press, 1983.

DIGGLE, P.J. **Statistical analysis of spatial point patterns** (2nd ed). London: Arnold, UK, 2003.

DIXON, P. **Spatial analysis of spatial point patterns**. 2 ed. London: Oxford University Press Inc., 2003. 159p.

DRUCK, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília: EMBRAPA, 2004. 209p.

DUBOIS, J. Los tipos de inventarios empleados en el manejo de los bosques tropicales, por sistemas naturales y seminaturales. Medellín, Col. Universidad Nacional de Colombia. 1980. 38p.

DUNCAN, R.P., STEWART, G.H. The temporal and spatial analysis of tree age distributions. **Can. J. For. Res.**, v.21, p.1703-1710, 1991.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

FERRETTI, A. R.; KAGEYAMA, P. Y.; ÁRBOCZ, G. de F.; SANTOS, J. D. dos; BARROS, M. I. A. de; LORZA, R. F.; OLIVEIRA, C. de. Classificação das espécies arbóreas em grupos ecológicos para revegetação com nativas no Estado de São Paulo. **Florestar Estatístico**, São Paulo, v. 3, n. 7, p. 73-84, 1995.

FIGUEIREIDO FILHO, A.; DIAS, A. N.; STEPKA, T. F.; SAWCZUK, A. R. Crescimento, mortalidade, ingresso e distribuição diamétrica em Floresta Ombrófila Mista. **FLORESTA**, v. 40, n. 4, p. 763-776, 2010.

FOOK, K. D. **Integração da estatística espacial em ambientes GIS**. 2005. 41 p. Monografia (Monografia de Qualificação em Computação Aplicada) - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, SÃO JOSÉ DOS CAMPOS/SP (INPE), São José dos Campos, SP. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/~karla/qualificacao.pdf>>. Acesso em: 5 fev. 2012.

GAUSE, G. F. **The struggle for existence**. 1934. Reprinted 1964. Hafner, New York.

GOODCHILD, M.F.; HAINING, R.P. GIS and spatial data analysis: covering perspectives. **Papers in Regional Science**, v.83, p.363-385, 2004. Disponível em: <[http://www.sbf.ulaval.ca/Cours/GGR-7025/Fichiers-7025/Cours/Article\\_analyse\\_spatiale/Goodchild\\_perspective.pdf](http://www.sbf.ulaval.ca/Cours/GGR-7025/Fichiers-7025/Cours/Article_analyse_spatiale/Goodchild_perspective.pdf)>. Acesso em: 14 fev. 2012.

GOREAUD, F.; PÉLISSIER, R. Avoiding misinterpretation of biotic interactions with the intertype K12-function: population independence vs. random labelling hypotheses. **Journal of Vegetation Science**, v. 14, n. 5, p. 681–692, 2003. Disponível em: <<http://online.library.wiley.com/doi/10.1111/j.1654-1103.2003.tb02200.x/full>>. Acesso em: 22/2/2012.

HAGAN, E. C.; JENNER, P. M.; JONES, W.I.; FITZHUGH, O. G.; LONG, E. L.; BROUWER, J.G.; WEBB, W.K. Toxic properties of compounds related to safrole. **Toxicology and Applied Pharmacology**, v. 7, p. 18-24, 1965.

HARDIN, G. The competitive exclusion principle. **Science** 131:1292-1297.1960.

HETT, J.M.; LOUCKS, O.L. Age structure models of Balsam fir and Eastern hemlock. **J. Ecol.**, v.64, p.1029-1044. 1976.

HUECK, K. Distribuição natural do pinheiro do paraná ( *Araucaria angustifolia*): contribuies para a pesquisa fitossociológica paulista. **Boletim geográfico do IBGE**, vol.19, n.165, p.710-723, 1953.

HIGUCHI, P.; SILVA, A. C. DA; BERG, E. VAN DEN; DANIEL SALGADO PIFANO. Associaes espaciais entre indivíduos de diferentes espécies de *Miconia spp.* RUIZ & PAV. (Melastomataceae). **Revista rvore**, v. 35, n. 3, p. 381-389, 2011.

HORVITZ, C.C. & LE CORFF, J. Spatial scale and dispersion pattern of ant and bird-dispersed herbs in two tropical lowland rain forests. *Vegetatio* 107: 351-362. 1993.

IARC. International Agency for Research on Cancer (IARC) **Safrole, Isosafrole, and Dihydrosafrole**. Summaries & Evaluations. vol. : 10 (1976) (p. 231). Disponível em: <<http://www.inchem.org/documents/iarc/vol10/safrole.html>>. Acesso em: 16 abr. 2012.

IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais. Portaria n 37, de 3 de abril de 1992. Reconhece como Lista Oficial de Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção a relação que se apresenta. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 06 abr. 1992.

IBAMA– Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais. **Carta imagem-Floresta Nacional de Irati (PR)**. Projeto mapa para todos, 2006. Disponível em: <[http://siscom.ibama.gov.br/mpt/PR/UC/FLONA\\_IRATI\\_PR\\_A2.pdf](http://siscom.ibama.gov.br/mpt/PR/UC/FLONA_IRATI_PR_A2.pdf)>. Acesso em: 06 mar. 2012.

INOUE, M. T.; RODERJAN, C. V.; KUNIYOSHI, Y. S. **Projeto Madeira do Paraná**. Curitiba: FUPEF-UFPR, 1984. 260p.

INPE, 2006: **Estimador por Kernel**. Tutorial do Spring 5.1. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/manuais.html>>. Acesso em 15 de Jan. 2012.

ITCG. Fitogeografia – Estado do Paraná. Curitiba. Arquivo DXF. Disponível em <<http://www.itcg.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php? conteudo=47>> Acesso em: 07 jan. de 2012.

JANZEN, D. H. Herbivores and the number of the tree species in tropical forest. **Am. Nat**, v. 104, p. 501-528, 1970.

KEIL, S. S.; REISSMANN, C. B.; PELLICO NETTO, S. Crescimento e Nutrição de *Ocotea odorifera* (Canela-sassafrás) Submetido  Fertilização e  Omissão de Nutrientes. **Pesquisa**

**Florestal Brasileira**, Colombo, PR, n. 58, p. 17-27, 2009. Disponível em: <<http://www.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/viewArticle/2>>. Acesso em: 13/6/2011.

LAW, R.; ILLIAN, J.; BURSLEM, D.F.R.P.; GRATZER, G.; GUNATILLEKE, C.V.S.; GUNATILLEKE, I. Ecological information from spatial patterns of plants: insights from point process theory. **Journal of Ecology**, v. 97, n. 4, p. 616–628, 2009. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2745.2009.01510.x/pdf>>. Acesso em: 05/01/2012.

LEHN, C. R.; SALIS, S. M.; MATTOS, P. P.; DAMASCENO JUNIOR, G. A. Estrutura e distribuição espacial de *Trichilia elegans* A. Juss. (Meliaceae) em uma floresta semidecídua no Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Rev. Biol. Neotrop.**, v. 5(2), p. 1-9, 2008.

LEITE, P. F.; KLEIN, R. M. Vegetação. In: **Geografia do Brasil: Região Sul**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1990. p. 113-150.

LOTWICK, H.W.; SILVERMAN, B.W. Methods for analysing spatial processes of several types of points. **Journal of the Royal Statistical Society, Série B**, v.44, p.406-413, 1982.

LUDWIG, J.A. e REYNOLDS, J.F. **Statistical ecology: a primer on methods and computing**. John Wiley & Sons, New York. 1988. 340p.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. Curitiba: BRDE/ IBPT/ UFPR, Editora Max Roesner, 1968. 350 p.

MATTEUCCI, W.G.; COLMA, A. **Metodología para el estudio de la vegetación**. Washington: OEA, 1982. 168p.

MAZZA, C. A. S. **Caracterização ambiental da paisagem da Microregião Colonial de Irati e zoneamento ambiental da Floresta Nacional de Irati, PR**. 2006. 147p. Tese (Doutorado em Ciências. Área concentração em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP.

MELLO, M.A.R. de. **Distribuição espacial de plantas em florestas Neotropicais**. 2002. 15p. Monografia (Disciplina: Ecologia de Populações de Plantas – NT238) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.ib.unicamp.br/profs/fsantos/nt238/2002/marco.pdf>>. Acesso em: 14 fev. 2012.

MILANESI, L.D.S. **Estudos sobre a biologia de canela-sassafrás [*Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer] na Mata Atlântica do Rio Grande do Sul**. 2008. Trabalho de conclusão (Curso de Ciências Biológicas: Ênfase Ambiental: Bacharelado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa nº6, de 23 de setembro de 2008. Reconhece como espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção aquelas constantes do Anexo I. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 24 set. 2008.

OLTRAMARI, A. C. **Engenharia do metabolismo de células de canela-sassafrás (*Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer): análise da produção de biomassa celular e da síntese de safrol.** 2002. 122p. Dissertação (Mestrado) - UFSC. Florianópolis, SC.

PÉLLICO NETO, S.; FABROWSKI, F. J.; WEBER, S. H. Análise da estrutura diamétrica do sassafrás (*Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer) em fragmentos florestais no município de Fazenda Rio Grande, Paraná. **Ambiência**, Guarapuava, v. 3, n. 2, p.167–181, 2007. Disponível em: <<http://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/viewArticle/312>>. Acesso em: 13 jun. 2011.

PERRY, G.L.W.; MILLER, B. P.; ENRIGHT, N. J. A comparison of methods for the statistical analysis of spatial point patterns in plant ecology. **Plant Ecology**, v.187(1), p.59-82. mar. 2006.

PIANKA, E.R. Evolutionary ecology. New York, Harper Collins College Publishers, 1994. 486p.

QUINET, A., BAITELLO, J.B., MORAES, P.L.R. de 2012. Lauraceae in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2011/FB008440>>. Acesso em: 14 fev. 2012.

R Development Core Team (2012). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

REITZ, R.; KLEIN, R.M.; REIS, A. Projeto Madeira de Santa Catarina. **Sellowia**. Itajaí , nº28-30, p.252-255, mai. 1978.

REITZ, R.; KLEIN, R.M.; REIS, A. Projeto Madeira do Rio Grande do Sul. **Sellowia**. Itajaí, nº34-35, p.411-416, dez. 1983.

RIPLEY, B.D. Modelling spatial patterns (with discussion). **Journal of the Royal Statistical Society**, series B, v.39, n.2, p.172–212, 1977.

RIPLEY, B.D. **Spatial Statistics**. New York: John Wiley and Sons, 1981. 252p.

RIPLEY, B.D. Statistical inference for spatial processes. Nova York: Cambridge University Press. 1988. 148p.

RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil: manual de dendrologia brasileira**. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1981. 269p.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACK, G. As unidades fitogeográficas do Estado do Paraná. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 24, p. 75-92, jan./jun. 2002.

ROSSI, L. **Aplicação de diferentes métodos de análise para determinação de padrão espacial de espécies arbóreas da floresta tropical úmida de terra firme**. 1994. 92p.

Dissertação (Mestrado em Manejo Florestal) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, AM.

ROZAS, V.; CAMARERO, J. J. Técnicas de análisis espacial de patrones de puntos aplicadas en ecología forestal. **Investigación agrária: Sistemas y recursos forestales**, v. 14, n. 1, p. 79–97, 2005. Disponível em: <<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1128433>>. Acesso em: 9 nov. 2011.

SALOMÃO, A. N.; BRANDÃO, J. E. M. de S.; SILVA, J. A. da. Distribuição geográfica de seis espécies florestais como subsídio para a escolha de áreas futuras de conservação “*in situ*”. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 4, pt. 4, p. 1199-1205, 1992.

SANQUETTA C. R. **Os números atuais da cobertura florestal do Paraná**. Documento *On line*. Ambiente Brasil. Ambiente Florestal. Disponível em: <[http://ambientes.ambientebrasil.com.br/florestal/artigos/os\\_numeros\\_atuais\\_da\\_cobertura\\_florestal\\_do\\_parana.html](http://ambientes.ambientebrasil.com.br/florestal/artigos/os_numeros_atuais_da_cobertura_florestal_do_parana.html)>. Acesso em: 28 de jan. 2012.

SEMA - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos; IAP – Instituto Ambiental do Paraná. Procedimento Operacional Padrão (POP) 005. Lista oficial de espécies da flora ameaçadas de extinção no Paraná. Jun. 2008.

SIDORUK VIDAL, M. A. **Análise biométrica da regeneração natural de algumas espécies em uma Floresta Estacional Semidecidual localizada no Município de Cássia-MG**. 2000. 104 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR .

SILVA, A. F. da; OLIVEIRA, R. V. de; SANTOS, N. R. L.; PAULA, A. de. Composição florística e grupos ecológicos das espécies de um trecho de floresta semidecídua submontana da Fazenda São Geraldo, Viçosa-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 311-319, 2003.

SILVA, M.A. da; MELLO, J.M. DE; SCOLFORO, J.R.S.; CZANCK JÚNIOR, L.; ANDRADE, I.S.; OLIVEIRA, A.D. de. Análise da distribuição espacial da candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish) sujeita ao sistema de manejo porta-sementes. **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 4, p. 311–316, 2008. Disponível em: <<http://132.248.9.1:8991/hevila/Cerne/2008/vol14/no4/4.pdf>>. Acesso em: 10/6/2011.

SILVA, K.E. da; MARTINS, S.V.; SANTOS, N. T.; RIBEIRO, C.A.A.S. Padrões espaciais de espécies arbóreas tropicais. In: MARTINS, S. V. (Ed.). **Ecologia de florestas tropicais do Brasil**. Viçosa: UFV, 2009. p. 216-244. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/885268>>. Acesso em: 28 dez. 2011.

SOUZA V. C.; LORENZI H. **Botânica Sistemática - Guia ilustrado para identificação das famílias de angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II**. Plantarum, Nova Odessa, 2005.

STERNER, R.W.; RIBIC, C.A.; SCHATZ, G.E. Testing for life historical changes in spatial patterns of four tropical tree species. **Journal of Ecology**, v.74, p. 621-633, 1986.

TERRADAS, J. **Ecología de la Vegetación. De la ecofisiología de las plantas a la dinámica de comunidades y paisajes.** Barcelona: Ediciones Omega, 2001. 703p.

USHIZIMA, T. M.; BERNARDI, J. V. E.; LANDIM, P. M. B. Estudo da distribuição espacial do angico (*Anadenanthera peregrina*) na floresta estadual “Edmundo Navarro de Andrade” - Rio Claro, SP, Brasil, empregando metodologia geoestatística. **Holos Environment**, v.3, n.1, p. 59–73, jun. 2003. Disponível em: <<http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/holos/article/viewArticle/1192>>. Acesso em 13 Jun. 2011.

VATTIMO, I de. Contribuição ao conhecimento da distribuição geográfica das Lauraceae III. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v.31, n.48, p.7– 57, 1979.

VELOSO, H.P.; GÓES-FILHO, L. **Fitogeografia brasileira - classificação fisionômico-ecológica da vegetação neotropical.** Salvador: Ministério das Minas e Energia, 1982. (Boletim Técnico do Projeto RADAMBRASIL, Série Vegetação 1:1-80).

VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação Brasileira, adaptada a um sistema universal.** Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1991. 124 p.

VELOSO, H.P.; FILHO, L.C.O.; VAZ, A.M.S.F.; LIMA, M.P.M.; MARQUETE, R.; BRAZÃO, J.E.M. **Manual técnico da vegetação brasileira.** Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) & Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1992.

WIEGAND, T.; MOLONEY, K. A. Rings, circles and null-models for point pattern analysis in ecology. **Oikos**, v.104, p.209-229. 2004.

## ANEXO I

### ROTINA PARA FAZER USO DA BIBLIOTECA (PACOTE) SPATSTAT NO SOFTWARE R

#### Principais funções utilizadas na análise dos dados da dissertação

Para fazer uso do pacote spatstat no R:

1. baixar o pacote sem descompactar na página do R, a partir do endereço eletrônico: <http://www.r-project.org/>;
2. "instalar" o código do pacote no sistema;
3. 'carregar' o pacote no R usando a biblioteca de comando (cada vez que iniciar o R);
4. Executar as funções e argumentos.

Passos (no Windows):

- Abrir o R.

- Selecionar o espelho para fazer download das bibliotecas necessárias, digitando:

```
> chooseCRANmirror(graphics = FALSE)
> 7
```

- Para instalar as bibliotecas necessárias Deldir e spatstat, digitar.

```
> install.packages("spatstat")
> install.packages("deldir")
```

- Para carregar as bibliotecas, digitar:

```
> library(spatstat)
```

RESPOSTA:

```
Carregando pacotes exigidos: mgcv
This is mgcv 1.7-13. For overview type 'help("mgcv-package")'.
Carregando pacotes exigidos: deldir
deldir 0.0-19
```

PLEASE NOTE: The components "delsgs" and "summary" of the object returned by deldir() are now DATA FRAMES rather than matrices (as they were prior to release 0.0-18). See help("deldir").

PLEASE NOTE: The process for determining duplicated points



has changed from that used in version 0.0-9 (and previously).

spatstat 1.27-0

Type `'help(spatstat)'` for an overview of spatstat

`'latest.news()'` for news on latest version

`'licence.polygons()'` for licence information on polygon calculations

As informações mostram que, antes de carregar spatstat, o sistema carrega a biblioteca deldir que é exigido pelo spatstat. Em seguida, o spatstat é carregado, mostrando o número da versão.

Para as demonstrações, foi utilizado o conjuntos de dados pontuais do Bloco 1 da área de estudo (FLONA de Irati, PR) com os argumentos das funções utilizados para analisar os dados dissertação.

### **Entrada dos dados no spatstat**

Passos:

- Ler os dados em R e convertê-los em um objeto da classe "ppp"

A leitura dos dados brutos no R foi implementada com arquivos de texto no formato de tabela. As tabelas foram geradas no software Excel a partir dos dados originais com o uso da ferramenta “Tabela dinâmica”. Os arquivos foram salvos em formato de texto (separado por tabulação).

Formato da tabela:

CoordX	CoordY
68.70	79.65
97.70	82.60
99.80	96.10
...	

Os dados são dispostos em linhas e colunas, uma linha para cada ponto espacial. A primeira linha no arquivo é a linha de cabeçalho, que rotula cada campo, sendo opcional.

Um campo contém dados (números – coordenadas X e Y).

Os campos são separados por tabulações.

Cada linha contém o mesmo número de campos.

Para ler os dados (arquivo de texto) no R, foi usado o comando `read.table`:

```
> blc9reg <- read.table("C:/Users/Home/Documents/Padrõesespaciais/blc9_reg.txt", header =
```

TRUE)

O objeto `blc9reg` resultante é um "quadro de dados" ("data frame") em R. Para visualizar os dados na tela, digitar o nome. Por exemplo:

```
> blc9reg
```

RESPOSTA:

	CoordX	CoordY
1	64.95	32.30
2	54.50	99.04
3	66.80	68.40
4	90.50	98.80
5	91.90	18.20
...	...	...
2840	89.00	38.50

Para extrair as colunas individuais do quadro de dados, usar os seguintes comandos:

```
> X <- blc9reg$ CoordX  
> Y <- blc9reg$ CoordY
```

As duas colunas de dados (`CoordX` e `CoordY`) foram extraídas e salvas como dois vetores de números, chamados de `X` e `Y`, respectivamente.

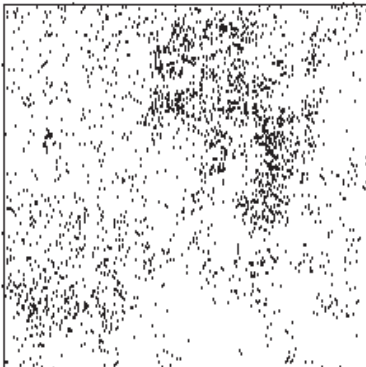
Para criar o padrão de ponto no plano bidimensional foi utilizada a expressão:

```
> blc9 <- ppp(X, Y, c(0, 100), c(0, 100))
```

O valor retornado pela função `ppp` é um objeto da classe "ppp" que representa um padrão de ponto dentro do retângulo envolvente (limitado pelas distâncias mínimas e máximas de 0 e 100 metros) da área de estudo (Bloco 1). Para visualizar o padrão de pontos na tela do R, digitar:

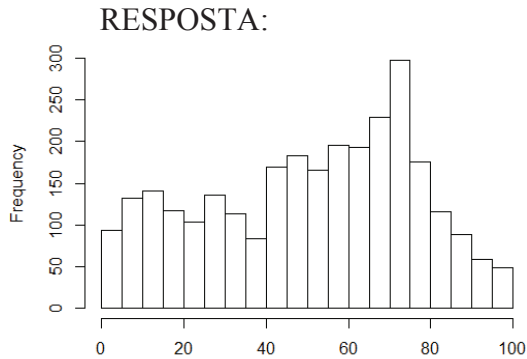
```
> plot(blc9, cex=0.3)
```

RESPOSTA:

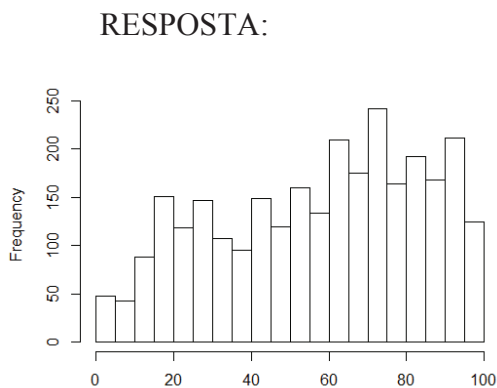


Com a função hist é possível calcular um histograma dos valores de dados para cada eixo dos valores da coordenadas.

```
> hist(bl9reg$ CoordX, nclass = 25)
```



```
> hist(bl9reg$ CoordY, nclass = 25)
```



Um resumo dos dados da regeneração de *O. odorifera* do Bloco 9 pode ser obtida a partir do comando:

```
> summary(bl9)
```

RESPOSTA:

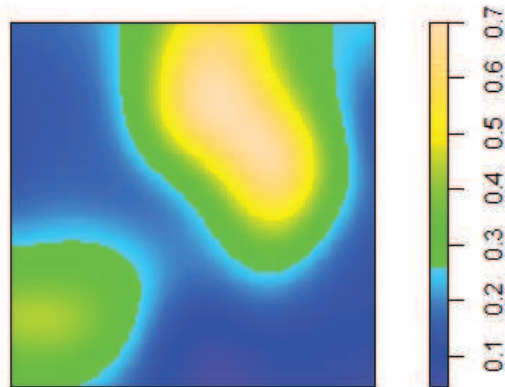
Planar point pattern: 2840 points  
Average intensity 0.284 points per square unit

Window: rectangle = [0, 100]x[0, 100]units  
Window area = 10000 square units

A estimativa de densidade (ou intensidade) de Kernel, é implementada no spatstat pelo comando:

```
< plot(density(bl9, 10))
```

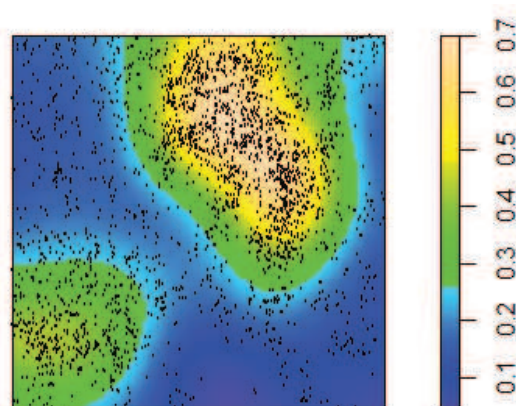
RESPOSTA:



Para visualizar o padrão de pontos sobre a imagem do Kenel, usar o comando:

```
> plot(bl9, add = TRUE, cex = 0.3)
```

RESPOSTA:

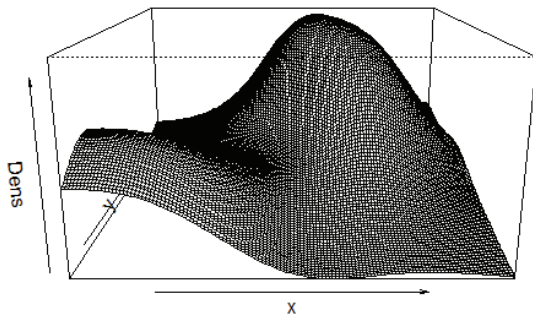


O valor retornado por `density.ppp` é uma imagem com pixel (objeto da classe "im"). Essa classe tem métodos de: impressão (*print*), resumo (*summary*), gráfico (*plot*), gráficos de contorno (*contour*), perspectiva 3 D (*persp*), e assim por diante.

Exemplos:

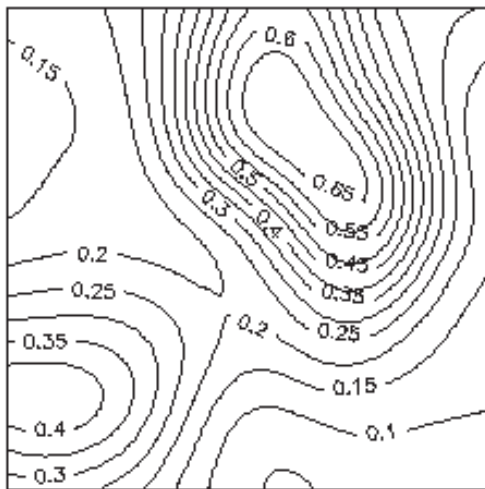
```
> persp(density(bl9))
```

RESPOSTA:



> `contour(density((blc9), 10), axes = FALSE)`

RESPOSTA:



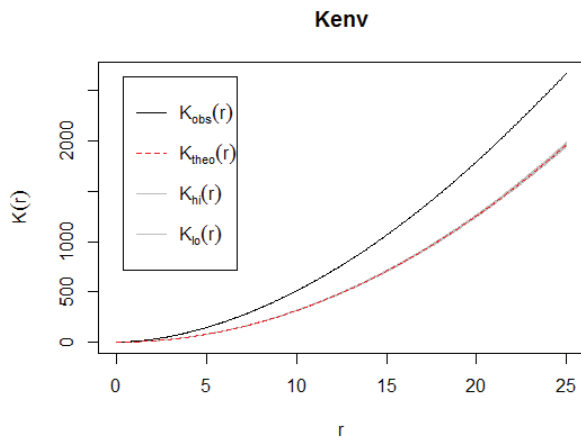
Para criar o envelope com 500 simulações e calcular a função  $K$  de Ripley, digitar:

> `Kenv=envelope(bl9,Kest, correction="Ripley",nsim=500)`

Para exibir o gráfico com envelope:

> `plot(Kenv)`

RESPOSTA:

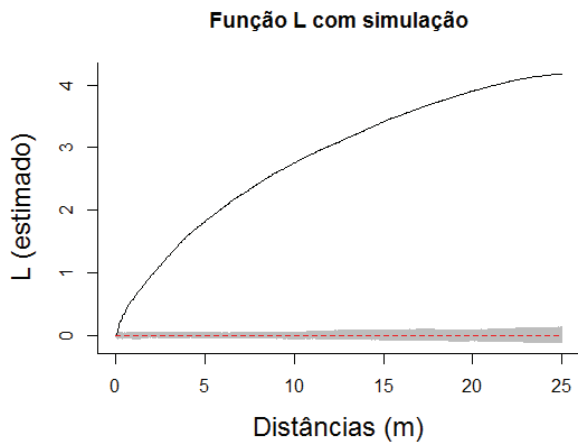


Para calcular a função  $L$

Aplica-se a transformação da raiz quadrada aos resultados Kenv:

```
>plot(Kenv, sqrt(./pi)-r~r, legend=F,ylab=list("L estimado",cex=1.5), main="Função L com
simulação", +xlab=list("Distâncias (m)",cex=1.5),bty="l",xlim=c(0,25))
```

RESPOSTA:



## Análises de interações (dependência espacial)

Para as análises bivariadas foram utilizadas tabelas de dados com informações adicionais chamado de "marca". Por exemplo, indivíduos de canela-sassáfras que são classificados em dois tipos diferentes (regenerantes, adultas), foi adicionado a marca que identifica qual o tipo (reg, adu).

As marcas associadas aos padrões de pontos (eventos) de canela-sassafrás foram armazenadas num vetor (com uma entrada para cada ponto).

Formato da tabela:

CoordX	CoordY	m
68.70	79.65	reg
97.70	82.60	adu
99.80	96.10	adu
...	...	...

Para ler os dados (arquivo de texto) no R, foi usado o comando `read.table`:

```
> blc9regadu <- read.table("C:/Users/Home/Documents/Interaçõesespaciais/blc9_regadu.txt",  
header = TRUE)
```

Para extrair as colunas individuais do quadro de dados, usar os seguintes comandos:

```
> X <- blc9_regadu$ CoordX  
> Y <- blc9_regadu$ CoordY  
> m <- blc9_regadu$ m
```

As três colunas de dados (CoordX, CoordY e m) foram extraídas e salvas como dois vetores de números, chamados de X e Y, respectivamente e um vetor categórico que contém o valor da marca para cada ponto.

Para criar o padrão de ponto marcado no plano bidimensional foi utilizada a expressão:

```
> blc9_regadu <- ppp(X, Y, c(0, 100), c(0, 100), marks=m)
```

Para análise bivariada foi utilizada a função (`Kcross`) que estima a função  $K$  *multitype*. O resultado é o número esperado de pontos de tipo j dentro de uma determinada distância de um ponto de tipo i.

Para criar o envelope para a função  $K_{ij}$  com 500 simulações por deslocamento aleatório (aleatoriamente muda apenas os pontos do padrão de ponto j). Existem modelos nulos alternativos.

```
K12 <- envelope(blc9_regadu, Kcross,correction="Ripley", nsim = 500, i = "adu", j = "reg",  
simulate = expression(rshift(blc9_regadu)))
```

Para exibir o gráfico com envelope:

```
> plot(K12)
```

Para calcular a função  $L_{ij}$  aplica-se a transformação da raiz quadrada aos resultados de K12:

```
plot(K12, sqrt(/pi)-r~r, legend=F,ylab=list("L12 (estimado)",cex=1.5), main="Função L  
bivariada", xlab=list("Distâncias (m)",cex=1.5),bty="l",xlim=c(0,25))
```



## ANEXO II

### DADOS DE REGISTRO DOS EXEMPLARES DAS ESPÉCIES NO HERBÁRIO (HUCO)

#### Material examinado

*Allophylus edulis* (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.

PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), X.2009, A. CHIQUETO *et al.* (HUCO 907, IRATI/PR); PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), X.2009, A. CHIQUETO *et al.* (HUCO 932, IRATI/PR).

*Banara tomentosa* Clos

PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), X.2009, A. CHIQUETO *et al.* (HUCO 985, IRATI/PR).

*Cabralea canjerana* (Vell.) Mart.

PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), X.2009, A. CHIQUETO *et al.* (HUCO 913, IRATI/PR).

*Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O.Berg

PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), X.2009, A. CHIQUETO *et al.* (HUCO 908, IRATI/PR).

*Casearia decandra* Jacq.

PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), X.2009, A. CHIQUETO *et al.* (HUCO 941, IRATI/PR). 941

PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), X.2009, A. CHIQUETO *et al.* (HUCO 970, IRATI/PR). 970

*Casearia lasiophylla* Eichler

PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), IX.2010, G.L. LOPES (HUCO 2842, IRATI/PR).

PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), X.2009, A. CHIQUETO *et al.* (HUCO 918, IRATI/PR).

*Casearia obliqua* Spreng.

PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), X.2009, A. CHIQUETO *et al.* (HUCO 979, IRATI/PR).

*Casearia sylvestris* Sw.

PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), X.2009, A. CHIQUETO *et al.* (HUCO 931, IRATI/PR).

*Cassia leptophylla* Vogel

PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), X.2009, A. CHIQUETO *et al.* (HUCO 971, IRATI/PR).

- Chrysophyllum gonocarpum* (Mart. & Eichler) Engl.  
 PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), V.2009, A. CHIQUETO *et al.* (644) (HUCO 3566, IRATI/PR).
- Chrysophyllum marginatum* (Hook. & Arn.) Radlk.  
 PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), V.2009, A. CHIQUETO *et al.* (316) (HUCO 3564, IRATI/PR).
- Cinnamodendron dinisii* Schwacke  
 PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), X.2009, A. CHIQUETO *et al.* (HUCO 925, IRATI/PR).
- Clethra scabra* Pers.  
 PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), X.2009, A. CHIQUETO *et al.* (HUCO 934, IRATI/PR).
- Coussarea contracta* (Walp.) Müll.Arg.  
 PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), IV.2009, A. CHIQUETO *et al.* (647) (HUCO 3553, IRATI/PR).
- Cupania vernalis* Cambess.  
 PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), X.2009, A. CHIQUETO *et al.* (HUCO 954, IRATI/PR).
- Dalbergia brasiliensis* Vogel  
 PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), X.2009, A. CHIQUETO *et al.* (HUCO 964, IRATI/PR).
- Ilex dumosa* Reissek  
 PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), X.2009, A. CHIQUETO *et al.* (HUCO 965, IRATI/PR).
- Ilex paraguariensis* A.St.-Hil.  
 PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), X.2009, A. CHIQUETO *et al.* (HUCO 915, IRATI/PR).
- PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), X.2009, A. CHIQUETO *et al.* (HUCO 960, IRATI/PR).
- Jacaranda micrantha* Cham.  
 PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), X.2009, A. CHIQUETO *et al.* (HUCO 949, IRATI/PR).
- Luehea divaricata* Mart.  
 PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), X.2009, A. CHIQUETO *et al.* (HUCO 933, IRATI/PR).

- Machaerium stipitatum* (DC.) Vogel  
 PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), X.2009, A. CHIQUETO *et al.* (HUCO  
 914, IRATI/PR).
- Matayba elaeagnoides* Radlk.  
 PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), X.2009, A. CHIQUETO *et al.* (HUCO  
 919, IRATI/PR).
- Myrciaria floribunda* (H. West ex Willd.) O. Berg  
 PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), X.2009, A. CHIQUETO *et al.* (HUCO  
 938, IRATI/PR).
- Myrsine coriacea* (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.  
 PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), IV.2009, A. CHIQUETO *et al.* (HUCO  
 3561, IRATI/PR).
- Myrsine umbellata* Mart.  
 PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), VI.2009, A. CHIQUETO *et al.* (608) (HUCO  
 3615, IRATI/PR).
- PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), VIII.2009, A. CHIQUETO *et al.* (HUCO  
 3562, IRATI/PR).
- Nectandra grandiflora* Nees  
 PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), X.2009, A. CHIQUETO *et al.* (HUCO  
 951, IRATI/PR).
- Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez  
 PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), X.2009, A. CHIQUETO *et al.* (HUCO 980,  
 IRATI/PR).
- Ocotea indecora* (Schott) Mez  
 PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), X.2009, A. CHIQUETO *et al.* (HUCO  
 944, IRATI/PR).
- Ocotea porosa* (Nees & Mart.) Barroso  
 PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), X.2009, A. CHIQUETO *et al.* (HUCO  
 981, IRATI/PR).
- Ocotea puberula* (Rich.) Nees  
 PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), X.2009, A. CHIQUETO *et al.* (HUCO  
 921, IRATI/PR).
- Piptocarpha angustifolia* Dusén  
 PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), X.2009, A. CHIQUETO *et al.* (HUCO  
 917, IRATI/PR).

- Psychotria vellosiana* Benth.  
 PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), X.2009, A. CHIQUETO *et al.* (HUCO 935, IRATI/PR).
- PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), X.2009, A. CHIQUETO *et al.* (HUCO 955, IRATI/PR).
- Quillaja brasiliensis* (A.St.-Hil. & Tul.) Mart.  
 PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), X.2009, A. CHIQUETO *et al.* (HUCO 909, IRATI/PR).
- Schefflera morototoni* (Aubl.) Maguire et al.  
 PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), X.2009, A. CHIQUETO *et al.* (HUCO 984, IRATI/PR).
- Styrax leprosus* Hook. & Arn.  
 PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), X.2009, G.L. LOPES (HUCO 2388, IRATI/PR).
- Symplocos tenuifolia* Brand  
 PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), X.2009, A. CHIQUETO *et al.* (HUCO 963, IRATI/PR).
- Vernonanthura discolor* (Spreng.) H.Rob.  
 PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), IX 2010, G.L. LOPES (HUCO 2356, IRATI/PR).
- PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), X 2009, E. Martins *et al.* (HUCO 2843, IRATI/PR).
- Zanthoxylum kleinii* (R.S.Cowan) P.G.Waterman  
 PARANÁ, Fernandes Pinheiro (FLONA), X.2009, A. CHIQUETO *et al.* (HUCO 961, IRATI/PR).