

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ANGELO ALBERTO PACHECO DOS SANTOS

AVALIAÇÃO FLORÍSTICA E ESTRUTURAL DE UMA FLORESTA OMBRÓFILA  
MISTA MONTANA URBANA

CURITIBA

2014

ANGELO ALBERTO PACHECO DOS SANTOS

AVALIAÇÃO FLORÍSTICA E ESTRUTURAL DE UMA FLORESTA OMBRÓFILA  
MISTA MONTANA URBANA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Florestais e da Madeira, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, linha de pesquisa em Manejo Florestal, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Sebastião do Amaral Machado

Co-orientadores: Prof. Dr. Franklin Galvão  
Prof. Dr. Afonso Figueiredo Filho

CURITIBA

2014

Ficha catalográfica elaborada por Denis Uezu – CRB 1720/PR  
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Santos, Angelo Alberto Pacheco dos

Avaliação florística e estrutural de uma floresta ombrófila mista montana urbana / Angelo Alberto Pacheco dos Santos. – 2014  
130 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Sebastião do Amaral Machado

Coorientadores: Prof. Dr. Franklin Galvão

Prof. Dr. Afonso Figueiredo Filho

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 17/03/2014.

Área de concentração: Manejo Florestal

1. Comunidades vegetais - Paraná. 2. Levantamentos florestais - Paraná. 3. Teses. I. Machado, Sebastião do Amaral. II. Galvão, Franklin. III. Figueiredo Filho, Afonso. IV. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. V. Título.

CDD – 634.9

CDU – 634.0.182(816.2)

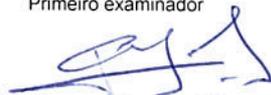


Universidade Federal do Paraná  
Setor de Ciências Agrárias - Centro de Ciências Florestais e da  
Madeira  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

**PARECER**  
Defesa nº. 1036

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após arguir o(a) mestrando(a) *Angelo Alberto Pacheco dos Santos* em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado "**AVALIAÇÃO FLORÍSTICA E ESTRUTURAL DE UMA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA URBANA**", é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do(a) acadêmico(a), habilitando-o(a) ao título de *Mestre* em Engenharia Florestal, área de concentração em MANEJO FLORESTAL.

  
*Dr. Edilson Batista de Oliveira*  
Embrapa/Florestas  
Primeiro examinador

  
*Dr. Roman Carlos Rios*  
Universidade Federal do Paraná  
Segundo examinador

  
*Dr. Sebastião do Amaral Machado*  
Universidade Federal do Paraná  
Orientador e presidente da banca examinadora



Curitiba, 17 de março de 2014.

  
**Antonio Carlos Batista**  
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal





Aos meus pais Afonso Pacheco dos Santos e Vera Lúcia Machado dos Santos

Dedico

## **AGRADECIMENTOS**

Ao professor Sebastião do Amaral Machado e aos professores Franklin Galvão e Afonso Figueiredo Filho, pela orientação e convivência enriquecedora.

Aos colegas e Engenheiros Florestais Tomaz Longhi Santos, Naiara Teodoro Zamin, Bruno Henrique Czelusniak, Bruno Palka Miranda, Santiago Velazco, Eldemar Jaskiu e também aos colegas e Yuri Accioly, Claudia Carla Cardozo, Thaís Reis, Gustavo Maçaneiro, Caleb Lima e José Elias Mellek pela colaboração com este trabalho e pela amizade.

Aos colegas Engenheiros Florestais Rodrigo Geroni Mendes Nascimento, Saulo Jorge Téó, Alan Lessa Derci Augustynczick, Luis Cezar Rodrigues da Silva e Jaçanan Eloisa de Freitas Milani pela convivência e amizade.

Ao professor Décio José de Figueiredo por toda a formação, aconselhamento e amizade.

A todos os professores do programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná pelos ensinamentos e colaboração para execução deste trabalho e pela minha formação acadêmica e profissional.

Aos meus pais e irmãos por todo suporte e amor.

Eu sou a Terra  
tua mãe; aquela em cujas veias de pedra,  
até a última fibra da mais altaneira árvore,  
cujas folhas tênues tremiam no ar gelado,  
a alegria fluiu, como sangue num organismo vivo,  
quando tu, do teu seio, como uma nuvem  
de glória, ascendeste, um espírito de vívida alegria.

P. B. Shelley

## RESUMO

A intensa exploração da Floresta Ombrófila Mista no último século resultou em uma drástica redução de sua área, que antes ocupava aproximadamente 8 milhões de hectares apenas no Estado do Paraná. Desta forma, surgiu nos últimos anos a necessidade de gerar conhecimento acerca da estrutura dos remanescentes dessa formação, a fim de auxiliar na elaboração e planejamento de novas técnicas que permitam conservar e utilizar racionalmente esse recurso. Esta pesquisa foi concebida com o objetivo avaliar a florística e a estrutura de um fragmento de 15,24 ha de Floresta Ombrófila Mista localizado em Curitiba, Paraná, onde foi realizado um inventário a 100% ou censo. Para isto, a área foi dividida em blocos de 50 x 50 m, os quais foram georreferenciados a partir de quadrícula de um mapa da região e materializados em campo com o uso de teodolito. Utilizando faixas de controle de 10 x 50 m nos blocos, cada indivíduo arbóreo com DAP a partir de 10 cm foi medido, numerado, identificado e mapeado. De posse da base de dados, procederam-se as análises de agrupamento e discriminante para formação de grupos florísticos homogêneos, nos quais foram analisados a fitossociologia e a estrutura diamétrica. Das análises de agrupamento e discriminante obteve-se quatro grupos florísticos distintos, onde foram obtidas 10 variáveis (espécies) discriminantes, das quais *Schinus terebinthifolius*, *Gochnatia polymorpha* e *Symplocos tetrandra* foram as espécies com maior poder discriminante. Realizando as análises fitossociológicas dos grupos formados, foram identificados 4 estratos distintos, sendo dois estratos típicos de Floresta Ombrófila Mista Montana, Floresta Ombrófila Mista Aluvial e Floresta Ombrófila Mista Moantana de borda. Nos estratos de Floresta Ombrófila Mista Montana de borda e Floresta Aluvial destacaram-se *Gochnatia polymorpha*, *Schinus terebinthifolius* e *Sebastiania commersoniana*. Nas duas associações de Floresta Ombrófila Mista Montana, as espécies mais importantes foram *Araucaria angustifolia*, *Casearia sylvestris*, *Symplocos tetrandra*, *Casearia obliqua*, *Jacaranda puberula*, *Luehea divaricata*, *Myrcia hatschbachii* e *Ocotea puberula*. A distribuição diamétrica de todos os estratos foi decrescente ou em forma de J-invertido. Em cada estrato foi delimitada uma parcela para aplicação da função K de Ripley, a fim de investigar o padrão e a relação espacial das espécies mais importantes de cada grupo florístico, as quais foram analisadas também as suas distribuições diamétricas. A maior parte das espécies estudadas apresentou distribuição diamétrica decrescente e o padrão de distribuição espacial agregado. As espécies com distribuição diamétrica unimodal ou próximas da normal tenderam a apresentar o padrão de distribuição espacial aleatório. A análise da relação espacial entre as espécies demonstrou que as dominantes do dossel e com distribuição diamétrica unimodal como *Araucaria angustifolia*, *Myrcia hatschbachii* e *Ocotea puberula* tendem a ter relação de repulsão ou inibição entre si e as demais espécies, enquanto que espécies com distribuição diamétrica decrescente tendem a formar agregados.

Palavras chave: Análise de agrupamento e discriminante. Fitossociologia. Função K de Ripley.

## ABSTRACT

The intense exploitation of Mixed Ombrophylous Forest in the last century, has resulted in a drastic reduction of its area, which once occupied approximately 20 million hectares only in the State of Paraná. Within this context, emerged in recent years the need to generate knowledge about the structure of these remnants in order to assist in the development and planning of new techniques to conserve and rationally use this resource. This research was designed to evaluate the floristic and structure of a fragment of 15.24 ha of Mixed Ombrophylous Forest located in Curitiba, Paraná, southern Brazil, where a forest census was conducted. The area was divided into blocks of 50 x 50 m, which were georeferenced from the northern grid of a map of the area and materialized on the field with the use of a theodolite. Using bands of 10 x 50 m in the blocks, each tree with DBH above 10 cm was measured, numbered, identified and mapped. Obtained the database, the cluster and discriminant analysis were proceeded in order to form homogeneous floristic groups, in which it analysed the phytosociology and diametric structure. The Cluster and discriminant analysis allowed to obtain four distinct floristic groups, with 10 discriminant variables (species), which *Schinus terebinthifolius*, *Gochnatia polymorpha* and *Symplocos tetrandra* were the species with the highest discriminant score. Performing the phytosociological analysis of the groups, four strata were identified, two typical strata of Mixed Ombrophylous Montane Forest, edge Mixed Ombrophylous Montane Forest and Alluvial Forest. In the strata of edge Mixed Ombrophylous Forest and Alluvial Forest the most important species were *Gochnatia polymorpha*, *Schinus terebinthifolius* and *Sebastiania commersoniana*. In the two associations of Mixed Ombrophylous Forest, the most important species were *Araucaria angustifolia*, *Casearia sylvestris*, *Symplocos tetrandra*, *Casearia obliqua*, *Jacaranda puberula*, *Luehea divaricata*, *Myrcia hatschbachii* and *Ocotea puberula*. The diametric distribution of all strata was inverted J or decreasing distribution. In each stratus a parcel for the application of Ripley's K function was defined in order to investigate the pattern and the spatial relationship of the most important species of each floristic group, which were also analyzed their diametric distributions. Most of the studied species presented decreasing diametric distribution and aggregated pattern of distribution. The species with unimodal or near normal diametric distribution tended to show the random pattern of spatial distribution. The analysis of spatial relationship between species showed that canopy species with unimodal diametric distribution as *Araucaria angustifolia*, *Myrcia hatschbachii* and *Ocotea puberula* tend to have repulsion relationship between themselves and the other species, while species with decreasing diametric distribution tend to form aggregates.

Key words: Cluster and discriminant analysis. Phytosociology. Ripley's K function.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – FOTO AÉREA DO CAMPUS JARDIM BOTÂNICO DA UFPR. ....	28
FIGURA 2 – CLASSES DE SOLOS E DECLIVIDADE AO LONGO DO GRADIENTE DE ALTITUDE DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (CAPÃO DA ENGENHARIA FLORESTAL) EM CURITIBA – PARANÁ. ....	29
FIGURA 3 – PLANTA DO CAMPUS JARDIM BOTÂNICO DA UFPR – ANO BASE 2002. ....	31
FIGURA 4 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA LOCALIZAÇÃO DO CAPÃO DA ENGENHARIA E DOS BLOCOS DELIMITADOS NA ÁREA DE ESTUDO. ....	32
FIGURA 5 – PROCEDIMENTO DE DIVISÃO DOS BLOCOS EM SUB-BLOCOS. ....	33
FIGURA 6 – DETALHE DOS PROCEDIMENTOS DE CAMPO PARA COLETA DE DADOS. ....	34
FIGURA 7 – DENDROGRAMA (CLUSTER) AGRUPANDO BLOCOS PELO MÉTODO DE LIGAÇÃO WARD E A DISTÂNCIA EUCLIDIANA QUADRADA. ....	49
FIGURA 8 – AGRUPAMENTO DOS 67 BLOCOS COM SIMILARIDADE NO VALOR DE COBERTURA. ....	50
FIGURA 9 – MAPA TERRITORIAL DOS GRUPOS FLORÍSTICOS DETERMINADOS COM SEUS RESPECTIVOS CENTRÓIDES. ....	58
FIGURA 10 – DISPERSÃO ESPACIAL DE <i>Gochnatia polymorpha</i> EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA EM CURITIBA – PR. ....	60
FIGURA 11 – DISPERSÃO ESPACIAL DE <i>Schinus terebinthifolius</i> EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA EM CURITIBA – PR. ....	61
FIGURA 12 – DISPERSÃO ESPACIAL DE <i>Symplocos tetrandra</i> EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA EM CURITIBA – PR. ....	62
FIGURA 13 – DELIMITAÇÃO FINAL DOS ESTRATOS OU GRUPOS FLORÍSTICOS OBTIDOS EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA EM CURITIBA - PR. ....	63

FIGURA 14 – VALOR DE IMPORTÂNCIA PARA AS OITO PRIMEIRAS ESPÉCIES DO GRUPO 1.....	68
FIGURA 15 – VALOR DE IMPORTÂNCIA PARA AS OITO PRIMEIRAS ESPÉCIES DO GRUPO 2.....	70
FIGURA 16 – VALOR DE IMPORTÂNCIA PARA AS OITO PRIMEIRAS ESPÉCIES DO GRUPO 3.....	71
FIGURA 17 – VALOR DE IMPORTÂNCIA PARA AS OITO PRIMEIRAS ESPÉCIES DO GRUPO 4.....	73
FIGURA 18 – FREQUÊNCIA (N/HA) POR CLASSE DE DIÂMETRO (DAP CM) DE CADA GRUPO. ....	78
FIGURA 19 – FREQUÊNCIA (N/HA) POR CLASSE DE DIÂMETRO (DAP CM) DAS ESPÉCIES ESTUDADAS NA FLORESTA DE BORDA E FLORESTA ALUVIAL. ....	90
FIGURA 20 – ANÁLISE DO PADRÃO ESPACIAL DAS ESPÉCIES ESTUDADAS NO ESTRATO DE FLORESTA DE BORDA E FLORESTA ALUVIAL. A) ANÁLISE UNIVARIADA PARA CAE; B) MAPA DAS ESPÉCIES. ....	92
FIGURA 21 – ANÁLISE DA RELAÇÃO ESPACIAL ENTRE AS DUAS ESPÉCIES PRINCIPAIS DO ESTRATO DE FLORESTA ALUVIAL.....	93
FIGURA 22 – FREQUÊNCIA (N/HA) POR CLASSES DE DIÂMETRO (DAP CM) DAS PRINCIPAIS ESPÉCIES COMUNS EM DUAS ASSOCIAÇÕES DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA. ....	98
FIGURA 23 – FREQUÊNCIA (N/HA) POR CLASSES DE DIÂMETRO (DAP CM) DAS PRINCIPAIS ESPÉCIES EM DUAS ASSOCIAÇÕES DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA. ....	99
FIGURA 24 – ANÁLISE DO PADRÃO ESPACIAL DE ESPÉCIES ARBÓREAS COMUNS A DOIS ESTRATOS DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA. ....	102
FIGURA 25 – ANÁLISE DO PADRÃO ESPACIAL DE ESPÉCIES ARBÓREAS PRESENTES EM DOIS ESTRATOS DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA.....	103
FIGURA 26 – MAPA DAS ESPÉCIES ARBOREAS PRESENTES EM DOIS ESTRATOS DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA. ....	104

FIGURA 27 – RELAÇÃO ESPACIAL ENTRE ESPÉCIES ARBÓREAS DE UM ESTRATO FLORESTAL EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA (GRUPO 3). .....	108
FIGURA 28 – RELAÇÃO ESPACIAL ENTRE ESPÉCIES ARBÓREAS DE UM ESTRATO FLORESTAL EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (GRUPO 4). .....	110

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – ESTATÍSTICA DO TESTE DE SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES (ESPÉCIES) PARA A MATRIZ SECUNDÁRIA.....	53
TABELA 2 – ESTATÍSTICA DO TESTE DE SELEÇÃO DE VARIÁVEIS DISCRIMINANTES, EM ORDEM DE ENTRADA APÓS 10 STEPS. ....	55
TABELA 3 – COEFICIENTES DA FUNÇÃO DE CLASSIFICAÇÃO OBTIDOS PARA AS VARIÁVEIS SELECIONADAS POR GRUPO. ....	55
TABELA 4 – AUTOVALORES E ESTATÍSTICA DO TESTE DE SELEÇÃO DAS FUNÇÕES DISCRIMINANTES. ....	56
TABELA 5 – COEFICIENTES PADRONIZADOS DAS FUNÇÕES DISCRIMINANTES CANÔNICAS.....	57
TABELA 6 – CENTRÓIDES DAS FUNÇÕES DISCRIMINANTES CANÔNICAS AVALIADOS PARA OS CINCO GRUPOS FLORÍSTICOS.....	57
TABELA 7 – MATRIZES DE CLASSIFICAÇÃO PARA A ANÁLISE DISCRIMINANTE DE 4 GRUPOS.....	59
TABELA 8 – LISTA DE ESPÉCIES ENCONTRADAS EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBROFILA MISTA EM CURITIBA – PR.....	64
TABELA 9 – RESULTADO DO AGRUPAMENTO E AS PRINCIPAIS ESPÉCIES DISCRIMINANTES EM CADA GRUPO.....	67
TABELA 10 – FLORÍSTICA E ÍNDICES DE DIVERSIDADE PARA TODA A ÁREA DE ESTUDO E POR GRUPO FLORÍSTICO. ....	76
TABELA 11 – TESTE T DE HUTCHESON PARA OS VALORES PAREADOS DO ÍNDICE DE SHANNON ENTRE CADA GRUPO.....	76
TABELA 12 – ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DOS DIÂMETROS (CM) DOS INDIVÍDUOS DE CADA GRUPO FLORÍSTICO. ....	79
TABELA 13 – RESULTADO DOS TESTES DE KOLMOGOROV-SMIRNOV DAS DISTRIBUIÇÕES DIAMÉTRICAS ENTRE OS 4 GRUPOS FLORÍSTICOS ESTUDADOS. ....	79
TABELA 14 – ESPÉCIES SELECIONADAS EM CADA GRUPO FLORÍSTICO PARA AVALIAÇÃO DA ESTRUTURA DIAMÉTRICA E ESPACIAL. ....	86

TABELA 15 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS DIÂMETROS (CM) DOS INDIVÍDUOS PARA AS ESPÉCIES ESTUDADAS NA FLORESTA DE BORDA E NA FLORESTA ALUVIAL.....	89
TABELA 16 – ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DOS DIÂMETROS (CM) DE ESPÉCIES EM COMUM ESTUDADAS EM DOIS ESTRATOS DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA.....	96
TABELA 17 – ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DOS DIÂMETROS (CM) DE ESPÉCIES ESTUDADAS EM DOIS ESTRATOS DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA.....	97
TABELA 18- RESUMO DA RELAÇÃO ESPACIAL ENTRE ESPÉCIES ARBÓREAS DE DOIS ESTRATOS DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA .....	112

## SUMÁRIO

1 ASPECTOS GERAIS DA PESQUISA .....	15
1.1 INTRODUÇÃO GERAL .....	15
1.2 OBJETIVOS.....	16
1.2.1 Objetivo geral.....	16
1.2.2 Objetivos específicos .....	17
1.3 REVISÃO DE LITERATURA .....	17
1.3.1 Floresta Ombrófila Mista .....	17
1.3.2 Parâmetros Fitossociológicos.....	19
1.3.3 Análise Multivariada .....	20
1.3.3.1 Análise de Agrupamentos e Discriminante .....	22
1.3.4 Composição Florística.....	23
1.3.5 Distribuição Diamétrica .....	25
1.3.6 Análise Espacial.....	25
1.4 MATERIAIS.....	27
1.4.1 Caracterização da Área de Estudo.....	27
1.4.2 Base de Dados.....	29
1.4.2.1 Georreferenciamento do capão da engenharia florestal .....	30
1.4.2.2 Coleta de dados .....	32
2 ANÁLISE DE AGRUPAMENTO E DISCRIMINANTE PARA DISTINÇÃO DE GRUPOS DE ESPÉCIES ARBÓREAS ESTABELECIDAS EM UMA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA. ....	35
2.1 INTRODUÇÃO .....	37
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	38
2.2.1 Análise Fitossociológica .....	39
2.2.2 Análise de agrupamento para determinação de grupos florísticos .....	39

2.2.3	Análise discriminante .....	42
2.2.4	Análise da composição florística e fitossociológica dos grupos formados .....	45
2.2.5	Distribuição diamétrica .....	47
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	47
2.3.1	Análise de agrupamento .....	48
2.3.2	Análise discriminante .....	50
2.3.3	Delimitação final dos estratos ou grupos florísticos formados .....	60
2.3.3	Composição florística e fitossociológica dos grupos formados .....	63
2.3.3.1	Grupo 1 – Floresta Ombrófila Mista Montana de borda .....	68
2.3.3.2	Grupo 2 – Floresta Ombrófila Mista Aluvial .....	69
2.3.3.3	Grupo 3 – Floresta Ombrófila Mista Montana I .....	71
2.3.3.4	Grupo 4: Floresta Ombrófila Mista Montana II .....	73
2.3.4	Diversidade Florística .....	74
2.3.5	Distribuição Diamétrica .....	76
2.4	CONCLUSÕES .....	81
3	ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA E ESPACIAL DE ESPÉCIES ARBÓREAS DE UMA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA EM CURITIBA, PARANÁ. ....	82
3.1	INTRODUÇÃO .....	84
3.2	MATERIAL E MÉTODOS .....	85
3.2.1	Distribuição diamétrica .....	86
3.2.2	Análise Espacial .....	87
3.3	RESULTADOS .....	88
3.3.1	Grupos 1 e 2 – Floresta Ombrófila Mista Montana de borda e Floresta Ombrófila Mista Aluvial .....	88
3.3.1.1	Distribuição Diamétrica .....	88
3.3.1.2	Distribuição espacial .....	91
3.3.2	Grupos 3 e 4 – Floresta Ombrófila Mista Montana I e II .....	94

3.3.2.1 Distribuição diamétrica .....	94
3.3.2.2 Distribuição espacial .....	99
3.4 CONCLUSÕES .....	113
CONCLUSÕES GERAIS.....	114
REFERÊNCIAS .....	115
APÊNDICES .....	122

## 1 ASPECTOS GERAIS DA PESQUISA

### 1.1 INTRODUÇÃO GERAL

A Floresta Ombrófila Mista ou Floresta com Araucária compreende uma das formações vegetacionais típicas dos planaltos da região Sul do Brasil, que ocupava uma área de aproximadamente 20 milhões de hectares, sendo 40% desse total só no estado do Paraná. Devido à grande exploração ao longo dos anos, essa tipologia no estado do Paraná foi reduzida para cerca de 2,5 milhões hectares, predominantemente secundária, em estágio inicial, médio e avançado de sucessão, dispersa em fragmentos e capões (FUPEF, 2001).

Para que as Florestas com Araucária sejam efetivamente conservadas e coloquem a disposição do homem todos os seus benefícios diretos e indiretos é necessário gerar conhecimento acerca da estrutura dos remanescentes, auxiliando, assim, a elaboração de novas técnicas de manejo que permitam conservar esse recurso.

A fitossociologia é um ramo da geobotânica que se ocupa do estudo da composição, desenvolvimento, distribuição geográfica e relações ambientais das comunidades de plantas. A análise da estrutura fitossociológica permite aludir sobre a gênese e adaptações das espécies, sua inter-relação com as outras espécies e o meio em que coabitam, bem como a dinâmica atual e possibilidades de seu futuro desenvolvimento e sua diversidade (UBIALLI, 2007).

Os diversos fatores ambientais e espécies podem ser investigados com técnicas estatísticas da análise multivariada. Estas técnicas são essenciais em diversas áreas do conhecimento, sendo empregadas para o agrupamento, classificação ou simplesmente na exploração dos dados.

A estrutura espacial das espécies de uma floresta é um forte indicador das relações existentes entre os indivíduos. A análise da distribuição espacial permite estimar o efeito da competição entre as árvores na dinâmica da floresta. Permite também conhecer as restrições do ambiente às espécies, as estratégias de dispersão, a independência ou grau de dependência entre duas espécies, e ainda, ajudar a compreender diferentes associações florísticas e formações florestais.

A fim de gerar conhecimento acerca da estrutura dos remanescentes da Floresta Ombrófila Mista, este estudo buscou avaliar a florística e a estrutura de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista localizado em Curitiba, estado do Paraná. O fragmento estudado, embora de extensão relativamente pequena, apresenta variações quanto às suas condições edáficas e geomorfológicas, e por decorrência disto, apresenta diferenças na composição florística da floresta. A fim de detectar estas variações na cobertura vegetal, foram aplicadas técnicas de análise multivariada para tratar dados de fitossociologia, dividindo a área em estratos homogêneos, para posterior análise da florística, diversidade e estrutura diamétrica. Foi avaliada também a estrutura diamétrica e espacial das principais espécies em cada estrato.

Desta forma, este trabalho foi estruturado em 3 capítulos. No primeiro, são apresentados os aspectos gerais da pesquisa – a definição dos objetivos, o embasamento teórico, a descrição da área de estudo e da coleta de dados. No segundo, são aplicadas as técnicas de análise multivariada e fitossociologia, e são explorados os aspectos gerais da comunidade vegetal arbórea estudada, como sua diversidade, composição e estrutura diamétrica. No terceiro, são explorados os aspectos das principais espécies arbóreas da floresta, especificamente suas distribuições diamétricas e padrões de distribuição espacial.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Verificar a existência de diferentes grupos florísticos arbóreos em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana Urbana em Curitiba, Paraná.

### 1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos foram:

- a) comparar e avaliar a diversidade florística, a estrutura horizontal e diamétrica entre os agrupamentos formados;
- b) avaliar e verificar a influência da distribuição diamétrica das principais espécies arbóreas dos agrupamentos sobre a sua distribuição espacial.

## 1.3 REVISÃO DE LITERATURA

### 1.3.1 Floresta Ombrófila Mista

A Floresta Ombrófila Mista constitui-se de uma formação florestal típica dos planaltos do Sul do Brasil, e caracteriza-se pela presença marcante de *Araucaria angustifolia* e está relacionada intimamente às maiores altimetrias, sendo o seu limite inferior de ocorrência normalmente em 500 m s.n.m. (MAACK, 2012). No estado do Paraná, ocorre no primeiro planalto, imediatamente a oeste da Serra do Mar, estendendo-se pelo segundo e terceiro planaltos. Nesta região, as temperaturas são baixas e as geadas são comuns. Em muitos locais, esta formação divide a paisagem com campos naturais. Apresenta ainda disjunções nas serras do Mar e Mantiqueira, sugerindo que em condições climáticas passadas tenha se expandido bem mais ao norte (VELOSO *et al.*, 1991).

Segundo Veloso *et al.* (1991), a Floresta Ombrófila Mista apresenta quatro formações distintas: Aluvial, em terraços antigos ao longo dos flúvios; Submontana, de 50 até mais ou menos 400 m de altitude; Montana, de 400 até mais ou menos 1000 m de altitude; e Altomontana, situada acima de 1000 m de altitude.

A Floresta Ombrófila Mista Aluvial corresponde às florestas ripárias, ou também denominadas de florestas ciliares ou de galeria, que se desenvolvem às margens de rios que percorrem terrenos de geomorfia plana até suave-ondulada, muitas vezes fazendo limite a várzeas. A fisionomia é estruturalmente caracterizada

por uma densidade elevada de indivíduos médios e pequenos, com o dossel variando entre 10 e 20 m de altura. Podem apresentar diferentes graus de desenvolvimento, desde comunidades simplificadas pelo grau de hidromorfia dos solos, como Gleissolos e Fluvisolos, onde *Sebastiania commersoniana* é a espécie mais característica, até associações mais complexas, em que *Araucaria angustifolia* tem participação expressiva na fisionomia, geralmente associada a *Schinus terebinthifolius*, *Allophylus edulis*, *Blepharocalyx salicifolius*, *Vitex megapotamica* e menos frequentemente a *Luehea divaricata*, *Syagrus romanzoffiana*, *Erithryna crista-galli* e *Salix humboldtiana* no estrato superior, sendo comuns nos estratos inferiores *Myrciaria tenella*, *Myrceugena euosma*, *Calyptranthes concinna*, *Daphnopsis racemosa* e *Psychotria carthagenensis* (RODERJAN *et al.*, 2002).

Segundo o IBGE (1992), a faixa altitudinal de ocorrência da Floresta Ombrófila Mista Montana se situa entre 400 e 1000 m de altitude. No entanto, alguns autores, tais como Leite & Klein (1990) e Roderjan *et al.* (2002), argumentam que as comunidades típicas dessa formação ocorrem em altitudes superiores a 800 m de altitude. Abaixo desta faixa de altitude, há o início da transição entre a Floresta Ombrófila Mista Montana e a Floresta Ombrófila Densa (no leste) ou a Floresta Estacional Semidecidual (no oeste). Na Floresta Ombrófila Mista Montana, *Araucaria angustifolia* forma um estrato dominante e contínuo acima de 30 metros de altura, onde diferentes espécies ocorrem associadas, sendo comuns *Ocotea porosa*, *O. puberula*, *O. pulchella* (Lauraceae), *Capsicodendron dinisii* (Canellaceae), *Gochnatia polymorpha* (Asteraceae), *Podocarpus lambertii* (Podocarpaceae), *Ilex paraguariensis* (Aquifoliaceae), *Cedrela fissilis* (Meliaceae), *Campomanesia xanthocarpa* (Myrtaceae), *Matayba elaeagnoides* (Sapindaceae), *Sloanea lasiocoma* (Elaeocarpaceae), *Luehea divaricata* (Tiliaceae), *Mimosa scabrella* (Mimosaceae), *Dalbergia brasiliensis* (Fabaceae), *Jacaranda puberula* e *Tabebuia alba* (Bignoniaceae) (Roderjan, Kuniyoshi e Galvão, 1993). Nos estratos inferiores são comuns inúmeros representantes de Myrtaceae, notadamente dos gêneros *Myrcia*, *Eugenia*, *Calyptranthes* e *Gomidesia*, acompanhados de Flacourtiaceae (*Casearia* e *Xylosma*), Sapindaceae (*Allophylus* e *Cupania*), Rutaceae, Symplocaceae e Aquifoliaceae (RODERJAN *et al.*, 2002). O epifitismo é presente, no entanto, de modo bem menos expressivo do que ocorre na Floresta Ombrófila Densa.

No estado do Paraná, acima de 1200 m s.n.m, ocupando uma superfície pouco expressiva, encontram-se as formações alto-montanas. Fisionomicamente

são similares às montanhas, no entanto, pelo rigor climático, possuem menor diversidade florística (RODERJAN *et al.*, 2002). A Floresta Ombrófila Mista Submontana é encontrada apenas sob a forma de pequenos fragmentos localizados em vários pontos do Craton Sul-Rio Grandense (VELOSO *et al.*, 1991).

A formação ocupava originalmente uma área de aproximadamente 20 milhões de hectares e, devido à grande exploração ao longo dos anos, esta área foi reduzida a 2.506.485 hectares distribuídos entre florestas secundárias em estágio inicial (1.164.425 ha), médio (1.200.168 ha), e avançado de sucessão (141.892 ha) (FUPEF, 2001).

De acordo com Schaaf *et al.* (2006), recuperar e preservar os recursos advindos de remanescentes da Floresta Ombrófila Mista não se consegue apenas pelo emprego da força de lei, sendo necessário além disso, conhecer os atributos da floresta através do levantamento das suas estruturas verticais e horizontais.

### 1.3.2 Parâmetros Fitossociológicos

A fitossociologia é um ramo da geobotânica que se ocupa do estudo da composição, desenvolvimento, distribuição geográfica e relações ambientais das comunidades de plantas (MUELLER-DOMBOIS & ELLENBERG, 1974). A análise da estrutura fitossociológica permite aludir sobre a gênese e adaptações das espécies, sua inter-relação com as outras espécies e o meio em que coabita, bem como a dinâmica atual e possibilidades de seu futuro desenvolvimento (UBIALLI, 2007). A análise da estrutura horizontal da floresta pode ser feita por meio de indicadores dos quais podem se citar a frequência, densidade, dominância, o valor de cobertura e o valor de importância.

A frequência consiste da probabilidade de encontrar um ou mais indivíduos em uma unidade amostral particular. É expressa como porcentagem do número de unidades amostrais em que os atributos aparecem em relação com o número total de unidades amostrais (LAMPRECHT, 1964). Para Mueller-Dombois & Ellenberg (1974) a frequência relativa é a proporção, expressa em porcentagem, entre a

frequência absoluta de cada espécie e a frequência absoluta total (soma das frequências absolutas de todas as espécies) por unidade de área.

A densidade é o número de indivíduos em uma área determinada e é estimada pela contagem do número de indivíduos desta área. Para Longhi (1980), a densidade refere-se à abundância, que consiste do número de árvores por espécies. Distinguem-se abundâncias absolutas (número de indivíduos por espécie) e relativas (participação percentual de cada espécie no total de árvores). Para Oosting (1951), a densidade consiste na abundância por unidade de área, a qual se refere ao número médio de indivíduos, por superfície tomada como amostra.

Segundo Lamprecht (1990), a dominância é o grau de cobertura das espécies como expressão do espaço por elas requerido e definem-se pelo somatório de todas as projeções horizontais da vegetação sobre o solo. Esse mesmo autor explica que, em virtude da complexa estrutura vertical das florestas tropicais, é extremamente difícil e dispendioso determinar as projeções das copas e por este motivo, é mais usual utilizar a área basal dos indivíduos para expressar o parâmetro dominância. Esse procedimento justifica-se pela alta correlação existente entre o diâmetro dos fustes e o diâmetro das copas, conforme comprovado por LONGHI (1980).

### 1.3.3 Análise Multivariada

Quando se analisa o mundo que nos cerca, observa-se que todos os fenômenos, sejam eles culturais ou naturais, envolvem um grande número de variáveis. As diversas ciências têm a pretensão de conhecer a realidade, e de interpretar os acontecimentos e os fenômenos, baseadas no conhecimento das variáveis envolvidas, consideradas importantes nesses eventos. Estabelecer relações, encontrar, ou propor leis explicativas é papel próprio da ciência. Para isso, é necessário controlar, manipular e medir as variáveis que são consideradas relevantes ao entendimento do fenômeno analisado. Muitas são as dificuldades em traduzir as informações obtidas em conhecimento, principalmente quando se trata da avaliação estatística das informações.

Os métodos estatísticos, para analisar variáveis, estão dispostos em dois grupos: um que trata as variáveis de maneira isolada – a estatística univariada, e outro que olha as variáveis de forma conjunta – a estatística multivariada (VICINI, 2005). A estatística multivariada consiste em um conjunto de métodos estatísticos utilizados em situações nas quais muitas variáveis são medidas simultaneamente em cada elemento amostral, e em geral as variáveis são correlacionadas entre si e quanto maior o número de variáveis, mais complexa torna-se a análise por métodos de estatística univariada (MINGOTI, 2005).

Embora historicamente o uso de métodos multivariados esteja relacionado a trabalhos de Psicologia, Ciências Sociais e Biológicas, graças ao grande avanço da tecnologia computacional e ao grande número de *softwares* estatísticos com módulos de análise multivariada implementados, estes métodos têm sido aplicados a um grande universo de áreas diferentes, como Educação, Geologia, Química, Física, Engenharia entre outros (LONGHI, 1997; FERREIRA *et al.*, 1999; CHRISTOFOLETTI *et al.*, 2005; MINGOTI, 2005; BAKKE *et al.*, 2008).

De acordo com Mingoti (2005), a estatística multivariada se divide em dois grupos: um primeiro, consistindo em técnicas exploratórias de sintetização da estrutura de variabilidade dos dados, e um segundo, consistindo em técnicas de inferência estatística. Fazem parte do primeiro grupo métodos como a análise de componentes principais, análise fatorial, análise de correlações canônicas, análise de agrupamentos, análise discriminante e análise de correspondência. No segundo grupo encontram-se os métodos de estimação de parâmetros, testes de hipóteses, análise da variância, de covariância e de regressão multivariadas.

Em linhas gerais, estes métodos são utilizados com o propósito de simplificar ou facilitar a interpretação do fenômeno que está sendo estudado pela construção de índices ou variáveis alternativas que sintetizem a informação original dos dados; construir grupos de elementos amostrais que apresentem similaridade entre si, possibilitando a segmentação do conjunto de dados original; investigar as relações de dependência entre as variáveis respostas associadas ao fenômeno e outros fatores, muitas vezes com objetivo de predição; comparar populações ou validar suposições com testes de hipóteses (MINGOTI, 2005).

### 1.3.3.1 Análise de Agrupamentos e Discriminante

A análise de agrupamentos, também conhecida como análise de conglomerados ou *cluster*, tem como objetivo dividir os elementos de uma amostra, ou população em grupos, de forma que os elementos pertencentes a um mesmo grupo sejam similares entre si no que se refere às variáveis que neles foram medidas, e os elementos em grupos diferentes sejam heterogêneos em relação a estas mesmas características (MINGOTI, 2005). Desta forma, a análise de agrupamento difere dos métodos de classificação, que partem de um número conhecido de grupos e nos quais o objetivo é atribuir novas observações a um destes grupos predeterminados (JOHNSON & WICHERN, 2002).

Entre os métodos de classificação, está a análise discriminante, que pode ser utilizada para classificar elementos de uma amostra ou população, e ainda indicar os objetos com maior poder de discriminação dos grupos em que eles se encontram. Para a sua aplicação, é necessário que os grupos para os quais cada elemento amostral pode ser classificado sejam predefinidos, ou seja, conhecidos *a priori*, considerando-se suas características gerais (MINGOTI, 2005).

Asensio (1989) divide os objetivos da Análise Discriminante em dois grupos: os descritivos, quando se deseja uma representação do conjunto das observações que permita verificar a existência da presença de grupos bem diferenciados e, quando se pretende encontrar a variável ou o conjunto de variáveis que melhor discriminam os grupos preestabelecidos de observações; e os decisoriais, quando se trata de reclassificar certas observações do conjunto inicial e, quando se deseja classificar novas observações em um dos grupos.

Utilizadas em conjunto, as análises de agrupamento e discriminante, tornaram-se nas últimas décadas, ferramentas amplamente utilizadas para o estudo da vegetação, com o objetivo de classificar e discriminar espécies de diferentes sucessões e fitofisionomias, estratificar a altura e volume de florestas, ou diferenciar grupos ecológicos.

Rode (2008) utilizou as análises de agrupamento e discriminante para formar grupos florísticos, discriminar e avaliar espécies importantes na composição florística de duas áreas – a regeneração natural sob um povoamento de araucária com 60 anos de idade e uma Floresta Ombrófila Mista – localizadas na Floresta Nacional de

Irati, estado do Paraná. Seis grupos florísticos foram determinados pela análise de agrupamento e com a análise discriminante, pelo método *stepwise*, obteve-se 12 variáveis (espécies) com poder de discriminar os grupos formados.

Longhi (1997) utilizou as análises de agrupamento e discriminante em comunidades florestais na sub-bacia hidrográfica do rio Passo Fundo – RS com finalidade de proporcionar subsídios em programas de recuperação e utilização racional da vegetação. Após a obtenção de seis grupos, envolvendo 169 parcelas de 10 x 100 m, utilizando como variáveis o valor de cobertura de 92 espécies, o autor obteve sete espécies com real poder de discriminação entre os grupos.

Souza *et al.* (2003), estudando a Mata da Silvicultura localizada no município de Viçosa – MG, propuseram um método de estratificação vertical de florestas empregando técnicas de análise multivariada. Os autores montaram uma matriz em que cada variável  $x_{ij}$  representou a altura total da  $i$ -ésima árvore classificada na  $j$ -ésima classe de altura total, a qual foi empregada para as análises de agrupamento e discriminante. A aplicação da análise de agrupamento resultou em agrupamentos hierárquicos e sequenciais, e permitiu estratificar a floresta em três grupos distintos, denominados de estratos de altura total (inferior, médio e superior). A análise discriminante demonstrou que a classificação foi 100% correta, indicando que o método de estratificação empregado provou ser uma ferramenta técnica e operacionalmente viável, podendo ser empregada nas análises estruturais de florestas, principalmente para estudos fitossociológicos e para elaboração e execução de planos de manejo florestal sustentável.

#### 1.3.4 Composição Florística

Segundo KIMMINS (1987), fundamentalmente a diversidade refere-se ao número de espécies diferentes que ocorrem em uma comunidade, entretanto, o autor aponta que a diversidade expressa em termos de uma lista de espécies não fornece um quadro adequado da diversidade desta comunidade, porque a abundância e a importância relativa das espécies podem variar.

Para ODUM (1988), o conceito de diversidade de espécies possui dois componentes: a riqueza, também chamada de densidade de espécies, baseada no

número total de espécies presentes, e a uniformidade, baseada na abundância relativa (ou em outra medida de 'importância') de espécies e no grau de sua dominância.

Segundo Margalef (1989), pode servir de índice de diversidade qualquer função monótona que tenha um valor mínimo, quando todos os indivíduos pertencem a uma mesma espécie, e um máximo, quando cada indivíduo pertence a uma espécie distinta, e que, ainda, reúna certas condições como: ser pouco sensível à extensão de uma amostra e ser invariável a certo número de operações de seleção realizadas nas unidades de amostra, tal como o processo de amostragem.

Longhi (1980) utilizou um dos índices de diversidade mais simples, o quociente de mistura de Jentsch para medir a intensidade de mistura de espécies e a heterogeneidade florística da floresta. Schaaf (2001), trabalhando na mesma área de estudo, comparou o quociente de mistura de Jentsch ao índice de Odum, concluindo que este último possui maior sensibilidade em detectar o aumento proporcional do número de espécies, uma vez que a redução do valor do índice é diretamente proporcional ao logaritmo neperiano do número de indivíduos.

Outra medida simples baseada na relação quantitativa de espécies é o índice de Simpson (SHIMWELL, 1972), que mede a probabilidade de dois indivíduos selecionados ao acaso pertencerem à mesma espécie.

O índice de Shannon ( $H'$ ) pressupõe que a heterogeneidade pode ser equiparada com a quantidade de incerteza que existe na seleção aleatória de um indivíduo de determinada espécie em uma população e quanto mais espécies existem e mais homogênea é sua distribuição, maior a diversidade (SHANNON, 1948). Segundo Longhi (1997), este índice assume que todas as espécies estão representadas na amostra, e seu valor varia de 1,5 a 3,5 (raramente passa de 4,5).

Odum (1988) comenta que o índice de Simpson atribui maior peso às espécies comuns, enquanto o índice de Shannon atribui maior peso às espécies raras, sendo melhor para ser usado em comparações quando não se deseja separar os dois componentes da diversidade.

Para Pielou (1975), a diversidade de uma comunidade depende de dois fatores: o número de espécies e a igualdade com que os indivíduos estão distribuídos entre eles, e para descrever a diversidade da comunidade somente em termos do seu índice de diversidade, estes dois fatores se tornam confusos; uma comunidade com poucas espécies uniformemente distribuídas pode ter o mesmo

índice de diversidade que aquelas com muitas espécies não uniformemente distribuídas. Baseado neste conceito e na fórmula do índice de Shannon ( $H'$ ), esse autor desenvolveu um índice de igualdade ou equabilidade ( $J'$ ) de espécies.

### 1.3.5 Distribuição Diamétrica

Segundo O'Brien & O'Brien (1995), a estrutura de uma floresta pode ser explicada pela sua distribuição diamétrica, a qual é definida pela caracterização do número de árvores por unidade de área e por classe de diâmetro. A distribuição diamétrica é a ferramenta mais simples e poderosa para explicar a estrutura de uma floresta e de um modo geral, o diâmetro se relaciona muito bem com outras variáveis importantes como volume, altura e tipificação de produtos (ARCE, 2004).

Segundo Scolforo (2006), em florestas, por não terem idade definida, a distribuição diamétrica é importante, pois mostra a amplitude dos diâmetros, em que classe diamétrica se concentra o maior número de árvores, permite distinguir diferentes tipos florestais e fornece base para identificar o nível de regeneração da floresta, sendo ainda uma importante medida de estoque. Ainda segundo esse autor, a distribuição decrescente ou em forma de "J invertido" é característica de florestas onde há regeneração contínua, o que é o caso da maioria das florestas, porém distribuições unimodais podem ser encontradas quando se consideram espécies de forma isolada, indicando nesse caso, que a regeneração natural está sendo influenciada por algum fator.

### 1.3.6 Análise Espacial

A distribuição espacial das espécies é uma ferramenta que auxilia na compreensão dos seus aspectos ecológicos, possibilitando analisar resultados que podem ajudar na compreensão da dependência espacial das espécies e do seu padrão de distribuição (CONDIT *et al.*, 2000; HAASE *et al.*, 1996), auxiliando em processos de amostragem e monitoramento de espécies vegetais em unidades de

conservação (PEREIRA *et al.*, 2006).

Existem inúmeras metodologias desenvolvidas para se realizar a análise de um padrão de distribuição espacial. Destacam-se, entre estas técnicas, o índice de sociabilidade (GALVÃO, 1989), o índice de Morisita (GOMES, 2004), o índice de agregação de Payandeh (NASCIMENTO *et al.*, 2001) e a função K de Ripley (RODE *et al.*, 2011; MACHADO *et al.*, 2012).

A função K de Ripley é um método baseado em contagem e distância, que exige o conhecimento das coordenadas (x, y) de cada evento. As distâncias entre todos os pares de indivíduos na área de estudo são consideradas, sendo K, uma função de distribuição cumulativa das distâncias entre todos os indivíduos (PENTTINEN *et al.*, 1992). Desta forma, a função pode ser usada na análise de populações florestais em que se conhecem as coordenadas dos indivíduos. Basicamente o procedimento consiste em um círculo de raio **s** centrado em cada árvore e onde o número de vizinhos presentes dentro da área deste círculo é contado (ANJOS *et al.*, 2004). De acordo com Ripley (1977), com a variação do raio **s** é possível detectar o padrão espacial em diferentes escalas, sendo esta a principal vantagem da função K em relação a outros métodos utilizados em análises de distribuição espacial.

Métodos de distância para padrões pontuais usualmente começam pela estimativa de uma função não paramétrica. No caso da função K, as estimativas são comparadas visualmente com os valores esperados para um processo pontual de Poisson (CUNHA, 2003).

Em processos espaciais de Completa Aleatoriedade Espacial (CAE), caso univariado, K(s) é igual à área do círculo de raio **s**:  $K(s) = \pi \cdot s^2$ . A análise da função é feita graficamente onde K(s) está no eixo das ordenadas e as distâncias s(m) no eixo das abscissas. Para facilitar a visualização dos desvios em relação à hipótese nula, é freqüentemente utilizada a transformação da função K(s) para  $L(s) = \frac{\sqrt{K(s)}}{\pi - s}$  (ANJOS *et al.*, 2004; PEREIRA, 2006). Deste modo, em um gráfico, picos positivos indicam padrão de agregação e picos negativos indicam padrão de regularidade. Para avaliar a significância, envelopes de confiança ou envelopes de simulação são construídos através de simulações Monte Carlo de m processos aleatórios com n eventos (CUNHA, 2003). Se o resultado das simulações dos processos aleatórios não permanecer dentro do envelope de confiança, rejeita-se a hipótese de nulidade,

onde o padrão de distribuição espacial é completamente aleatório.

A hipótese de Completa Independência Espacial (CIE) pode ser utilizada para avaliação de dois processos. Nesse caso, a função investiga a relação espacial entre dois grupos de árvores, sejam grupos de diferentes espécies ou ainda diferentes classes de DAP e altura. Envelopes de confiança são gerados e sua interpretação é análoga à função univariada. Valores positivos da função indicam tendências em direção à atração ou associação, e valores negativos remetem-se à repulsão ou inibição. Dentro dos envelopes de confiança se aceita a hipótese nula de CIE (CAPRETZ, 2004).

## 1.4 MATERIAIS

### 1.4.1 Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo compreende um fragmento de Floresta Ombrófila Mista, conhecido como Capão da Engenharia Florestal, situado em Curitiba, estado do Paraná, entre as coordenadas 25°26'50" e 25°27'33"S e 49°14'16" e 49°14'33"W, a aproximadamente 900 m de altitude. Segundo classificação de Koppën, o clima é classificado como Cfb: subtropical úmido mesotérmico de verões frescos, inverno com geadas freqüentes, sem estação seca. As temperaturas médias anuais nos meses quentes e frios são inferiores a 22 e 18° C, respectivamente, sendo a temperatura média anual de 17° C. As respectivas médias anuais de umidade relativa do ar e precipitação nesta região são iguais a 85% e 1300 a 1500mm (RONDON NETO *et al.*, 2002).

A área total do remanescente estudado é de aproximadamente 15,24 ha, sendo 12,96 ha ocupados por Floresta Ombrófila Mista (RONDON NETO *et al.*, 2002). Por se tratar de uma área urbana, observa-se um alto nível de antropização, principalmente nas bordaduras do capão, onde prevalecem capoeiras e capoeirões, com presença marcante de taquarais, em uma área de aproximadamente 2,28 ha (FIGURA 1).



FIGURA 1 – FOTO AÉREA DO CAMPUS JARDIM BOTÂNICO DA UFPR.

FONTE: Universidade Federal do Paraná.

Dados de solos e declividade obtidos da área de estudo e cedidos pelo Laboratório de Manejo de Bacias Hidrográficas e Qualidade de Água da UFPR são resumidos na FIGURA 2. Foram coletados dados a partir de tradagens e perfis de solos instalados ao longo de uma faixa latitudinal localizada na porção leste da área, de forma a coletar dados ao longo do maior gradiente de altitude do capão. Desta forma, a área foi dividida em topo, terço superior, terço médio, terço inferior e planície.

No topo e terço superior o solo foi classificado como CAMBISSOLO HÚMICO Álico, pouco profundo, textura muito argilosa. O relevo é plano a suave ondulado (0 a 8% de declividade) e o solo é bem drenado.

No terço médio o solo foi classificado como CAMBISSOLO HÚMICO Tb Distrófico, pouco profundo, textura muito argilosa. O relevo é ondulado (14% de declividade) e o solo é moderadamente drenado a bem drenado.

No terço inferior o solo foi classificado como CAMBISSOLO gleissólico, com horizonte A proeminente, pouco profundo, textura argilosa. O relevo é forte ondulado (26 %) de pente curta.

Na planície foram encontradas as seguintes classes de solo: GLEISSOLO HÁPLICO com horizonte A moderado, textura argilosa, relevo suave ondulado (5%) e nível freático a 30 cm; NEOSSOLO FLÚVICO gleissólico com horizonte A moderado, textura argilosa, relevo plano (2%) e nível freático a 20 cm.

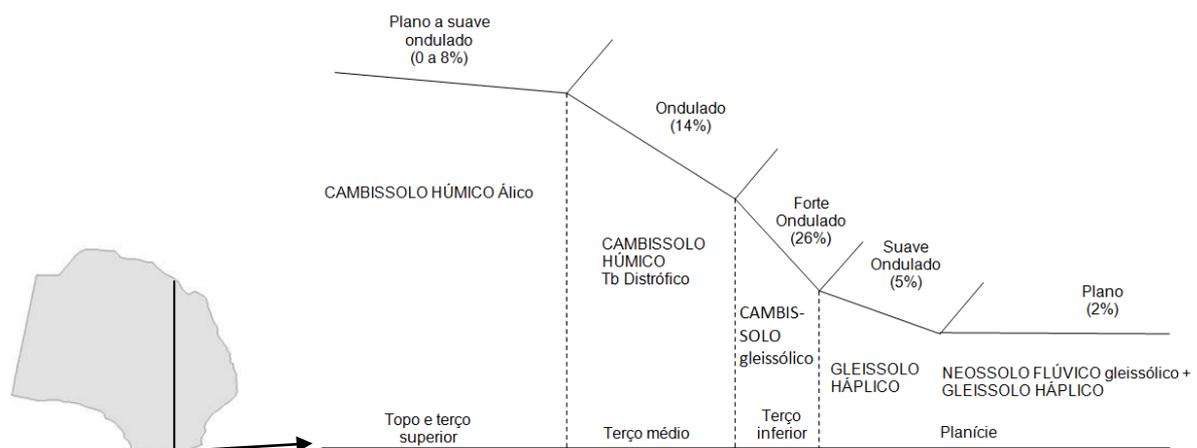


FIGURA 2 – CLASSES DE SOLOS E DECLIVIDADE AO LONGO DO GRADIENTE DE ALTITUDE DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (CAPÃO DA ENGENHARIA FLORESTAL) EM CURITIBA – PARANÁ.

FONTE: Laboratório de Manejo de Bacias Hidrográficas e Qualidade de Água da UFPR (2013).

#### 1.4.2 Base de Dados

Os dados utilizados nesta pesquisa são provenientes de um censo realizado no Capão da Engenharia Florestal durante os anos de 2009 e 2010 pelo Laboratório de Dendrometria da Universidade Federal do Paraná. Nos itens subsequentes é

abordada a metodologia utilizada para a coleta e consolidação das informações desta base.

#### 1.4.2.1 Georreferenciamento do capão da engenharia florestal

Para o planejamento de todo trabalho, primeiramente foram utilizadas fotos aéreas (FIGURA 1) e uma planta do Campus Jardim Botânico do ano de 2002 (FIGURA 3). De posse destes materiais procedeu-se à elaboração de um novo mapa com quadriculado de 50 x 50 metros, referenciado pelo sistema de coordenadas UTM, sendo que as linhas do quadriculado foram tomadas como base para o georreferenciamento da área, conforme apresentado na FIGURA 4.

A partir da planta do Campus Jardim Botânico foi realizada a marcação de um ponto inicial com coordenada UTM conhecida que atendesse aos seguintes critérios: possuir a linha norte-sul cruzando o capão ao meio e as coordenadas UTM “cheias”, ou seja, com números inteiros para facilitar a determinação das coordenadas dos cruzamentos dos blocos e; estar em um local de fácil acesso e boa visibilidade.

Para a materialização das linhas internas do Capão, utilizou-se um teodolito, com o qual foi possível demarcar as linhas no sentido norte-sul e leste-oeste, a partir do ponto inicial anteriormente marcado, tomando-se como referência o norte de quadricula. Desta forma, o capão foi dividido em blocos de 50 x 50m e com coordenadas UTM conhecidas nos cruzamentos das linhas. Os cruzamentos foram marcados com tubos de PVC e as distâncias de 50 m medidas com trena. Para a marcação das distâncias e definição do local de instalação dos pontos, foram alinhadas balizas a cada 10 m, de acordo com o reticulado do teodolito, tomando-se os devidos cuidados para que a trena estivesse sempre na horizontal, evitando-se assim erros devido à declividade do terreno. Os mapas e equipamentos utilizados nesta fase do trabalho foram cedidos pela Universidade Federal do Paraná (Departamento de Ciências Florestais e Departamento de Geomática).

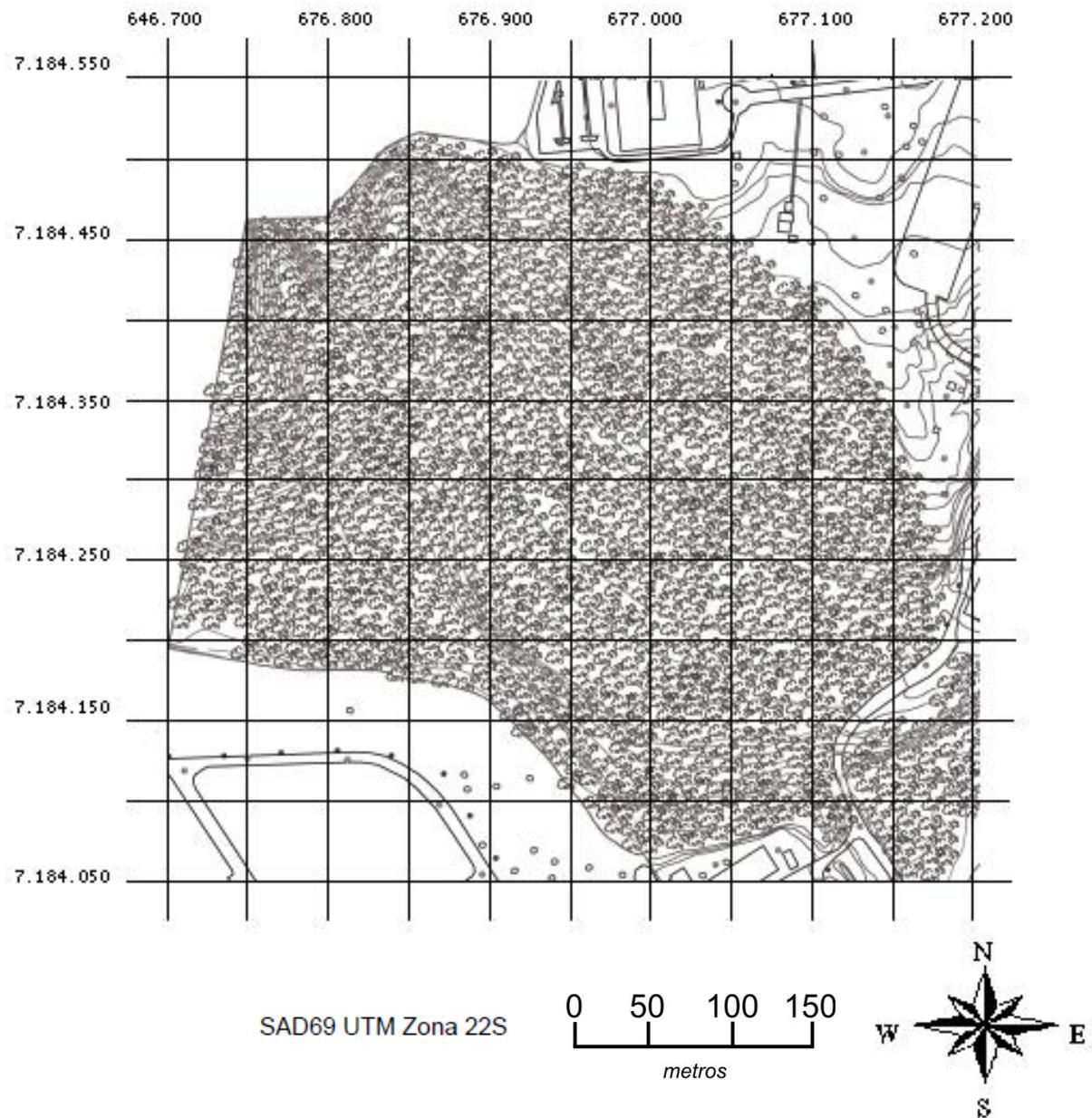


FIGURA 3 – PLANTA DO CAMPUS JARDIM BOTÂNICO DA UFPR – ANO BASE 2002.

FONTE: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

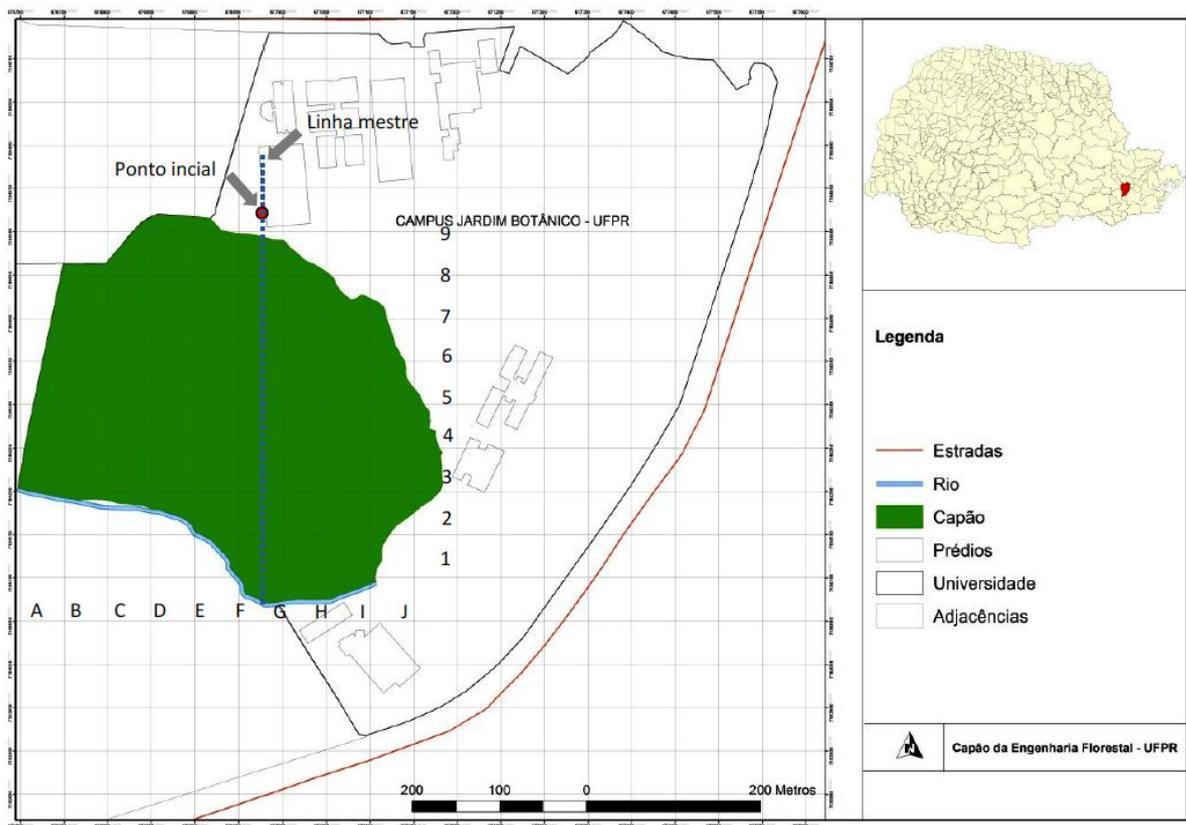


FIGURA 4 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA LOCALIZAÇÃO DO CAPÃO DA ENGENHARIA E DOS BLOCOS DELIMITADOS NA ÁREA DE ESTUDO.

FONTE: AUGUSTYNCZIK, 2011.

Com o georreferenciamento concluído, foi possível obter a área total do capão e viabilizar a instalação dos blocos para coleta de dados e espacialização das árvores dentro da floresta na etapa do censo.

#### 1.4.2.2 Coleta de dados

Para a realização do censo, primeiramente dividiu-se cada bloco em cinco sub-blocos de 500 m<sup>2</sup> (10 x 50 m), conforme apresentado na FIGURA 5. Esta divisão foi efetuada com intenção de facilitar o georreferenciamento das árvores. Para atribuir as coordenadas às árvores, tomou-se como referência a coordenada do canto inferior esquerdo de cada um dos blocos, no qual foram instaladas trenas no

sentido norte-sul e leste-oeste. Dessa forma, a partir da leitura realizada nas trena, foi possível atribuir uma coordenada para cada árvore dentro do bloco e, após isso, com base na coordenada referência do bloco, calcular a coordenada da árvore dentro da floresta.

Dentro dos sub-blocos mediram-se todos os indivíduos com diâmetro à altura do peito (DAP) igual ou acima de 10 cm ( $CAP \geq 31,4$  cm), marcando-se o ponto de medição do diâmetro. Cada árvore recebeu, então, uma plaqueta numerada de forma sequencial (1 - n) dentro do bloco ao qual pertencia (FIGURA 6).

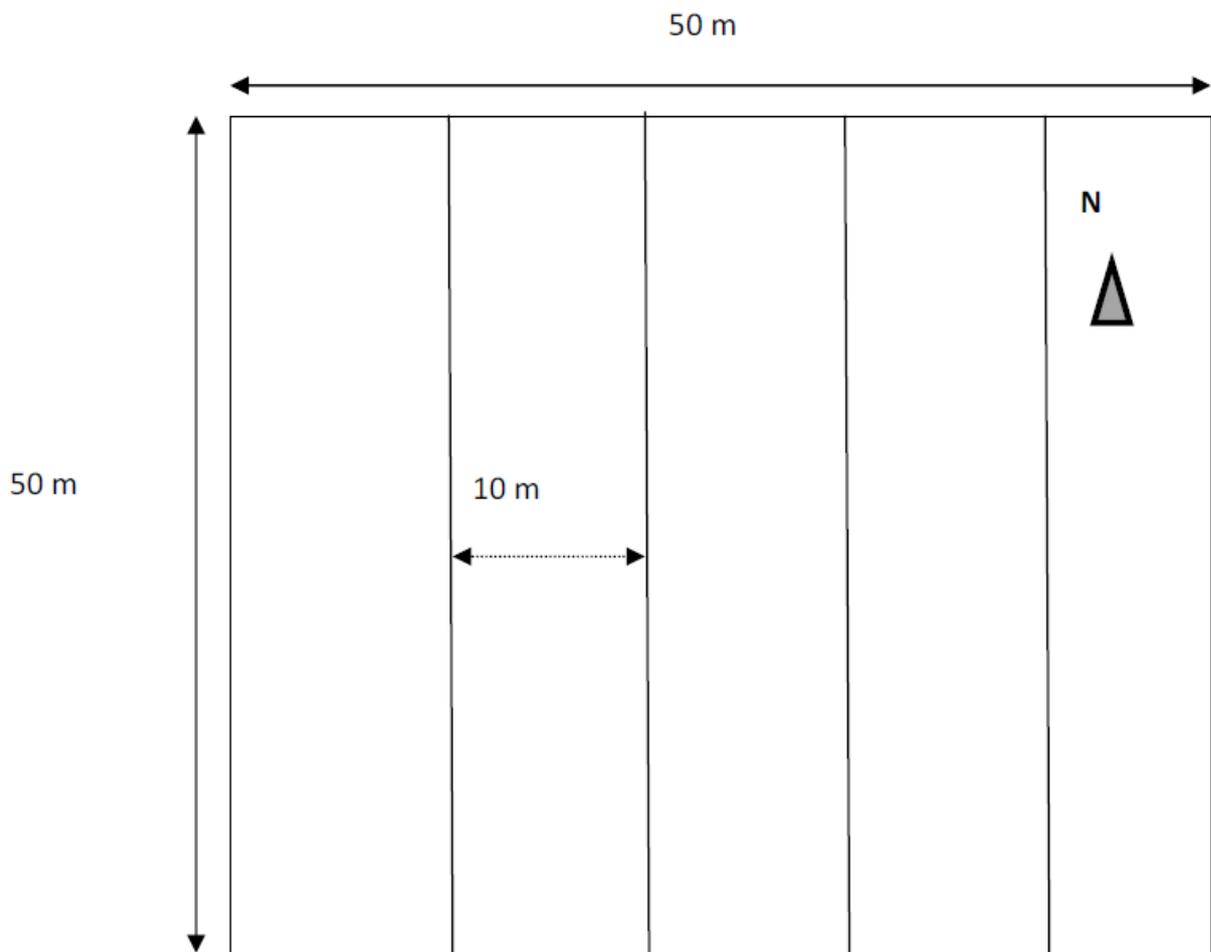


FIGURA 5 – PROCEDIMENTO DE DIVISÃO DOS BLOCOS EM SUB-BLOCOS.

FONTE: AUGUSTYNCZIK, 2011.



FIGURA 6 – DETALHE DOS PROCEDIMENTOS DE CAMPO PARA COLETA DE DADOS.

Fonte: Laboratório de Dendrometria da UFPR (2006).

Para fins do levantamento, todas as árvores tiveram as seguintes informações registradas:

- a) Espécie;
- b) Número da árvore dentro do bloco;
- c) CAP a 1,3 m;
- d) Coordenadas (X, Y) cartesianas de cada árvore;
- e) Dossel: inferior, médio ou superior;
- f) Qualidade do fuste: inclinado, tortuoso, levemente tortuoso ou reto;
- g) Estado fitossanitário: sem infestação, com infestação crônica ou com infestação avançada.

## 2 ANÁLISE DE AGRUPAMENTO E DISCRIMINANTE PARA DISTINÇÃO DE GRUPOS DE ESPÉCIES ARBÓREAS ESTABELECIDAS EM UMA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA.

### RESUMO

Este estudo teve como objetivos gerar grupos florísticos da vegetação arbórea de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista e determinar suas espécies discriminantes, além de determinar as associações florísticas e avaliar a estrutura horizontal e a diversidade florística de cada grupo formado. Os dados foram obtidos de um censo florestal realizado no Capão da Engenharia Florestal, localizado no Campus III da UFPR, em Curitiba – Paraná. Na execução do censo, a área foi dividida em blocos de 50 x 50 m, onde cada indivíduo arbóreo com DAP igual ou superior a 10 cm foi medido e identificado. Utilizando técnicas de análise multivariada, os blocos com similaridade no valor de cobertura de suas espécies foram agrupados usando a análise de agrupamento. Aplicando a análise discriminante, foram identificadas as espécies arbóreas com poder de discriminar os grupos formados. Foram obtidos 4 grupos florísticos: Grupo 1, envolvendo 6 blocos; Grupo 2, com 16 blocos; Grupo 3, com 15 blocos e; Grupo 4, com 30 blocos. Por meio do método de *stepwise*, a análise discriminante identificou 10 espécies discriminantes, e destas, as espécies com maior escore discriminante foram *Gochnatia polymorpha* (Grupo 1), *Schinus terebinthifolius* (Grupo 2) e *Symplocos tetrandra* (Grupo 3). Pela análise fitossociológica, foram identificados os seguintes estratos ou associações florísticas: Floresta Ombrófila Mista Montana de borda (Grupo 1), onde se destacaram *Gochnatia polymorpha*, *Araucaria angustifolia*, *Luehea divaricata* e *Schinus terebinthifolius*; Floresta Ombrófila Mista Aluvial (Grupo 2), onde se destacaram *Schinus terebinthifolius*, *Sebastiania commersoniana*, *Ocotea puberula*, *Ligustrum lucidum* (espécie exótica) e *Blepharocalyx salicifolius*; Floresta Ombrófila Mista Montana I (Grupo 3), onde as espécies mais importantes foram *Araucaria angustifolia*, *Casearia sylvestris*, *Symplocos tetrandra*, *Luehea divaricata*, *Ocotea puberula* e *Jacaranda puberula*, e; Floresta Ombrófila Mista Montana II (Grupo 4), onde se destacaram *Araucaria angustifolia*, *Casearia sylvestris*, *Luehea divaricata*, *Ocotea puberula*, *Myrcia hatschbachii* e *Casearia obliqua*. O teste T de Hutcheson, aplicado sobre os valores de diversidade expressos pelo índice de Shannon, demonstrou que os Grupos 3 e 4 foram os estratos com maior diversidade florística. O estrato de Floresta Aluvial (Grupo 2) foi o que obteve a menor diversidade. O teste de *Kolmogorov-Smirnov* demonstrou que a estrutura diamétrica é estatisticamente diferente no Grupo 4, que apresentou a maior área basal e média diamétrica. O Grupo 4 demonstrou-se o mais avançado na sucessão ecológica.

Palavras-chave: Análise multivariada. Fitossociologia. Diversidade florística.

## ABSTRACT

This study aimed to generate floristic groups of tree vegetation of a remnant of Mixed Ombrophylous Forest and to determine their discriminant species, and also to determine the floristic associations and evaluate the horizontal structure and floristic diversity of each group. The data was obtained from a forest census carried out in the "Capão da Engenharia Florestal", located in the Campus III of UFPR in Curitiba – Paraná, southern Brazil. For execution of the census, the area was divided into blocks of 50x50 m, where each tree equal or above 10 cm of DBH was measured and identified. By using multivariate analysis, the blocks with similarity in the value of coverage of its species were grouped by cluster analysis. By applying the discriminant analysis, the discriminant species of the generated groups were identified. Four floristic groups were obtained – Group 1, involving 6 blocks; Group 2, with 16 blocks; Group 3 with 15 blocks and; Group 4, with 30 blocks. Via the stepwise method, the discriminant analysis identified 10 discriminant species, from which the highest discriminant score were obtained by *Gochnatia polymorpha* (Group 1), *Schinus terebinthifolius* (Group 2) and *Symplocos tetrandra* (Group 3). By the phytosociological analysis, the following strata or floristic associations were identified – edge Mixed Ombrophilous Montane Forest (Group 1), where *Gochnatia polymorpha*, *Araucaria angustifolia*, *Luehea divaricata*, *Schinus terebinthifolius* were the most important species; Alluvial Forest (Group 2), where the most important species were *Schinus terebinthifolius*, *Sebastiania commersoniana*, *Ocotea puberula*, *Ligustrum lucidum*, *Blepharocalyx salicifolius*; Mixed Ombrophylous Montane Forest I (Group 3), where the most important species were *Araucaria angustifolia*, *Casearia sylvestris*, *Symplocos tetrandra*, *Luehea divaricata*, *Ocotea puberula* and *Jacaranda puberula*, and; Mixed Ombrophylous Montane Forest II (Group 4), where *Araucaria angustifolia*, *Casearia sylvestris*, *Luehea divaricata*, *Ocotea puberula*, *Myrcia hatschbachii* and *Casearia obliqua* obtained the highest importance value. The Hutcheson's T test, applied on the values expressed by the Shannon diversity index showed that Groups 3 and 4 were the strata with higher floristic diversity. The stratum of Alluvial Forest (Group 2) was the one that had the lowest diversity. The *Kolmogorov-Smirnov's* test showed that the diameter structure is significantly different in Group 4, which had the highest basal area and average diameter. Group 4 was the most advanced in the ecological succession.

Keywords: Multivariate analysis. Phytosociology. Floristic diversity.

## 2.1 INTRODUÇÃO

A Floresta Ombrófila Mista ou Floresta com Araucária compreende uma das formações vegetacionais típicas dos planaltos da região Sul do Brasil, que ocupava uma área de aproximadamente 20 milhões de hectares, sendo 40% desse total só no estado do Paraná. Devido à grande exploração ao longo dos anos, essa tipologia no estado do Paraná foi reduzida a cerca de 2,5 milhões hectares, predominantemente secundária, em estágio inicial, médio e avançado de sucessão, dispersa em fragmentos e capões (FUPEF, 2001). Para que as florestas sejam efetivamente conservadas e coloquem a disposição da sociedade todos os seus benefícios diretos e indiretos é necessário gerar conhecimento acerca da estrutura dos remanescentes, auxiliando, assim, a elaboração de novas técnicas de manejo que permitam conservar esse recurso.

Segundo Mueller-Dombois e Ellenberg (1974), a fitossociologia é um ramo da geobotânica que se ocupa do estudo da composição, desenvolvimento, distribuição geográfica e relações ambientais das comunidades de plantas possibilitando avaliar o grau de desenvolvimento e a interação das espécies com o ambiente, as diferenças locais que ocorrem na vegetação, como resposta a diferenças do relevo, do solo e ainda do micro clima da região.

Diversidade ou diversidade biológica são expressões que se referem à variedade da vida em um ecossistema e é considerada como uma indicação do bem-estar deste ecossistema. Avaliar a diversidade biológica de um ecossistema pelo seu componente florestal parte do pressuposto de que o componente arbóreo é a parte que sustenta um ecossistema florestal, sendo então base importante para o habitat de comunidades de animais e também de outras espécies vegetais (COUTO, 2005).

A distinção de ambientes florestais por meio da avaliação da diversidade de espécies que os compõem, traz importantes informações para a preservação e planos de manejo ambiental. A análise multivariada, sendo um conjunto de ferramentas de redução de dados, classificação ou simplesmente utilizada como técnica exploratória, se mostra útil no campo da ecologia e manejo, pois inúmeras são as variáveis que afetam o estabelecimento, crescimento e permanência de espécies florestais em diferentes ambientes (RODE *et al.*, 2011).

Muitas são as situações nas quais se tem um conjunto de dados e se busca uma divisão desses dados em grupos que tenham coesão interna e sejam heterogêneos entre si. O caso mais comum se apresenta na implementação do procedimento de amostragem aleatória estratificada, que requer a divisão da população de interesse em estratos (grupos), tarefa que se torna muito complexa quando muitos fatores de estratificação (variáveis) são utilizados para a montagem dos grupos (MINGOTI, 2005). A técnica de análise de agrupamento ou *cluster* constitui uma ferramenta indispensável neste processo de partição dos dados em grupos.

A análise discriminante, em conjunto com a análise de agrupamentos, tem sido utilizada amplamente no estudo vegetação, com o objetivo de classificar e discriminar espécies de diferentes fases sucessionais e fitofisionomias e diferenciar grupos ecológicos (LONGHI, 1997; SOUZA *et al.*, 2003; RODE *et al.*, 2011).

Desta forma, este capítulo aborda a aplicação das técnicas multivariadas de agrupamento e discriminante, a fim de verificar a existência de diferentes estratos ou grupos florísticos em um fragmento florestal, para posterior avaliação fitossociológica e estrutural, e tem como objetivos específicos:

- a) formar grupos florísticos ou estratos mais homogêneos da vegetação arbórea do fragmento de Floresta Ombrófila Mista;
- b) determinar as espécies discriminantes nos diferentes ambientes dos grupos formados;
- c) determinar as associações florísticas em cada grupo por meio da fitossociologia;
- c) avaliar a estrutura horizontal e a diversidade florística de cada grupo formado.

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

A descrição da área de estudo, bem como as informações levantadas e medições executadas, foram detalhadas no Capítulo 1.

### 2.2.1 Análise Fitossociológica

Para cada bloco de 50 x 50m da área de estudo, foi determinada sua estrutura horizontal, expressa pelo parâmetro Valor de Cobertura (VC). O cálculo do Valor de cobertura e seus componentes, Densidade Relativa e Dominancia Relativa, podem ser consultados em Mueller-Dombois & Ellenberg (1974) bem como em Longhi (1997).

Aos dados de fitossociologia calculados para cada bloco, aplicaram-se os métodos multivariados de Análise de Agrupamento (Cluster) e Análise Discriminante. Para o conjunto de análises estatísticas, foram utilizados os softwares SPSS, versão 17.0 (SPSS, 2008), *Statistica 7* (STATSOFT, 2004) e *FlorExel* versão 3.1.2 (ARCE, 2007).

### 2.2.2 Análise de agrupamento para determinação de grupos florísticos

Dada uma amostra de  $n$  objetos (ou indivíduos), cada um deles medindo segundo  $p$  variáveis, a Análise de Agrupamento é uma técnica que engloba um esquema de classificação agrupando os objetos em  $g$  grupos, com a finalidade de reunir os objetos (indivíduos, elementos) verificados nos grupos em que exista homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre os grupos, objetivando propor classificações (VICINI, 2005). Basicamente, a análise parte de uma matriz primária de dados contendo  $n$  objetos  $X$   $p$  variáveis.

De acordo com Longhi (1997), justifica-se a utilização do Valor de Cobertura como variável quantitativa para elaboração da matriz primária de dados, por ser um índice fitossociológico muito utilizado para caracterizar as espécies nas comunidades vegetais, além de, realmente, quantificar a presença das espécies, de acordo com sua importância na associação.

No presente estudo, foi utilizado o valor de cobertura de todas as 118 espécies presentes em cada um dos 67 blocos que dividem a área de estudo, de

forma a agrupar os blocos em grupos florísticos com valores de cobertura semelhantes. Esta matriz primária ficou assim definida:

$$A_{(B \times E)} = \begin{bmatrix} vC_{11} & vC_{12} & vC_{13} & \dots & vC_{1118} \\ vC_{21} & vC_{22} & vC_{23} & \dots & vC_{2118} \\ vC_{31} & vC_{32} & vC_{33} & \dots & vC_{3118} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ vC_{671} & vC_{672} & vC_{673} & \dots & vC_{67118} \end{bmatrix}$$

em que:

$B$  = blocos de 0,25 ha;

$E$  = espécies;

$vC_{ij}$  = valor de cobertura do  $i$ -ésimo bloco obtido da  $j$ -ésima espécie.

O primeiro estágio, em muitos métodos da análise de agrupamentos, é a conversão da matriz primária de dados em uma matriz quadrada, onde os elementos são medidas de similaridade ou dissimilaridade entre os indivíduos. Desta forma, torna-se necessário calcular uma medida de distância entre os indivíduos analisados para a construção da matriz de similaridade ou dissimilaridade (Vicini 2005).

A distância euclidiana é a medida de distância mais utilizada na análise de agrupamentos (BATISTA, 1990; LONGHI, 1997; VICINI, 2005; RODE, 2008). Considerando o caso mais simples, no qual existem  $n$  indivíduos, onde cada um dos quais possuem valores para  $p$  variáveis, a distância euclidiana entre eles é obtida mediante o teorema de Pitágoras, para um espaço multidimensional.

Considerando dois objetos, no caso deste estudo, dois blocos  $j$  e  $k$ , a distância euclidiana entre eles foi dada por:

$$d_{jk} = \sqrt{\sum_{h=1}^s (X_{hj} - X_{hk})^2}$$

em que:

$d$  = distância euclidiana;

$s$  = número de espécies nos blocos;

$X_{hj}$  = valor de cobertura da espécie  $h$  na parcela  $j$ ;

$X_{hk}$  = valor de cobertura da espécie  $h$  na parcela  $k$ .

Escolhida uma medida de distância, ou de semelhança, passa-se a escolher um processo de agrupamento, ou aglomeração. Os métodos de agrupamento mais utilizados são os hierárquicos. Dentre os métodos de agrupamento hierárquicos, o método de Ward vem sendo bastante utilizado em estudos de vegetação (BATISTA, 1990; RODE, 2008; LONGHI, 1997). Segundo Malhotra (2001), este método minimiza o quadrado da distância euclidiana às médias dos grupos. Um grupo será reunido a outro se essa reunião proporcionar o menor aumento da variância intragrupo, sendo este método altamente eficiente na formação de grupos.

Segundo Valentin (2000) um método é melhor que outro quando o dendrograma gerado por estes métodos fornece uma imagem menos distorcida da realidade. Pode-se avaliar o grau de deformação provocado pela construção do dendrograma usando o “coeficiente de correlação cofenético”, que serve para medir o grau de ajuste entre a matriz de dissimilaridade e a matriz resultante da simplificação proporcionada pelo método de agrupamento. Esse coeficiente de correlação cofenético é o coeficiente  $r$  de Pearson, que varia entre 0 e 1, sendo calculado entre índices de similaridade da matriz original e os índices reconstituídos com base no dendrograma. Logo, quanto maior for o  $r$ , menor será a distorção. Segundo Vicini (2005), um método é adequado para resumir a informação ao conjunto de dados quando seu coeficiente de correlação cofenético é superior a 0,7.

Desta forma, utilizou-se o método de agrupamento hierárquico de Ward, para o qual se calculou o coeficiente de correlação cofenético para verificar sua adequação ao conjunto de dados.

O resultado do agrupamento é representado na forma de dendrograma, e sua forma lembra uma árvore composta por várias ramificações, cujas extremidades podem ser alocadas variáveis ou observações. Os gráficos dendrogramas expressam a afinidade entre objetos, em relação a uma escala gráfica, traçando a união entre pares de coletivos ou entre um coletivo e o resultado de fusionar vários grupos semelhantes à altura correspondente ao índice de similaridade utilizado (MARGALEF, 1989).

Após a obtenção gráfica dos agrupamentos, um nível de corte entre as distâncias de ligação deve ser então determinado. Como hoje, ainda, não existe uma

teoria que diga em qual altura deve-se fazer um corte no gráfico, cabe ao pesquisador decidir. No presente estudo, procurou-se definir um nível que formasse grupos com uma distância de ligação equilibrada entre eles.

### 2.2.3 Análise discriminante

A análise discriminante é uma técnica que pode ser utilizada para classificar elementos de uma amostra ou população e ainda indicar os objetos com maior poder de discriminação dos grupos em que eles se encontram (MINGOTI, 2005; ASENSIO, 1989). Para sua aplicação, é necessário que os grupos para os quais cada elemento pode ser classificado sejam predefinidos, permitindo assim a elaboração de uma função matemática, ou função discriminante.

De acordo com Hair *et al.* (2005), o propósito básico da análise discriminante é estimar a relação entre uma variável dependente não-métrica (categórica) e um conjunto de variáveis dependentes métricas, nesta forma geral:

$$Y_i = X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n$$

(não-métrica)                      (métricas)

Desta forma os grupos formados pela análise de agrupamento foram utilizados como variáveis dependentes e o valor de cobertura de cada espécie como variáveis independentes. O objetivo foi determinar quais variáveis (espécies) explicam o máximo de diferenças entre os grupos, bem como as funções discriminantes capazes de diferenciar estes grupos formados por aquelas variáveis.

Para a identificação das variáveis mais importantes para a construção da função discriminante deve-se escolher alguma forma de procedimento sequencial, principalmente quando se tem uma grande quantidade de variáveis (MURRAY, 1977). Entre os métodos mais utilizados estão os métodos de seleção *forward*, *backward* e *stepwise*. Neste último, que consiste em uma combinação dos procedimentos *forward* e *backward*, as variáveis dão entrada no modelo uma a uma, de acordo com o valor de  $F$  parcial de entrada em cada estágio. De acordo com Mingoti (2005), os métodos mais recomendáveis são o método *backward* e *stepwise*.

Neste estudo foi escolhido o método *stepwise*, que já é implementado na maioria dos *softwares* estatísticos, como o *SPSS*, utilizado nesta pesquisa.

Para a seleção das variáveis, na análise discriminante foram retiradas as espécies raras, como recomendado por Rode (2008), que poderiam ser selecionadas pelo método *stepwise* como um caso particular daquele grupo em que a espécie se encontrava a priori. Desta forma, foram removidas as espécies: não identificadas; com frequência em até duas parcelas; com frequência em 3 a 5 parcelas desde que não estivessem agrupadas.

Quando mais de duas classificações ou grupos estão envolvidos, a técnica aplicada é chamada análise discriminante múltipla, e envolve determinar uma variável estatística que é a combinação das variáveis independentes que discriminarão melhor entre os grupos definidos a priori. Segundo Hair *et al.* (2005), a discriminação é conseguida estabelecendo-se os pesos da variável estatística para cada variável a fim de maximizar a variância entre grupos relativa a variância dentro dos grupos.

Fisher (1936) introduziu a ideia de se construir funções discriminantes a partir de combinações lineares das variáveis originais, algo similar ao que é feito na técnica de análise de componentes principais e análise fatorial. Estas funções são chamadas de funções discriminantes canônicas, e são definidas por:

$$\hat{Y}_j = \hat{e}'_j X_{px1}, \quad j = 1, 2, \dots, s,$$

Em que  $\hat{e}'_j$  é o  $j$ -ésimo autovetor correspondente ao  $j$ -ésimo maior auto valor da matriz  $W^{-1}B$  e tal que  $\hat{e}'_j W \hat{e}_j = 1$ . As matrizes  $W$  e  $B$  são chamadas de matrizes de somas de quadrados e produtos cruzados dentro dos grupos e entre os grupos, e são análogas àquelas utilizadas em análise de variância multivariada.

Mingoti (2005) observou que, apesar de o método de Fisher conter em sua formulação básica a suposição de distribuição normal  $p$ -variada, na realidade o que se utiliza na elaboração das funções canônicas é a noção de análise de variância para construção das combinações lineares mais informativas, sendo assim um método que não depende intrinsecamente da normalidade, podendo ser considerado como não paramétrico e aplicável em situações nas quais a normalidade multivariada não é válida.

De acordo com Mingoti (2005), é comum utilizar apenas a primeira função discriminante canônica para fazer a classificação dos elementos, já que esta é a de maior poder de discriminação e transforma o problema de classificação para o espaço unidimensional. No entanto, um melhor resultado poderá ser obtido se forem utilizadas as funções discriminantes canônicas mais importantes, que podem ser escolhidas pela observação dos valores numéricos dos autovalores da matriz  $W^{-1}B$ . As funções discriminantes mais importantes são aquelas relacionadas aos maiores autovalores. A significância estatística das funções discriminantes também pode ser avaliada pela estatística Lambda de Wilks ( $\lambda^*$ ), também aplicada por Longhi (1997) e Rode (2008), a qual denota o poder de discriminação do modelo. O valor de  $\lambda^*$  varia de 0 (poder discriminatório perfeito) e 1 (sem poder discriminatório). A variável que maximiza o valor da estatística F, também minimiza o  $\lambda^*$  (LONGHI, 1997).

As funções discriminantes canônicas ainda possuem a vantagem de permitirem a plotagem das médias (centróides) relativas as duas ou três primeiras combinações lineares em um gráfico denominado Mapa Territorial. Por meio deste gráfico, é possível visualizar as diferenças entre os grupos em cada função (HAIR *et al.*, 2005). Desta forma, a primeira avaliação do ajuste geral do modelo foi feita graficamente por meio desse Mapa Territorial.

Dado que a variável dependente é não-métrica, não se pode utilizar uma medida como  $R^2$  para avaliar a precisão preditiva. Em vez disso, cada observação deve ser avaliada com o objetivo de saber se ela foi corretamente classificada. Para tanto se fez necessário a construção de matrizes de classificação para verificar a probabilidade de classificações errôneas. Neste estudo foram utilizados dois métodos para estimar as probabilidades de classificações incorretas, e que são utilizados para construir matrizes de classificação: o método da ressubstituição e o método de Lachenbruch.

No método da ressubstituição, a amostra inteira é usada para estimar as regras de classificação e posteriormente esta mesma amostra é reutilizada para estimação dos erros de classificação.

Segundo Mingoti (2005), o método de Lachenbruch, também conhecido como validação cruzada ou *pseudo-jackknife*, é muito utilizado e está implementado na maioria dos softwares estatísticos como o SPSS. O método consiste nos seguintes passos:

1. retira-se uma observação da amostra conjunta, e desenvolve a função de classificação baseada nas n-1 observações restantes;
2. utiliza-se a função construída no passo 1 para classificar a observação que ficou à parte, verificando se a regra de discriminação conseguiu acertar na sua real procedência ou não;
3. retorna-se a observação que foi retirada no passo 1 à amostra original e retira-se uma outra observação diferente do primeiro. Os passos 1 e 2 são repetidos.

Os passos 1, 2 e 3 devem ser repetidos para todos os elementos da amostra conjunta e as probabilidades dos erros de classificação incorretas, no caso de várias populações, são então estimadas por:

$$\hat{p}(k/j) = \frac{n_{jk}}{n_j}$$

Em que  $n_{jk}$  é o número de elementos da população  $j$  classificados incorretamente pela regra como sendo provenientes da população  $k$ ;  $j, k = 1, 2, \dots, g$ ,  $j \neq k$ .

#### 2.2.4 Análise da composição florística e fitossociológica dos grupos formados

Para avaliação da composição florística dos grupos obtidos pela estatística multivariada, utilizou-se o índice de riqueza de espécies de Odum, os índices de heterogeneidade de Simpson e Shannon e o índice de equabilidade de Pielou.

O Índice de Odum é uma variação do quociente de mistura de Jentsch (QM), para medir a intensidade de mistura de espécies e quanto maior o seu valor maior será a diversidade. O Índice de heterogeneidade ou dominância de espécies de Simpson mede a probabilidade de dois indivíduos selecionados ao acaso pertencerem à mesma espécie e quanto maior o valor calculado maior será a dominância de espécies e menor será a diversidade. O Índice de Shannon mostra o grau de incerteza em prever a qual espécie da população um indivíduo pertence, se retirado aleatoriamente (LAMPRECHT, 1990) e quanto mais espécies existirem e

mais homogênea for sua distribuição, maior será a diversidade, e, portanto, maior o valor do índice. O Índice de equabilidade de Pielou informa a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies e seu valor apresenta uma amplitude de 0 (uniformidade mínima) e 1 (uniformidade máxima). Os cálculos dos índices utilizados podem ser consultados em Magurran (2013).

Estes índices foram calculados com auxílio do suplemento FlorExel versão 3.1.2 (ARCE, 2007), computadorizado para Microsoft Excel<sup>®</sup>.

Utilizando-se os valores do índice de Shannon calculados para cada grupo florístico, foi aplicado o teste de Hutcheson (HUTCHESON, 1970), o qual fornece um método para calcular o teste “t” para duas amostras ou comunidades, a fim de detectar estatisticamente diferenças significativas entre elas. Desta forma os grupos foram comparados aos pares quanto a sua diversidade. Para o cálculo de “t” é utilizada a seguinte fórmula:

$$t_{calc.} = \frac{H'_1 - H'_2}{\sqrt{\sigma H'_1 + \sigma H'_2}}$$

Sendo:

$$H' = \frac{\sum \left(\frac{n_i}{N}\right) \left[\ln\left(\frac{n_i}{N}\right)\right]^2 - \left[\sum \left(\frac{n_i}{N}\right) \left[\ln\left(\frac{n_i}{N}\right)\right]\right]^2}{N} + \frac{S - 1}{2N^2}$$

Os graus de liberdade (GL) são calculados pela expressão:

$$GL = \frac{(\sigma H'_1 + \sigma H'_2)^2}{\frac{(\sigma H'_1)^2}{N_1} + \frac{(\sigma H'_2)^2}{N_2}}$$

em que:

$H'_1$  = índice de Shannon da população 1;

$H'_2$  = índice de Shannon da população 2;

$n_i$  = número de indivíduos da espécie i;

$N$  = número total de indivíduos

$\ln$  = logaritmo na base natural

$\sigma H'$  = Variância de  $H'$ ;

$S$  = número de espécies.

Para avaliação da fitossociologia dos grupos formados, foi empregado o valor de importância, parâmetro fitossociológico que indica a importância das espécies dentro do local de estudo, permitindo sua ordenação perante o grau de importância na vegetação e a determinação das associações florísticas nos diferentes ambientes (LONGHI, 1997).

#### 2.2.5 Distribuição diamétrica

Para análise da estrutura diamétrica de cada grupo formado, foi considerada a frequência dos diâmetros em classes de amplitude de 5 cm para todos os indivíduos em estudo. A comparação entre os grupos foi feita utilizando estatísticas descritivas como média, mediana, moda, desvio padrão, coeficiente de variação, assimetria e curtose.

Foi aplicado também o teste não-paramétrico de *Kolmogorov-Smirnov* para duas amostras, apresentado por Sokal e Rohlf (1995). Segundo esses autores, se aceita a hipótese nula quando duas amostras são igualmente distribuídas. O teste é sensível para diferenças em localização, dispersão, assimetria, entre outras. O procedimento e a formulação para o teste, para tamanhos de amostras grandes (número de observações maior que 25), seguiram Sokal e Rohlf (1995).

### 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a análise de agrupamento foi utilizada a matriz primária (67 x 118) composta pelo valor de cobertura do  $i$ -ésimo bloco obtida da  $j$ -ésima espécie. Para a

análise discriminante foram retiradas as espécies raras de acordo com os critérios descritos na metodologia, reduzindo o valor de cobertura total de 200, para 198,7%. Mesmo com a remoção de 30 espécies, a perda em valores de cobertura foi muito pequena. Desta forma, a matriz primária de 67 x 118 foi reduzida para uma matriz secundária de 67 x 87.

### 2.3.1 Análise de agrupamento

O resultado da análise de agrupamento é expresso pelo dendrograma da FIGURA 7, no qual os blocos com valores de cobertura similares foram agrupados, de acordo com as espécies que nelas ocorrem. A linha vermelha indicada na figura foi a linha de corte traçada para dividir os blocos em grupos mais homogêneos. Pode ser observada a formação de 4 grupos: grupo 1, com 6 blocos; grupo 2, com 16 blocos; grupo 3, com 15 blocos e; grupo 4, com 30 blocos. Na FIGURA 8 é apresentada a disposição espacial de cada grupo na área de estudo, obtida pela análise de agrupamento.

A metodologia utilizada na análise de agrupamento propiciou um coeficiente de correlação cofenético de 0,74. Este valor – superior a 0,7 – demonstra que a metodologia empregada foi adequada para resumir a informação ao conjunto dos dados utilizados, de acordo com Vicini (2005).

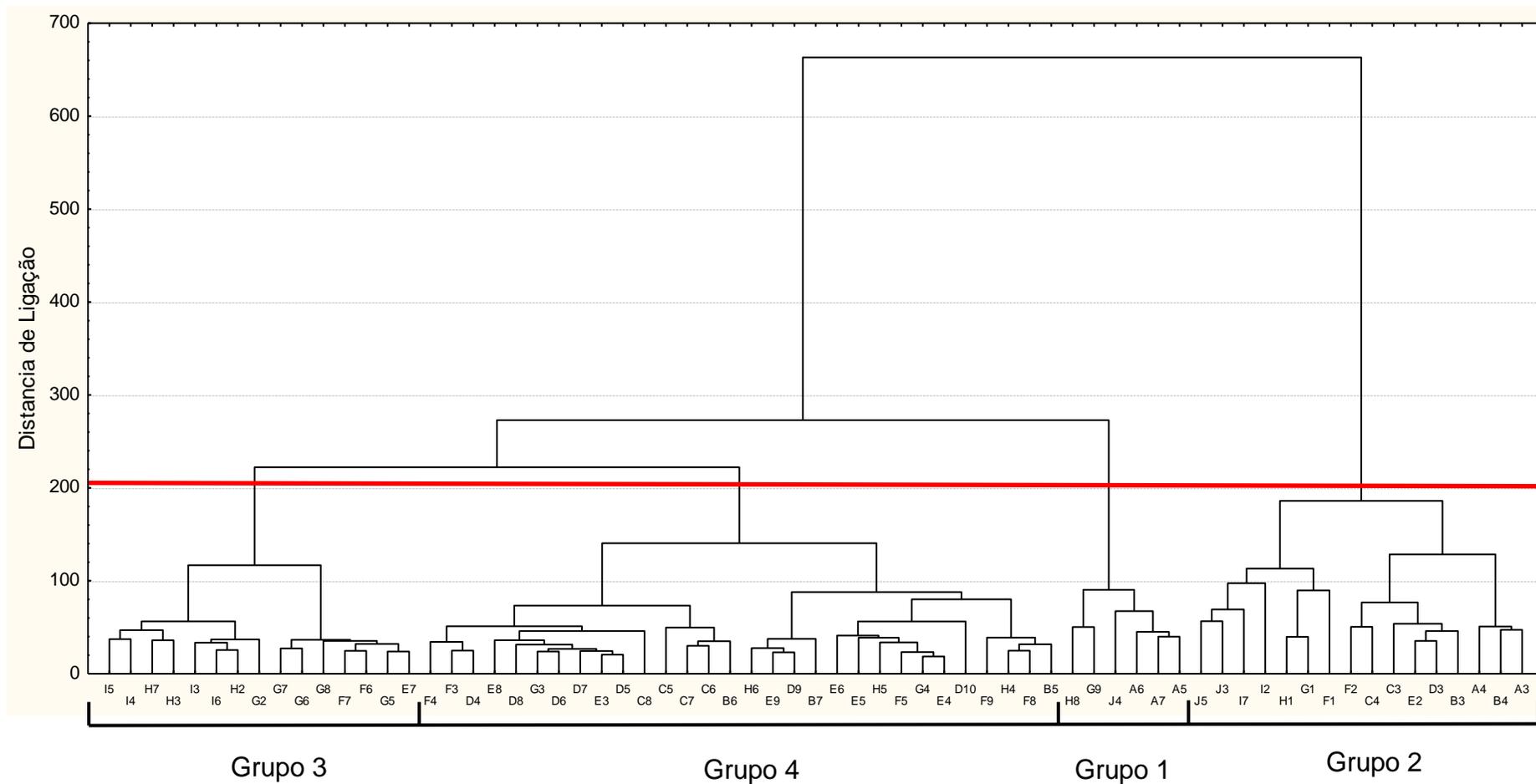


FIGURA 7 – DENDROGRAMA (CLUSTER) AGRUPANDO BLOCOS PELO MÉTODO DE LIGAÇÃO WARD E A DISTÂNCIA EUCLIDIANA QUADRADA.

FONTE: O autor (2013)

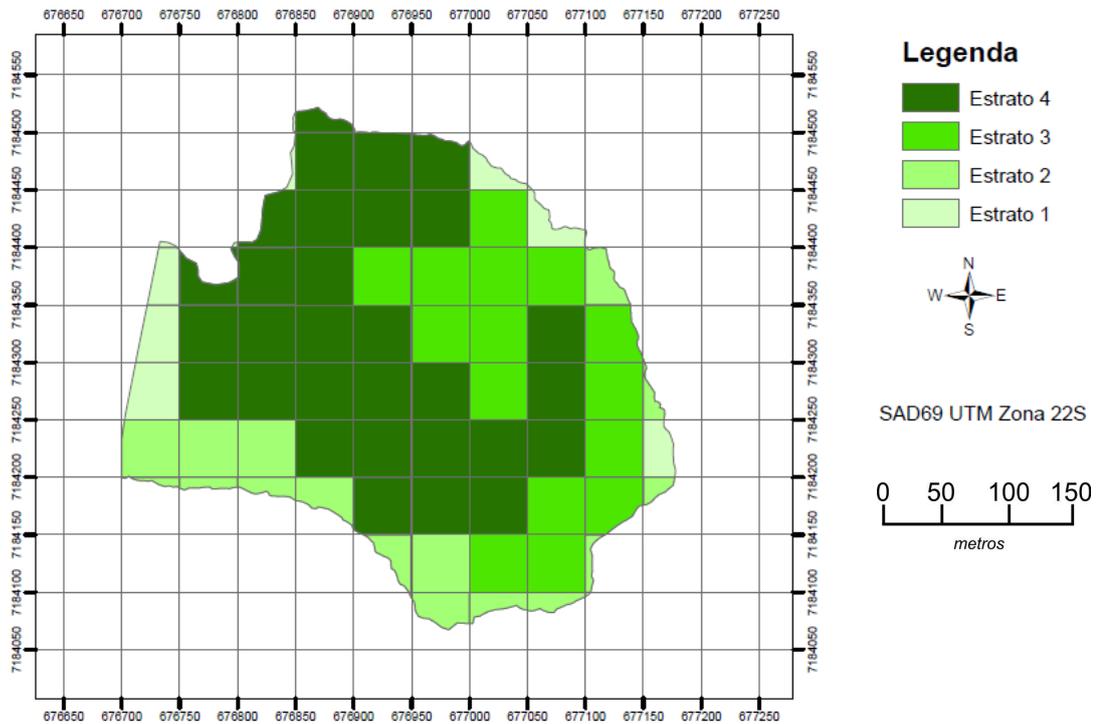


FIGURA 8 – AGRUPAMENTO DOS 67 BLOCOS COM SIMILARIDADE NO VALOR DE COBERTURA.

FONTE: O autor (2013)

### 2.3.2 Análise discriminante

Definidos os grupos pela análise de agrupamento, procedeu-se com a análise discriminante utilizando a matriz secundária de 67 x 87, com objetivo de determinar quais das variáveis independentes (espécies) explicam o máximo de diferenças entre os grupos.

Para a escolha do nível de probabilidade de  $F$  de referência para entrada e saída de variáveis no modelo, Mingoti (2005) recomenda utilizar um valor de significância padrão, como 5%. Johnson (1998) sugere valores de 25 a 50% para o método de *stepwise*, já que em muitos casos, não se consegue obter variáveis discriminantes quando há um nível de exigência muito elevado para a entrada das variáveis. Murray (1977) recomenda que, ao utilizar o método *stepwise* para um conjunto grande de variáveis, deve-se testar vários níveis de  $F$ , e adotar aquele que

proporcione um número de variáveis não maior que 15, desde que não haja perda de classificação.

Ao utilizar um nível de probabilidade de  $F$  de 0,05 para a entrada de variáveis, foram obtidas 14 variáveis (espécies), que propiciaram uma alta precisão preditiva nos testes de classificação. Testou-se então o nível de probabilidade de 0,01, obtendo-se 10 variáveis, o que resultou em nenhuma perda de precisão preditiva. Testou-se ainda o nível de probabilidade de  $F$  de 0,001, que selecionou apenas 5 variáveis, ocorrendo perda considerável de classificação. Desta forma, adotou-se o nível de probabilidade de  $F$  de 0,01 para a construção do modelo final.

A determinação das variáveis com alto poder de discriminação na formação dos grupos é feita comparando-se os menores valores de Lambda de Wilks ( $\lambda^*$ ) e a significância estatística dos maiores valores de  $F$ . Os valores obtidos pela análise discriminante podem ser observados na TABELA 1. A espécie com maior poder de discriminação no estudo foi *Gochnatia polymorpha*, com maior valor de  $F$  e menor valor de  $\lambda^*$ , sendo a primeira variável selecionada na análise. O método *stepwise* compara esta variável com as demais, uma de cada vez, encontrando a segunda melhor variável discriminante, e assim sucessivamente.

Na TABELA 2, podem ser visualizadas as 10 variáveis (espécies) que foram selecionadas, após 10 passos (steps). A estatística  $\lambda^*$  mostrou que, ao nível de 0,01 de significância (99% de probabilidade), estas variáveis possuem alto poder discriminante. A cada passo os valores  $F$  das variáveis já selecionadas são recalculados e à medida que novas combinações são realizadas, a ordem de seleção pode ser alterada. As demais espécies com probabilidades de  $F$  ( $p$  – nível) menores que 0,01, após 10 steps, foram eliminadas da análise.

Encontram-se na TABELA 3 os coeficientes da Função de Classificação, também conhecida como Função Discriminante Linear de Fisher. As funções de classificação, uma para cada grupo, podem ser usadas para classificar novas observações (parcelas). De acordo com Hair *et al.* (2005) neste método de classificação, os valores de uma observação para as variáveis independentes são inseridos nas funções de classificação e um escore de classificação para cada grupo é calculado para aquela observação. A observação é então classificada no grupo com maior escore de classificação.

Na TABELA 3 foram destacados os maiores pesos das variáveis que diferenciam cada grupo. Pôde-se observar que: *Gochnatia polymorpha* e

*Zanthoxylum kleinii* se destacam no Grupo 1; *Schinus terebinthifolius* e *Sebastiania commersoniana* discriminam o Grupo 2; *Symplocos tetrandra* e *Machaerium paraguariense* destacam-se no Grupo 3. No Grupo 4, não se destaca nenhuma espécie em particular.

Na TABELA 4 são apresentados os autovalores e correlações canônicas das funções discriminantes, os quais testam a capacidade relativa na separação dos grupos. As correlações canônicas variaram de 0,95 para os escores da primeira função, até 0,86 para os da terceira função. Quanto mais próximos de 1 forem estes valores, mais forte é a correlação entre os escores discriminantes e os grupos formados. A primeira função explicou apenas 47,8% da variância explicada pelas três funções. Desta forma, todas as três funções discriminantes geradas se mostraram necessárias para explicar 100% da variância total na variável dependente (grupos).

TABELA 1 – ESTATÍSTICA DO TESTE DE SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES (ESPÉCIES) PARA A MATRIZ SECUNDÁRIA.

continua

Variável	Lambda de Wilks ( $\lambda^*$ )	F	Significância (p-nível)
<i>Gochnatia polymorpha</i>	0,272	56,15	0,00
<i>Schinus terebinthifolius</i>	0,279	54,30	0,00
<i>Symplocos tetrandra</i>	0,380	34,23	0,00
<i>Casearia sylvestris</i>	0,474	23,31	0,00
<i>Sebastiania commersoniana</i>	0,601	13,92	0,00
<i>Myrcia hatschbachii</i>	0,612	13,29	0,00
<i>Araucaria angustifolia</i>	0,631	12,30	0,00
<i>Zanthoxylum kleinii</i>	0,654	11,10	0,00
<i>Rollinia rugulosa</i>	0,708	8,66	0,00
<i>Oreopanax fulvum</i>	0,712	8,49	0,00
<i>Allophylus semidentatus</i>	0,723	8,03	0,00
<i>Casearia obliqua</i>	0,730	7,78	0,00
<i>Jacaranda puberula</i>	0,750	7,01	0,00
<i>Ocotea nutans</i>	0,760	6,62	0,00
<i>Piptocarpha axillaris</i>	0,763	6,51	0,00
<i>Nectandra lanceolata</i>	0,767	6,38	0,00
<i>Ocotea bicolor</i>	0,795	5,42	0,00
<i>Machaerium paraguariense</i>	0,810	4,94	0,00
<i>Escallonia montevidensis</i>	0,811	4,90	0,00
<i>Campomanesia guaviroba</i>	0,812	4,86	0,00
<i>Lithrea brasiliensis</i>	0,818	4,66	0,01
<i>Gomidesia palustris</i>	0,822	4,54	0,01
<i>Cedrela fissilis</i>	0,831	4,27	0,01
<i>Ligustrum lucidum</i>	0,833	4,21	0,01
<i>Luehea divaricata</i>	0,835	4,15	0,01
<i>Eugenia multiovulata</i>	0,838	4,05	0,01
<i>Coutarea hexandra</i>	0,844	3,89	0,01
<i>Cupania vernalis</i>	0,847	3,79	0,01
<i>Matayba elaeagnoides</i>	0,849	3,72	0,02
<i>Machaerium stipitatum</i>	0,850	3,70	0,02
<i>Cinnamomum vesiculosum</i>	0,852	3,65	0,02
<i>Clethra scabra</i>	0,853	3,61	0,02
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	0,856	3,54	0,02
<i>Scutia buxifolia</i>	0,859	3,45	0,02
<i>Citronella congonha</i>	0,861	3,39	0,02
<i>Pimenta pseudocaryophyllus</i>	0,863	3,34	0,02
<i>Lamanonia speciosa</i>	0,863	3,32	0,03
<i>Mollinedia clavigera</i>	0,871	3,12	0,03
<i>Symplocos uniflora</i>	0,872	3,08	0,03
<i>Zanthoxylum petiolare</i>	0,874	3,03	0,04

TABELA 1 - ESTATÍSTICA DO TESTE DE SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES (ESPÉCIES) PARA A MATRIZ SECUNDÁRIA.

continuação

Variável	Lambda de Wilks ( $\lambda^*$ )	F	Significância (p-nível)
<i>Ocotea pulchella</i>	0,874	3,02	0,04
<i>Myrsine coriacea</i>	0,880	2,86	0,04
<i>Myrcia splendens</i>	0,883	2,78	0,05
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	0,884	2,76	0,05
<i>Ilex dumosa</i> Reissek	0,885	2,72	0,05
<i>Dasyphyllum tomentosum</i>	0,892	2,55	0,06
<i>Lonchocarpus campestris</i>	0,893	2,51	0,07
<i>Maytenus alaternoides</i>	0,895	2,47	0,07
<i>Duranta vestita</i>	0,895	2,46	0,07
<i>Ilex brevicuspis</i>	0,900	2,34	0,08
<i>Solanum pseudoquina</i>	0,902	2,29	0,09
<i>Roupala brasiliensis</i>	0,904	2,24	0,09
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	0,905	2,20	0,10
<i>Styrax leprosus</i>	0,916	1,93	0,13
<i>Picrasma crenata</i>	0,920	1,82	0,15
<i>Ilex paraguariensis</i>	0,921	1,80	0,16
<i>Hovenia dulcis</i>	0,925	1,70	0,18
<i>Eriobotrya japonica</i>	0,926	1,67	0,18
<i>Nectandra megapotamica</i>	0,933	1,50	0,22
<i>Ocotea puberula</i>	0,934	1,49	0,23
<i>Pinus taeda</i>	0,936	1,44	0,24
<i>Myrsine gardneriana</i>	0,940	1,33	0,27
<i>Casearia lasiophylla</i>	0,944	1,25	0,30
<i>Eugenia involucrata</i>	0,947	1,19	0,32
<i>Calyptanthes concinna</i>	0,947	1,18	0,32
<i>Sloanea monosperma</i>	0,947	1,17	0,33
<i>Solanum sanctaecatharinae</i>	0,947	1,17	0,33
<i>Banara tomentosa</i>	0,950	1,10	0,36
<i>Casearia decandra</i>	0,950	1,10	0,36
<i>Xylosma pseudosalzmanii</i>	0,953	1,04	0,38
<i>Prunus brasiliensis</i>	0,954	1,01	0,39
<i>Campomanesia guazumifolia</i>	0,956	0,97	0,41
<i>Symplocos tenuifolia</i>	0,956	0,96	0,42
<i>Eriobotrya japonica</i>	0,961	0,85	0,47
<i>Dalbergia brasiliensis</i>	0,963	0,82	0,49
<i>Lafoensia pacari</i>	0,965	0,77	0,51
<i>Eugenia uniflora</i>	0,968	0,69	0,56
<i>Vitex megapotamica</i>	0,969	0,68	0,57
<i>Picrasma crenata</i>	0,969	0,66	0,58
<i>Sapium glandulatum</i>	0,970	0,65	0,59
<i>Erythrina falcata</i>	0,974	0,57	0,64

TABELA 1 - ESTATÍSTICA DO TESTE DE SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES (ESPÉCIES) PARA A MATRIZ SECUNDÁRIA.

Variável	Lambda de Wilks ( $\lambda^*$ )	F	Significância (p-nível)	conclusão
<i>Celtis iguanaea</i>	0,974	0,57	0,64	
<i>Drimys brasiliensis</i>	0,978	0,47	0,70	
<i>Capsicodendron dinisii</i>	0,989	0,23	0,87	
<i>Citronella paniculata</i>	0,990	0,21	0,89	
<i>Allophylus edulis</i>	0,991	0,19	0,90	
<i>Cryptocarya aschersoniana</i>	0,995	0,10	0,96	

(1) Valor de Fisher obtido com 3 (graus de liberdade dos grupos) e 63 (graus de liberdade total menos graus de liberdade dos grupos).

FONTE: O autor (2013).

TABELA 2 – ESTATÍSTICA DO TESTE DE SELEÇÃO DE VARIÁVEIS DISCRIMINANTES, EM ORDEM DE ENTRADA APÓS 10 STEPS.

Step	Variável	Lambda de Wilks ( $\lambda^*$ )	F	Significancia (p-nível)
1	<i>Gochnatia polymorpha</i>	0,2722	56,15	0,000
2	<i>Schinus terebinthifolius</i>	0,0758	54,41	0,000
3	<i>Symplocos tetrandra</i>	0,0283	54,96	0,000
4	<i>Pinus taeda</i>	0,0171	48,37	0,000
5	<i>Zanthoxylum kleinii</i>	0,0120	43,11	0,000
6	<i>Dasyphyllum tomentosum</i>	0,0091	38,98	0,000
7	<i>Machaerium paraguariense</i>	0,0070	36,25	0,000
8	<i>Sebastiania commersoniana</i>	0,0054	34,24	0,000
9	<i>Duranta vestita</i>	0,0044	32,42	0,000
10	<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	0,0035	31,29	0,000

FONTE: O autor (2013)

TABELA 3 – COEFICIENTES DA FUNÇÃO DE CLASSIFICAÇÃO OBTIDOS PARA AS VARIÁVEIS SELECIONADAS POR GRUPO.

Variável	Grupo 1	Grupo 2	Grupo3	Grupo 4
<i>Gochnatia polymorpha</i>	<b>1,9553</b>	0,1742	-0,2691	0,0184
<i>Schinus terebinthifolius</i>	-0,0198	<b>0,4736</b>	-0,0780	-0,0209
<i>Symplocos tetrandra</i>	-0,2217	0,0019	<b>0,8939</b>	0,0463
<i>Pinus taeda</i>	0,4710	0,4426	-0,6785	-0,0273
<i>Zanthoxylum kleinii</i>	<b>3,3725</b>	0,0248	0,2444	0,2254
<i>Dasyphyllum tomentosum</i>	-2,6313	0,0495	0,3805	0,0775
<i>Machaerium paraguariense</i>	-1,7902	0,4421	<b>0,9551</b>	0,1815
<i>Sebastiania commersoniana</i>	0,3250	<b>0,4728</b>	0,0000	-0,0154
<i>Duranta vestita</i>	3,1852	-3,0407	1,8184	0,7856
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	-0,3770	-1,0398	0,2410	0,0972
Constante	-50,2829	-17,8581	-14,9024	-1,8556

FONTE: O autor (2013)

TABELA 4 – AUTOVALORES E ESTATÍSTICA DO TESTE DE SELEÇÃO DAS FUNÇÕES DISCRIMINANTES.

Função	Autovalor	Var. (%)	Var. acu. (%)	C. C.	Após Função	$\lambda^*$	$X^2$	G.L.	Sig. (p-nível)
					0	0,0035	334,4	30	0,000
1	8,761	47,8	47,8	0,95	1	0,0337	200,0	18	0,000
2	6,730	36,7	84,5	0,93	2	0,2607	79,3	8	0,000
3	2,836	15,5	100,0	0,86					

Var. = variância; Var. Acum. = variância acumulada; C.C. = correlação canônica;  $\lambda^*$  = lambda de Wilks;  $X^2$  = qui-quadrado; G.L. = graus de liberdade; Sig. = significância estatística.

FONTE: O autor (2013)

É mostrado ainda na TABELA 4 os valores de Lambda de Wilks ( $\lambda^*$ ), cujo método testa a hipótese nula de que as médias das funções listadas são iguais entre os grupos. Para determinar a significância, os valores  $\lambda^*$  são transformados na estatística qui-quadrado ( $X^2$ ), com base nos graus de liberdade. Depois que a primeira função é extraída, o  $X^2$  é recalculado e a cada nova função seu valor diminui. Antes de extrair a primeira função, o valor era de 334,4, diminuindo para 79,3 após a terceira função. Mesmo com esta diminuição, o teste de  $X^2$  assegurou com probabilidade maior que 99,9%, que, estatisticamente, há uma quantidade significativa de informações discriminantes. Convém lembrar que a análise discriminante estima uma função discriminante a menos que o número de grupos.

Na TABELA 5 estão representados os coeficientes padronizados das funções discriminantes canônicas. Estes coeficientes são computados de forma que seus escores encontram-se padronizados com média zero e variância um. O sinal negativo deve ser omitido na interpretação da contribuição das variáveis (LONGHI, 1997). As funções de classificação (TABELA 3) em geral propiciam uma interpretação direta das variáveis mais importantes em cada grupo, enquanto que as funções discriminantes (TABELA 5) exigem primeiramente a determinação de quais funções separam cada grupo e a definição posterior de quais variáveis estão correlatas nos grupos. Entretanto, pode-se observar que as espécies *Gochnatia polymorpha* (Função 1), *Schinus terebinthifolius* (Função 2) e *Symplocos tetrandra* (função 3) possuem maior importância para discriminar os grupos.

TABELA 5 – COEFICIENTES PADRONIZADOS DAS FUNÇÕES DISCRIMINANTES CANÔNICAS.

Variável	Função 1	Função 2	Função 3
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	-0,3596	-0,7596	-0,2430
<i>Dasyphyllum tomentosum</i>	-0,8607	0,3133	-0,1742
<i>Duranta vestita</i>	0,0286	-0,6675	0,0663
<i>Gochnatia polymorpha</i>	<b>1,6027</b>	-0,3419	0,2624
<i>Machaerium paraguariense</i>	-0,5340	0,1883	0,1895
<i>Pinus taeda</i>	0,6447	0,5714	-0,4606
<i>Schinus terebinthifolius</i>	0,2167	<b>1,0676</b>	0,2140
<i>Sebastiania commersoniana</i>	0,5451	<b>0,8401</b>	0,5820
<i>Symplocos tetrandra</i>	-0,7008	-0,3708	<b>1,1175</b>
<i>Zanthoxylum kleinii</i>	0,5155	-0,3284	0,2265

FONTE: O autor (2013)

Na Tabela 6 são apresentados os centróides ou pontos médios de cada grupo nas cinco funções discriminantes.

TABELA 6 – CENTRÓIDES DAS FUNÇÕES DISCRIMINANTES CANÔNICAS AVALIADOS PARA OS CINCO GRUPOS FLORÍSTICOS.

Grupos	Função 1	Função 2	Função 3
1	8,1532	-3,1354	1,2045
2	0,8674	4,3207	0,6246
3	-2,9364	-1,7872	2,2601
4	-0,6250	-0,7837	-1,7041

FONTE: O autor (2013)

Na FIGURA 9 encontra-se o mapa territorial, onde pode ser observada a ocupação dos grupos pelas duas primeiras Funções Discriminantes Canônicas. A primeira função discrimina bem os grupos 1, 3 e 4, enquanto que a segunda função discrimina o Grupo 2 dos demais. Nota-se pela FIGURA 9 que a primeira função, na qual *Gochnatia polymorpha* possui o maior peso, discrimina bem o Grupo 1 dos demais. A segunda função, na qual *Schinus terebinthifolius* possui o maior escore, discrimina o Grupo 2. Isso evidencia a importância destas espécies em discriminar os ambientes representados por estes agrupamentos. Nota-se ainda que no espaço bidimensional do gráfico, onde não se encontra a terceira função discriminante, na

qual *Symplocos tetrandra* possui o maior peso, há pouca distinção entre os grupos 3 e 4, evidenciando a importância da espécie em discriminar os dois ambientes.

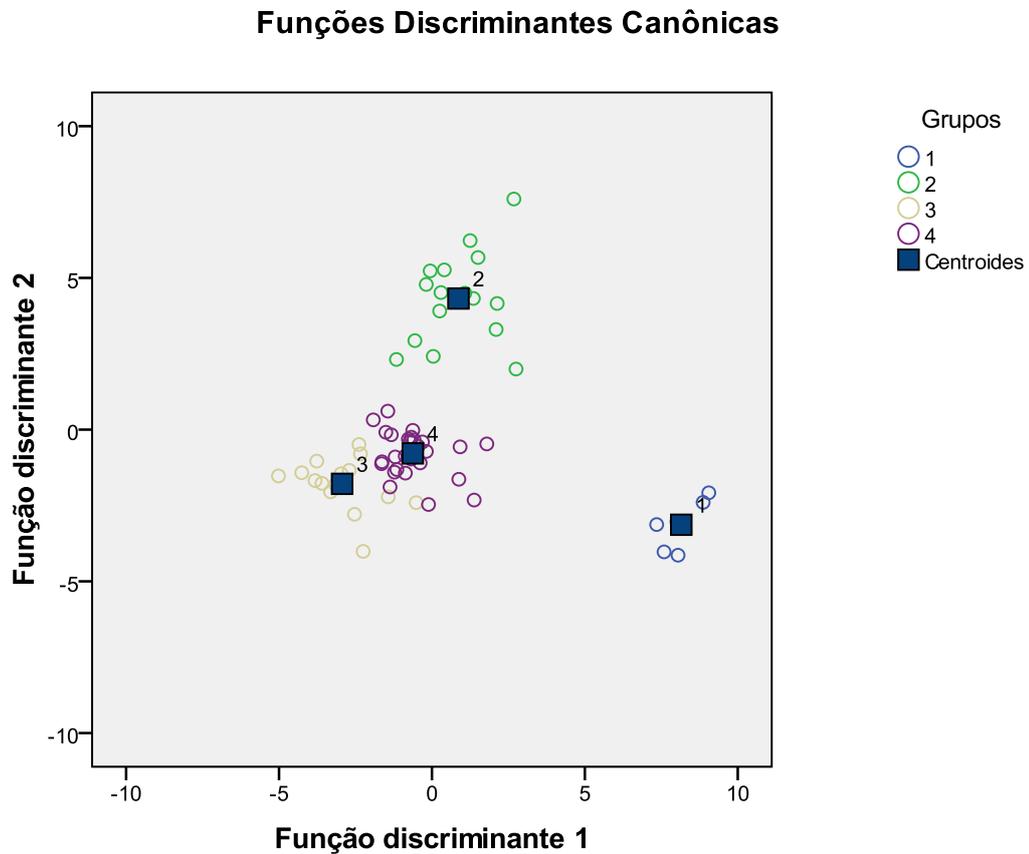


FIGURA 9 – MAPA TERRITORIAL DOS GRUPOS FLORÍSTICOS DETERMINADOS COM SEUS RESPECTIVOS CENTRÓIDES.

FONTE: O autor (2013)

O passo final para avaliar o ajuste geral foi determinar o nível de precisão preditiva das funções discriminantes. Na TABELA 7 encontra-se a matriz de classificação obtida pelas cinco funções discriminantes. Observou-se que as funções atingem um grau elevado de precisão de classificação. A proporção de sucesso pelo método da ressubstituição é 100%, enquanto que para o método da validação cruzada foi de 94%.

TABELA 7 – MATRIZES DE CLASSIFICAÇÃO PARA A ANÁLISE DISCRIMINANTE DE 4 GRUPOS.

		Método da Resubstituição			
Grupo atual	Número de casos	Pertinência ao grupo previsto			
		1	2	3	4
1	6	<b>6 (100%)</b>	0	0	0
2	16	0	<b>16 (100%)</b>	0	0
3	15	0	0	<b>15 (100%)</b>	0
4	30	0	0	0	<b>30 (100%)</b>
Percentual de casos corretamente classificados: 100% (6+16+15+30 = 67)/67					
		Método de Lachenbruch			
Grupo atual	Número de casos	Pertinência ao grupo previsto			
		1	2	3	4
1	6	<b>5 (83,3%)</b>	0	0	1 (16,7%)
2	16	0	<b>14(87,5%)</b>	1 (6,3)	1 (6,3%)
3	15	0	0	<b>14 (93,3%)</b>	1 (6,3%)
4	30	0	0	0	<b>30 (100%)</b>
Percentual de casos corretamente classificados: 94,0% (5+14+14+30 = 63)/67					

FONTE: O autor (2013)

Apesar de as proporções de sucesso serem altas, elas devem ser comparadas com os critérios de chance máxima e chance proporcional para avaliar sua verdadeira efetividade (HAIR *et al.*, 2005). O critério de chance máxima é simplesmente a proporção de sucesso obtida se designadas todas as observações para o grupo com maior probabilidade de ocorrência. Na presente amostra, de 67 observações (blocos), 6 estão no grupo 1 e, 16, 15 e 30 nos grupos 2, 3, 4, respectivamente. Portanto, a probabilidade mais alta, sem uso das funções, seria de 44,7% (30/67) caso fossem alocadas todas as parcelas para o maior grupo (grupo 4).

Hair *et al.* (2005) recomendaram que quando se lida com amostras com grupos de tamanhos diferentes, como é o caso do presente estudo, deve-se ainda calcular o critério de chance proporcional, que é calculado pela soma dos quadrados das proporções de cada grupo. O critério de chance proporcional obtido pelos grupos foi de 31,5%, portanto, menor que o critério de chance máxima, o qual deve ser superado. Adotando uma referência mínima de 25% maior que o valor critério, obtém-se uma probabilidade de 56% (44,7% x 1,25). As proporções de sucesso de ambas as validações excedem esse valor, e isto se confirma até para as proporções

individuais de cada grupo, demonstrando que o modelo obtido é bastante satisfatório.

### 2.3.3 Delimitação final dos estratos ou grupos florísticos formados

A partir da ocorrência espacial das espécies discriminantes, foram delimitadas no Software *ArcGis* as áreas de cada grupo florístico formado, para a avaliação final da florística arbórea e da estrutura horizontal destes. Pela dispersão de *Gochnatia polymorpha* (FIGURA 10) foi delimitado o perímetro do Grupo 1. *Schinus terebinthifolius* (FIGURA 11) definiu o Grupo 2, enquanto que o Grupo 3 foi delimitado pela ocorrência de *Symplocos tetrandra* (FIGURA 12). Na FIGURA 13 pode ser visualizada a delimitação final de cada grupo florístico.

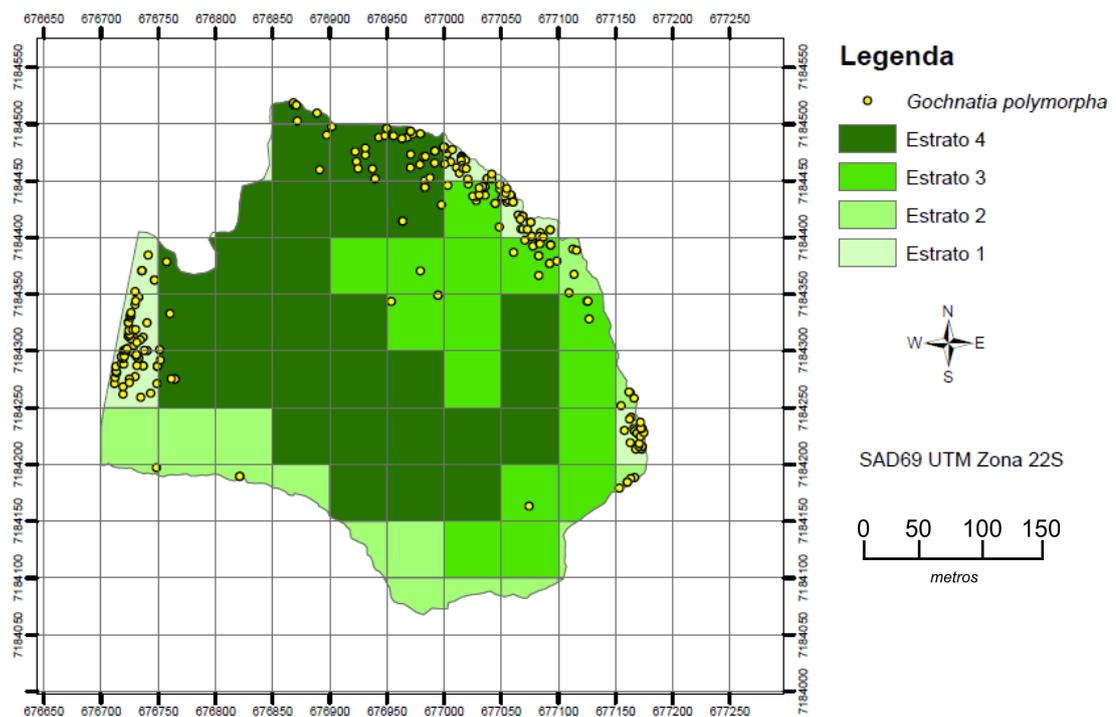


FIGURA 10 – DISPERSÃO ESPACIAL DE *Gochnatia polymorpha* EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA EM CURITIBA – PR.

FONTE: O autor (2013)

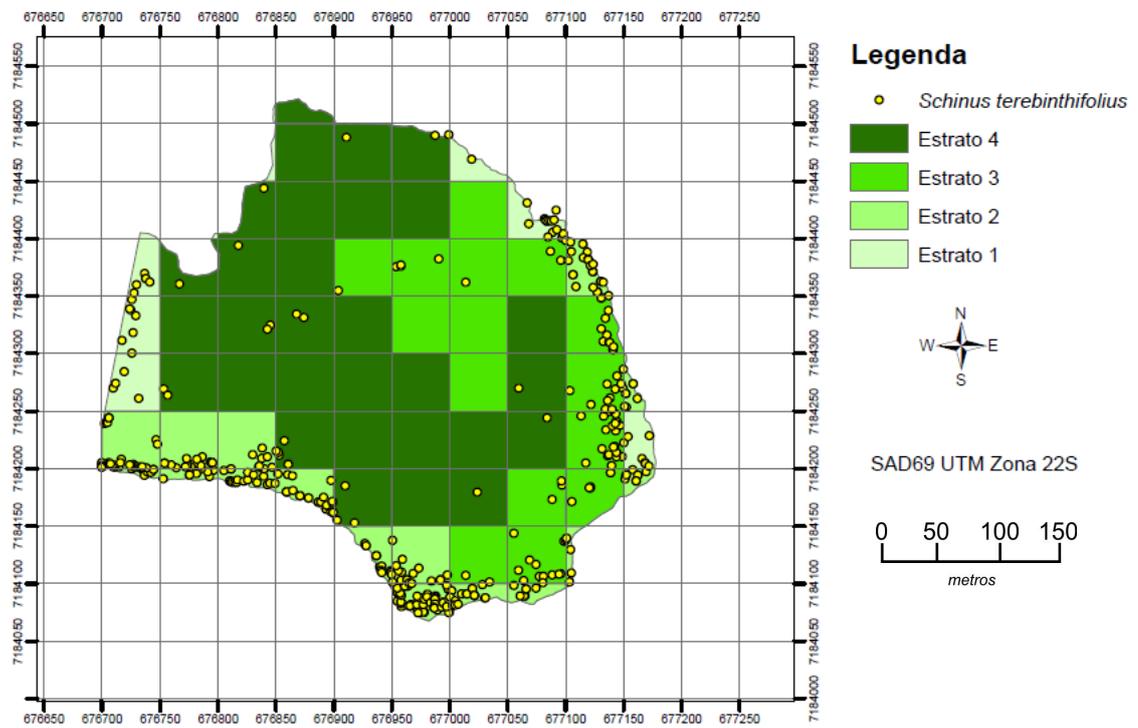


FIGURA 11 – DISPERSÃO ESPACIAL DE *Schinus terebinthifolius* EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA EM CURITIBA – PR.

FONTE: O autor (2013)

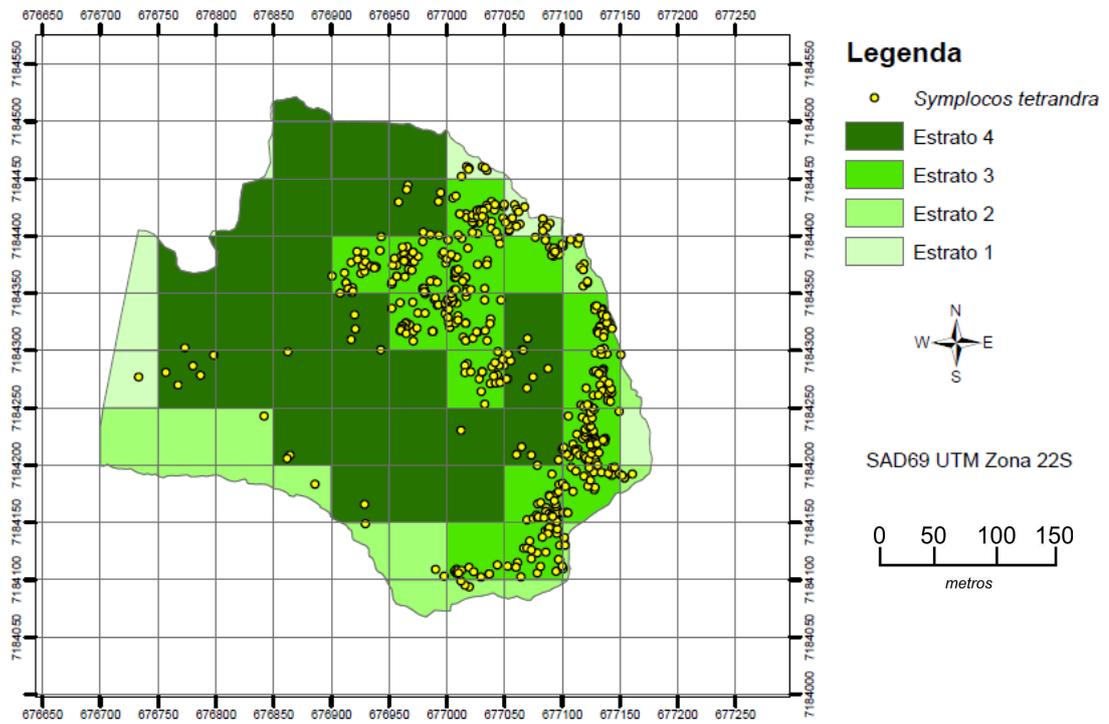


FIGURA 12 – DISPERSÃO ESPACIAL DE *Symplocos tetrandra* EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA EM CURITIBA – PR.

FONTE: O autor (2013)

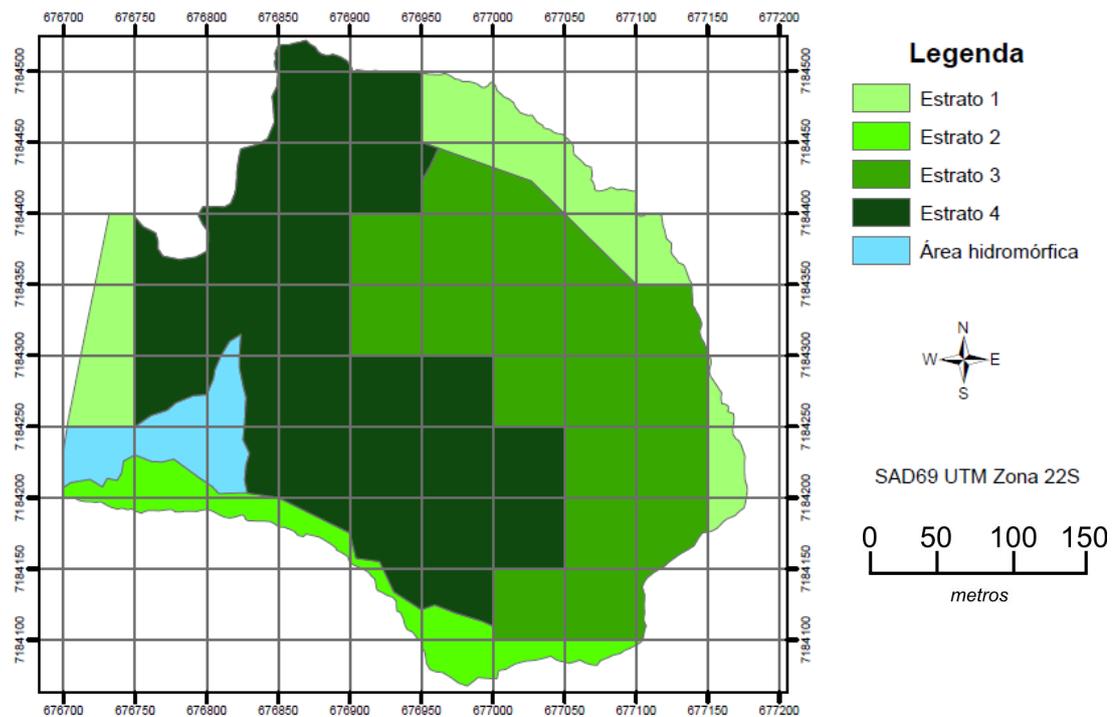


FIGURA 13 – DELIMITAÇÃO FINAL DOS ESTRATOS OU GRUPOS FLORÍSTICOS OBTIDOS EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA EM CURITIBA - PR.

FONTE: O autor (2013)

### 2.3.3 Composição florística e fitossociológica dos grupos formados

Na área de estudo foram numerados e catalogados 10399 indivíduos, distribuídos em 117 espécies, 81 gêneros e 48 famílias, das quais Myrtaceae (14 spp.), Lauraceae (10 spp.), Fabaceae (9 spp.) e Asteraceae (5 spp.) apresentam maior diversidade (TABELA 8). Do total, 81 indivíduos não foram identificados.

TABELA 8 – LISTA DE ESPÉCIES ENCONTRADAS EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBROFILA MISTA EM CURITIBA – PR.

continua

Familia	Espécie
Anacardiaceae	<i>Lithrea brasiliensis</i> March. <i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi
Annonaceae	<i>Rollinia rugulosa</i> Schltld.
Aquifoliaceae	<i>Ilex brevicuspis</i> Reissek <i>Ilex dumosa</i> Reissek <i>Ilex paraguariensis</i> A. St.-Hil. <i>Ilex theezans</i> Mart. ex Reissek
Araliaceae	<i>Oreopanax fulvum</i> Marchal
Araucariaceae	<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze
Arecaceae	<i>Syagrus rommanzofiana</i> (Cham.) Glassman
Asteraceae	<i>Baccharis dracunculifolia</i> <i>Dasyphyllum tomentosum</i> (Spreng.) Cabrera <i>Gochnatia polymorpha</i> (Less.) Cabrera <i>Piptocarpha angustifolia</i> Dusén ex Malme <i>Piptocarpha axillaris</i> (Less.) Baker
Bignoniaceae	<i>Cybistax antisyphilitica</i> (Mart.) Mart. <i>Jacaranda puberula</i> Cham. <i>Tabebuia alba</i> (Cham.) Sandwith
Bombacaceae	<i>Ceiba speciosa</i> (A. St.-Hil.) Ravenna
Canellaceae	<i>Cinnamodendron dinisii</i> (Schwacke) Occhioni
Cannabaceae	<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg.
Cardiopteridaceae	<i>Citronella congonha</i> (Mart.) Howard <i>Citronella paniculata</i> (Mart.) R.A. Howard
Celastraceae	<i>Maytenus alaternoides</i> Reissek <i>Maytenus aquifolium</i> Mart.
Clethraceae	<i>Clethra scabra</i> Pers.
Cunoniaceae	<i>Lamanonia speciosa</i> (Cambess.) L.B. Sm. <i>Lamanonia ternata</i> Vell.
Ebenaceae	<i>Dyospiros kaki</i> L.
Elaeocarpaceae	<i>Sloanea monosperma</i> Vell.
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum deciduum</i> A. St.-Hil.
Escalloniaceae	<i>Escallonia bifida</i> Link & Otto <i>Escallonia montevidensis</i> (Cham. & Schltld.) DC.
Euphorbiaceae	<i>Croton celtidifolius</i> Baill. <i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L.B. Sm. & Downs <i>Sapium glandulatum</i> (Vell.) Pax

TABELA 8 – LISTA DE ESPÉCIES ENCONTRADAS EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA EM CURITIBA – PR.

Familia	Espécie
Fabaceae	<i>Dalbergia brasiliensis</i> Vogel <i>Dalbergia frutescens</i> (Vell.) Britton <i>Erythrina falcata</i> Benth. <i>Inga marginata</i> Willd. <i>Inga sessilis</i> (Vell.) Mart. <i>Lonchocarpus campestris</i> Mart. ex Benth. <i>Machaerium paraguariense</i> Hassl. <i>Machaerium stipitatum</i> (DC.) Vogel <i>Mimosa scrabrella</i> Benth. <i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S. Irwin & Barneby
Lamiaceae	<i>Aegiphila brachiata</i> Vell. <i>Vitex megapotamica</i> (Spreng.) Moldenke
Lauraceae	<i>Cinnamomum glaziovii</i> (Mez) Kosterm. <i>Cinnamomum sellowianum</i> (Nees at Mart) Kosterm. <i>Cinnamomum vesiculosum</i> (Ness) Kosterm. <i>Cryptocarya aschersoniana</i> Mez <i>Nectandra lanceolata</i> Nees <i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez <i>Ocotea bicolor</i> Vattimo <i>Ocotea nutans</i> (Nees) Mez <i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees <i>Ocotea pulchella</i> (Nees) Mez
Lythraceae	<i>Lafoensia pacari</i> Cham. & Schltld.
Magnoliaceae	<i>Michelia champaca</i> L.
Malvaceae	<i>Luehea divaricata</i> Mart. Et Zucc.
Meliaceae	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.
Monimiaceae	<i>Mollinedia clavigera</i> Tul.
Myrtaceae	<i>Myrceugenia glaucenscens</i> D.Legrand & Kausel
Myrtaceae	<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O. Berg <i>Calypttranthes concinna</i> DC. <i>Campomanesia guaviroba</i> (DC.) Kiaersk. <i>Campomanesia guazumifolia</i> (Cambess.) O. Berg <i>Campomanesia xanthocarpa</i> O. Berg <i>Eugenia involucrata</i> DC. <i>Eugenia multiovulata</i> Mattos & D. Legrand <i>Eugenia uniflora</i> L. <i>Gomidesia palustris</i> DC.

TABELA 8 – LISTA DE ESPÉCIES ENCONTRADAS EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA EM CURITIBA – PR.

continuação

Familia	Especie
Myrtaceae	<i>Myrceugenia miersiana</i> (Gardner) D. Legrand & Kausel
	<i>Myrcia hatschbachii</i> D. Legrand
	<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.
	<i>Pimenta pseudocaryophyllus</i> (Gomes) Landrum
	<i>Psidium cattleianum</i> Sabine
Nyctaginaceae	<i>Bougainvillea glabra</i> Choisy
Oleaceae	<i>Ligustrum lucidum</i> Aiton fil.
Picramniaceae	<i>Picramnia parvifolia</i> Engl.
Pinaceae	<i>Pinus taeda</i> L.
Primulaceae	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.
	<i>Myrsine ferruginea</i> (Sw.) R.Br.
	<i>Myrsine gardneriana</i> A. DC.
	<i>Myrsine umbellata</i> Mart.
Proteaceae	<i>Roupala brasiliensis</i> Klotzsch
Rhamnaceae	<i>Hovenia dulcis</i> Thunb.
	<i>Scutia buxifolia</i> Reissek
Rosaceae	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.
	<i>Prunus brasiliensis</i> (Cham. & Schltld.) Dietrich
Rubiaceae	<i>Coutarea hexandra</i> (Jacq.) K. Schum.
Rutaceae	<i>Zanthoxylum kleinii</i> (R.S. Cowan) P.G. Waterman
	<i>Zanthoxylum petiolare</i> A. St.-Hil. & Tul.
	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.
Salicaceae	<i>Banara tomentosa</i> Clos
	<i>Casearia decandra</i> Jacq.
	<i>Casearia lasiophylla</i> Eichler
	<i>Casearia obliqua</i> Spreng.
	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.
	<i>Xylosma pseudosalzmanii</i> Sleumer
Sapindaceae	<i>Allophylus edulis</i> (A. St.-Hil., Cambess. & A. Juss.) Radlk.
	<i>Allophylus semidentatus</i> (Miq.) Radlk.
	<i>Cupania vernalis</i> Cambess.
	<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.
Simaroubaceae	<i>Picrasma crenata</i> (Vell.) Engl.
Solanaceae	<i>Solanum pseudoquina</i> A. St.-Hil.
	<i>Solanum sanctaecatharinae</i> Dunal
	<i>Solanum swartzianum</i> Roem. & Schult.
Styracaceae	<i>Styrax leprosus</i> Hook. & Arn.

TABELA 8 – LISTA DE ESPÉCIES ENCONTRADAS EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBROFILA MISTA EM CURITIBA – PR.

Familia	Especie	conclusão
Symlocaceae	<i>Symplocos tenuifolia</i> Brand	
	<i>Symplocos tetrandra</i> (Mart.) Miq.	
	<i>Symplocos uniflora</i> (Pohl) Benth.	
Theaceae	<i>Gordonia fruticosa</i> (Schrad.) Kobuski	
Verbenaceae	<i>Duranta vestita</i> Cham.	
	<i>Lippia brasiliensis</i> (Link) T.R.S.Silva	
Winteraceae	<i>Drimys brasiliensis</i> Miers	

FONTE: O autor (2013)

Com a determinação dos 4 grupos florísticos pelas técnicas multivariada, foram processadas as análises fitossociológicas por grupo e para todas as espécies, incluindo as não identificadas.

São apresentados gráficos para as oito espécies importantes dos grupos pelo maior valor de importância (VI %), acompanhado dos valores de dominância, densidade e frequência relativa. As análises fitossociológicas completas por grupo podem ser consultadas nos APÊNDICES 1 a 4.

A TABELA 9 apresenta a área em hectares de cada grupo, bem como o número de indivíduos, a densidade, a área basal, e ainda as espécies discriminantes.

TABELA 9 – RESULTADO DO AGRUPAMENTO E AS PRINCIPAIS ESPÉCIES DISCRIMINANTES EM CADA GRUPO.

Grupo	Espécies discriminantes	Área (ha)	%	Nº ind.	N/ha	Area basal (m <sup>2</sup> /ha)
1	<i>Gochnatia polymorpha</i>	1,6	12,4%	1437	898	28,91
2	<i>Schinus terebinthifolius</i>	0,85	6,6%	785	924	22,46
	<i>Sebastiania commersoniana</i>					
3	<i>Symplocos tetrandra</i>	4,75	36,7%	4130	869	27,60
4	–	5,75	44,4%	4040	703	28,23

FONTE: O Autor (2013)

### 2.3.3.1 Grupo 1 – Floresta Ombrófila Mista Montana de borda

No Grupo 1, com área de cerca de 1,6 ha, foram catalogados 1437 indivíduos em 77 espécies, possuindo área basal de 28,91 m<sup>2</sup>/ha. Engloba blocos localizados na borda do fragmento, na parte mais elevada do terreno, onde ocorrem solos bem drenados. Na FIGURA 14 constam as oito espécies com maior valor de importância (VI %) deste grupo.

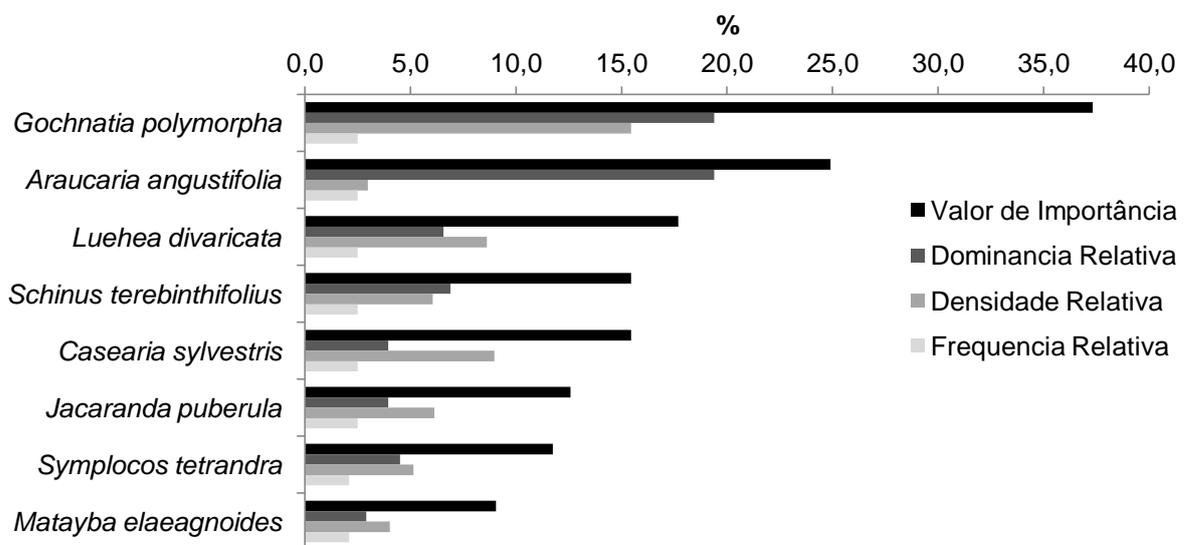


FIGURA 14 – VALOR DE IMPORTÂNCIA PARA AS OITO PRIMEIRAS ESPÉCIES DO GRUPO 1.

FONTE: O autor (2013)

*Gochnatia polymorpha* foi a espécie com o maior valor de importância (37,34%) neste grupo, com densidade de 108 ind./ha e dominância de 5,6 m<sup>2</sup>/ha. A análise discriminante apontou esta espécie como a espécie com maior poder de discriminar o grupo. Trata-se de uma planta heliófila, pioneira ou secundária inicial, seletiva xerófila, característica de terrenos pobres de cerrados e da floresta latifoliada, sendo frequente em bordas de matas e capões, e raramente encontrado na floresta primária. É considerada padrão de terra fraca, e invasora de áreas degradadas (LORENZI, 1992; CARVALHO, 2003).

A segunda espécie em valor de importância foi *Araucaria angustifolia* (24,9%) que, apesar da sua baixa densidade (2,99%, 27 ind./ha), apresenta alta dominância (19,40%) devido à elevada área basal dos indivíduos da espécie (5,61 m<sup>2</sup>/ha). Em seguida aparece *Luehea divaricata* (17,7%), espécie heliófita comum em formações secundárias, seguido de *Schinus terebinthifolius* (15,46%), uma planta pioneira, heliófita, que apesar de ser comum em beira de rios, córregos e em várzeas úmidas de formações secundárias, cresce também em terrenos bem drenados (LORENZI, 1992). *Casearia Sylvestris*, *Jacaranda puberula*, *Symplocos tetrandra* e *Matayba elaeagnoides* aparecem na sequência.

#### 2.3.3.2 Grupo 2 – Floresta Ombrófila Mista Aluvial

O Grupo 2 trata-se de um estrato florestal localizado na borda sul do fragmento e na parte mais baixa do terreno, margeando dois cursos de água e estabelecida sobre solos com alta hidromorfia na sua maior parte. Possui área de 0,85 ha, onde foram catalogados 785 indivíduos arbóreos distribuídos em 50 espécies, somando uma área basal de 22,46 m<sup>2</sup>/ha. Na FIGURA 15 são apresentadas as oito espécies com maior valor de importância (VI %) deste grupo.

*Schinus terebinthifolius* foi a espécie com maior valor de importância (65,5%), sendo a mais abundante (265 ind./ha) e com a maior dominância (6,7 m<sup>2</sup>/ha), apresentando densidade relativa de 31,7%, e dominância relativa de 29,7%. *Sebastiania commersoniana* foi a segunda espécie com maior valor de importância (44,5%), apresentando 174 ind./ha com dominância de 3,98 m<sup>2</sup>/ha. Trata-se de uma espécie heliófila e seletiva higrófila, pioneira, que se desenvolve em ambientes abertos e beira de capões de lugares úmidos e até brejosos, característica e quase exclusiva das florestas aluviais e de galeria ao longo de rios e regatos, principalmente em regiões de altitude (LORENZI, 1992).

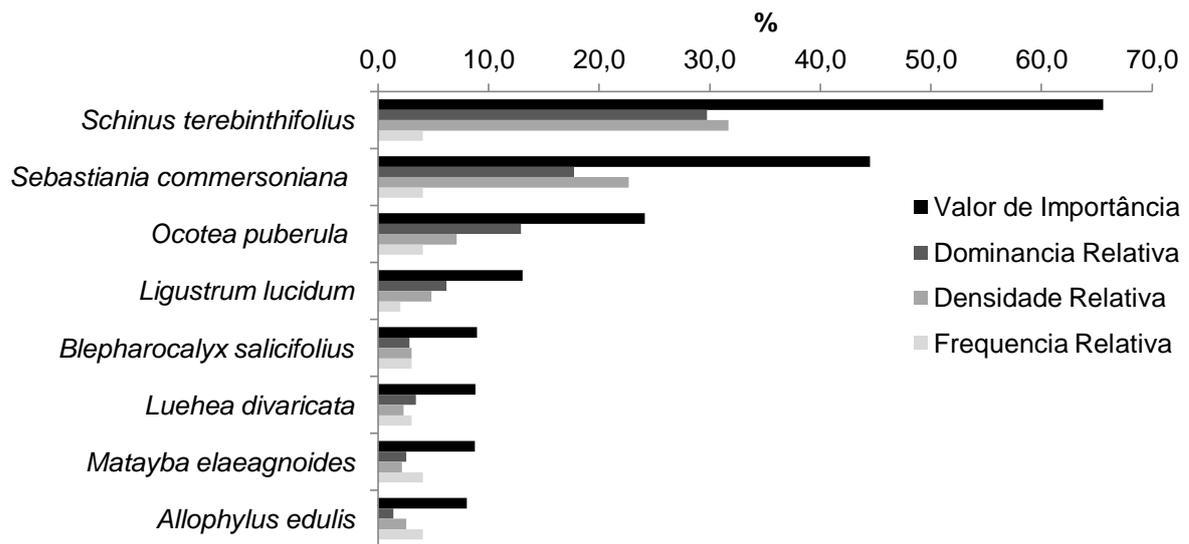


FIGURA 15 – VALOR DE IMPORTÂNCIA PARA AS OITO PRIMEIRAS ESPÉCIES DO GRUPO 2.

FONTE: O autor (2013)

*Schinus terebinthifolius* e *Sebastiania commersoniana* juntas somam 110% em valor de importância e ambas foram apontadas como espécies discriminantes do grupo na análise discriminante, sendo conhecidas como espécies características da Floresta Ombrofila Mista Aluvial (CURCIO, 2006; BARDDAL et al., 2003; LORENZI, 1992).

*Ocotea puberula* aparece em seguida com valor de importância de 24,2% e, ao contrário das duas primeiras espécies, apresenta dominância relativa (12,9%) superior a densidade relativa (7,1%) devido ao porte diamétrico superior dos seus indivíduos, que somam uma área basal de 2,91 m<sup>2</sup>/ha. Trata-se de uma planta heliófita, indiferente às condições físicas do solo, que invade capoeiras e capoeirões, e também clareiras de matas e matas abertas (LORENZI, 1992).

*Ligustrum lucidum*, uma espécie exótica procedente da China (KUNKEL, 1978), muito utilizada em arborização urbana, em cercas vivas e quebra-ventos (LORENZI, 2003) vem em seguida, com 13,1% em valor de importância, e densidade de 42 ind./ha. Embora esteja incluída na lista Lista Oficial de Espécies Exóticas Invasoras do Estado do Paraná, a espécie apresenta frequência limitada à faixa de ocorrência da floresta aluvial, ocorrendo em um agrupamento único, devido provavelmente a algum distúrbio isolado.

*Blepharocalyx salicifolius* aparece na sequência, com 8,9% em valor de importância, sendo outra espécie heliófila e seletiva higrófila comum da Floresta Ombrófila Mista Aluvial, classificada como espécie secundária tardia ou clímax exigente em luz (LORENZI, 2002; CHAGAS *et al.*, 2001).

### 2.3.3.3 Grupo 3 – Floresta Ombrófila Mista Montana I

O Grupo 3 ocupa uma área de 4,75 ha, cerca de 37% da área total do fragmento, onde foram catalogados 4130 indivíduos, distribuídos em 94 espécies, somando uma área basal de 27,6 m<sup>2</sup>/ha. Na FIGURA 16 são apresentadas as oito espécies com maior valor de importância (VI %) deste grupo.

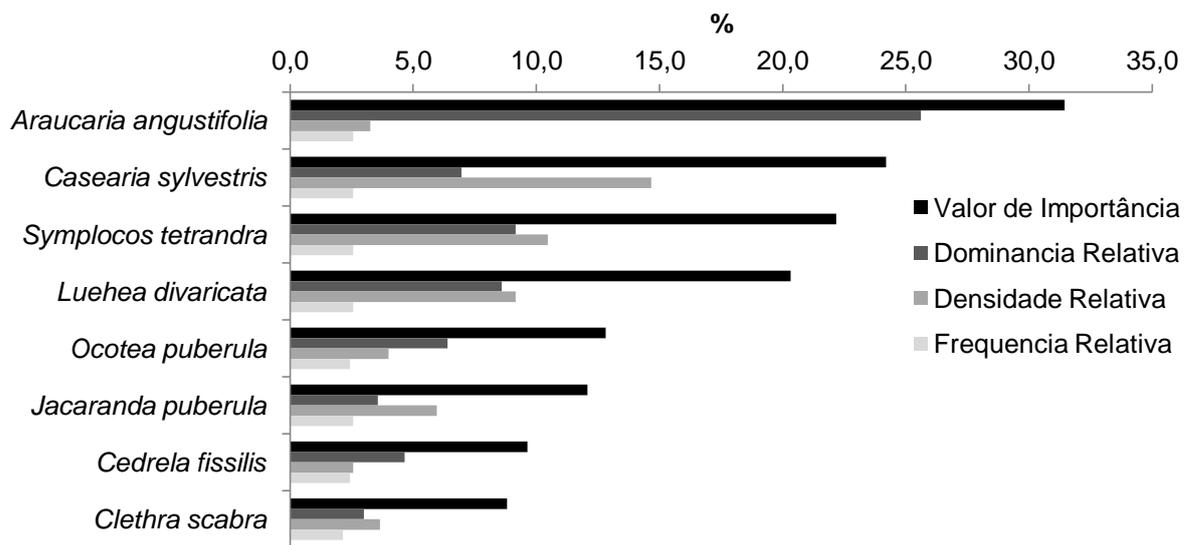


FIGURA 16 – VALOR DE IMPORTÂNCIA PARA AS OITO PRIMEIRAS ESPÉCIES DO GRUPO 3.

FONTE: O autor (2013)

Trata-se de um estrato florestal típico de Floresta Ombrófila Mista Montana secundária, onde *Araucaria angustifolia* aparece como espécie mais importante, com densidade de 28 ind./ha e área basal de 7,07 m<sup>2</sup>/ha, somando um valor de

importância de 31,46%. Com densidade quatro vezes maior, de 114 ind./ha, *Casearia sylvestris* aparece com o segundo maior valor de importância (24,21%), porém com área basal de 1,92 m<sup>2</sup>/ha. *C. sylvestris* consiste de uma espécie pioneira, heliófila ou esciófila, característica e preferencial do sub-bosque de formações secundárias da Floresta Ombrófila Mista (LORENZI, 2002).

Espécie apontada como discriminante do grupo na análise multivariada, *Symplocos tetrandra* foi a terceira com maior valor de importância (22,18%), apresentando densidade de 84 ind./ha e área basal de 2,53 m<sup>2</sup>/ha. Esta espécie secundária inicial (OLIVEIRA FILHO *et al.*, 2008), aparece em diversos levantamentos fitossociológicos na Floresta Ombrófila Mista (KOZERA *et al.*, 2006; CORDEIRO, 2010, CUBAS, 2011; RAMOS *et al.*, 2011), mas sempre com pouca expressão. Neste estudo apresenta alta densidade de indivíduos, mas de forma exclusiva neste estrato florestal representado pelo Grupo 3.

Na sequência aparecem *Luehea divaricata* (20,32%), *Ocotea puberula* (12,81%), *Jacaranda puberula* (12,08%) e *Cedrela fissilis* (9,64%). *L. divaricata* e *J. puberula* consistem de duas espécies heliófitas comuns na Floresta Ombrófila Mista (LORENZI, 1992; GALVÃO e KUNIYOSHI, 1994).

Segundo Lorenzi (1992), *O. puberula* e *C. fissilis* são espécies comuns da Floresta Estacional Semidecidual e da Floresta Ombrófila Mista, estando presentes em diversos estágios de sucessão. Rode (2008), avaliando a fitossociologia de seis diferentes associações florísticas da Floresta Nacional de Irati (duas associações estabelecidas sob um povoamento de Araucária e quatro de Floresta Ombrófila Mista), encontrou *Cedrela fissilis* entre as espécies mais importantes em todas as seis associações, e *O. puberula* aparecendo como mais importante em duas dessas associações.

*Clethra scabra*, uma espécie característica das florestas secundárias e dos capões da mata de pinhais, aparece com valor de importância de 8,81%. Trata-se de uma espécie heliófila, pioneira ou secundária inicial, ocorrendo preferencialmente no interior de capoeiras e capoeirões, ou ao redor, situados em solos pobres, úmidos e compactos, de aclives suaves (LORENZI, 2002; CARVALHO, 2006).

### 2.3.3.4 Grupo 4: Floresta Ombrófila Mista Montana II

O Grupo 4 ocupa uma área de 5,75 ha, cerca de 45% da área total do fragmento, onde foram catalogados 4.040 indivíduos, distribuídos em 100 espécies, somando um área basal média de 28,23 m<sup>2</sup>/ha. Na FIGURA 17 são apresentadas as oito espécies com maior valor de importância (VI %) deste grupo.

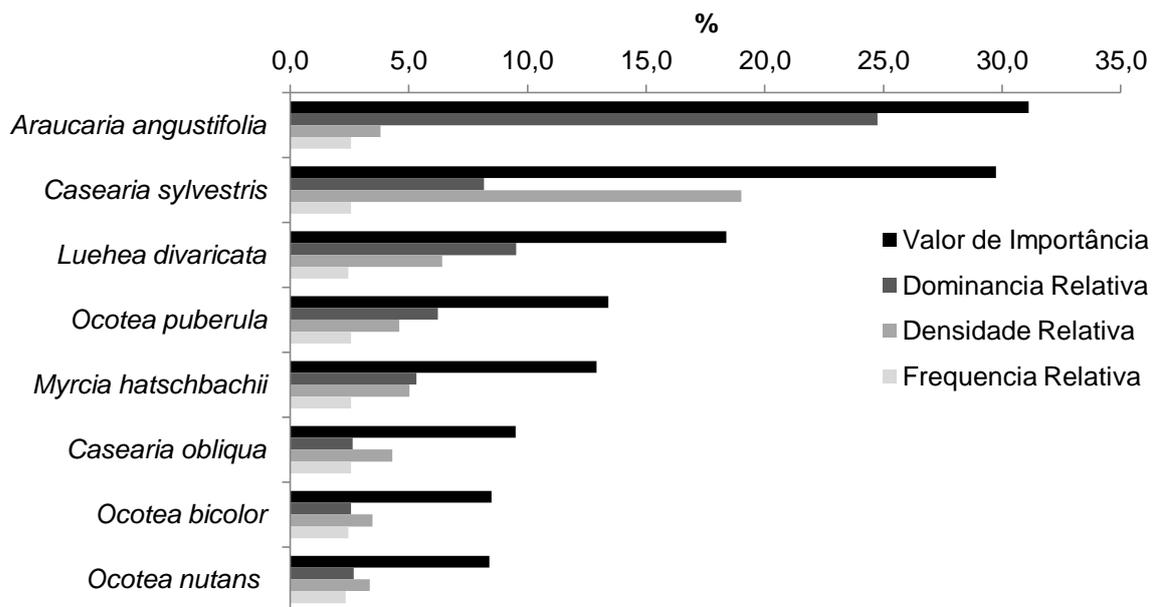


FIGURA 17 – VALOR DE IMPORTÂNCIA PARA AS OITO PRIMEIRAS ESPÉCIES DO GRUPO 4.

FONTE: O autor (2013)

Igualmente ao Grupo 3, *Araucaria angustifolia* e *Caseria sylvestris* são as espécies com maior valor de importância no Grupo 4 (31,12% e 29,74%, respectivamente). De forma semelhante ao encontrado no Grupo 3, *C. sylvestris* apresentou uma densidade cerca de quatro vezes maior que *A. angustifolia* (119 ind./ha e 27 ind./ha respectivamente). Porém, novamente *A. angustifolia* apresentou uma dominância muito maior (6,99 m<sup>2</sup>/ha) que *C. sylvetris* (2,31 m<sup>2</sup>/ha). *Luehea divaricata* (18,38%) e *Ocotea puberula* (13,40%) também aparecem entre as mais importantes neste grupo.

*Myrcia hatschbachii*, espécie de pouca expressividade nos demais estratos (menos de 3,5% em valor de importância), aparece com valor de importância de 12,91% neste grupo, com densidade de 35,5 ind./ha. Espécie classificada como secundária tardia a climática (KLAUBERG *et al.*, 2010), é apontada por Nascimento *et al.* (2010) como espécie indicadora de ambientes mais desenvolvidos de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista, representando trechos com maior área basal e diversidade florística da floresta.

*Casearia obliqua* vem em seguida com valor de importância de 9,50%. Outra espécie com baixa expressividade nos demais estratos (menos de 1,7% em valor de importância), *Ocotea bicolor* apresenta valor de importância de 8,49% neste Grupo 4, seguida de *Ocotea nutans* com 8,39 %.

#### 2.3.4 Diversidade Florística

Na TABELA 10 podem ser visualizados os valores de densidade de indivíduos, a florística e os índices de diversidade arbórea do fragmento estudado e de cada grupo florístico. O fragmento apresentou um índice de riqueza (Odum) e diversidade (Shannon) de 12,76 e 3,69 respectivamente. Rode (2008), avaliando a diversidade de uma Floresta Ombrófila Mista (Floresta Nacional de Irati), encontrou valores de 11,3 e 3,55 usando os mesmos índices. Esse autor encontrou valores de dominância (Simpson) e equabilidade (Pielou) de espécies de 0,04 e 0,76 respectivamente, valores idênticos aos encontrados nesta pesquisa (0,04 e 0,76). Longhi (1997) encontrou um índice de diversidade de Shannon igual a 3,65 para uma Floresta Ombrófila Mista localizada na bacia hidrográfica do rio Passo Fundo, no estado do Rio Grande do Sul. Pode-se concluir que o fragmento estudado apresenta uma diversidade relativamente alta, considerando que o índice de Shannon varia de 1,5 a 3,5 raramente passando de 4,5 (LONGHI, 1997).

Comparando a diversidade entre os grupos florísticos, observa-se que o Grupo 2, que consiste de um estrato de Floresta Ombrófila Mista Aluvial apresenta a menor diversidade dentre todos, devido a sua menor riqueza de espécies (metade da riqueza do estrato mais diverso) e também pela sua maior dominância de espécies expressa pelo índice de Simpson (0,16), e menor equabilidade de

espécies, expressa pelo índice de Pielou (0,65). Esta maior dominância por poucas espécies pode ser nitidamente observado na FIGURA 15, que mostra o valor de importância elevado das duas primeiras espécies, *Schinus terebinthifolius* e *Sebastiania commersoniana*, que juntas somam 110,06% em valor de importância neste grupo. A alta hidromorfia dos solos deste estrato contribui para o estabelecimento dessas poucas espécies adaptadas a esta condição restritiva, limitando a diversidade de espécies.

O Grupo 1, que se trata de uma vegetação predominantemente típica de borda, apresenta diversidade maior que a encontrada no Grupo 2, e apesar de possuir riqueza e diversidade de espécies menor que os estratos do interior da floresta, apresenta dominância e equabilidade de espécies similares aos encontrados nestes últimos, demonstrando que os indivíduos se distribuem de forma homogênea entre as espécies.

Os estratos de Floresta Ombrófila Mista Montana interiores, representados pelos Grupos 3 e 4, apresentam os maiores valores de diversidade, com valores de 3,46 e 3,55 para o índice de Shannon respectivamente. Nota-se pela TABELA 10 que os estratos mais diversos são os que possuem a menor densidade de indivíduos. Isto se deve em parte à alta dominância de indivíduos com porte menor distribuídos em poucas espécies nos estratos menos diversos, que tendem a ter área basal proporcionalmente menor (TABELA 9). O Grupo 2, que possui a maior densidade (924 ind/ha), é o que possui a menor diversidade e menor área basal.

O teste T de Hutcheson para os valores de diversidade expressos pelo índice de Shannon (TABELA 11) demonstrou que o estrato de Floresta Aluvial, representado pelo Grupo 2 é estatisticamente menos diverso que os demais. Os estratos representados pelos Grupos 3 e 4 revelaram-se estatisticamente iguais quanto a sua diversidade. O estrato representado pelo Grupo 1 tem diversidade igual ao Grupo 3, porém é inferior ao Grupo 4.

TABELA 10 – FLORÍSTICA E ÍNDICES DE DIVERSIDADE PARA TODA A ÁREA DE ESTUDO E POR GRUPO FLORÍSTICO.

Parâmetro	Grupo Florístico				
	Floresta	1	2	3	4
Nº Indivíduos/ha	799	898	924	869	703
Nº Espécies	118	77	50	95	100
Nº Gêneros	78	60	40	66	60
Nº Famílias	48	36	27	41	41
Riqueza (Odum)	12,76	10,59	7,50	11,29	12,04
Dominância (Simpson)	0,04	0,06	0,16	0,06	0,06
Equabilidade (Pielou)	0,77	0,78	0,65	0,76	0,77
Diversidade (Shannon)	3,69	3,38	2,52	3,46	3,55

FONTE: O autor (2013)

TABELA 11 – TESTE T DE HUTCHESON PARA OS VALORES PAREADOS DO ÍNDICE DE SHANNON ENTRE CADA GRUPO.

Grupos pareados	Diferença de H'	Teste t de Hutcheson		
		t <sub>calc.</sub>	t <sub>α</sub>	Conclusão
Grupos 1 e 2	0,851	16,42	3,30	*
Grupos 1 e 3	0,085	2,22	3,29	ns
Grupos 1 e 4	0,175	4,55	3,29	*
Grupos 2 e 3	0,936	16,12	3,30	*
Grupos 2 e 4	1,027	17,58	3,30	*
Grupos 3 e 4	0,091	3,17	3,29	ns

ns = não significativo. \* = significativo ao nível de 99,9% de probabilidade ( $p < 0,001$ ).

FONTE: O autor (2013)

### 2.3.5 Distribuição Diamétrica

As distribuições diamétricas de cada grupo florístico estão apresentadas na FIGURA 18 e os resultados da estatística descritiva na TABELA 12. As distribuições diamétrica de todos os grupos apresentaram a típica distribuição J-invertido, característica de florestas tropicais, por serem heterogêneas e multiâneas (SCOLFARO, 2006). Neste tipo de distribuição, a assimetria é positiva e as médias estão à direita das medianas. O estrato de Floresta Aluvial (Grupo 2) apresentou a menor média diamétrica (16,6 cm) dentre todos, concentrando o maior número de

indivíduos na primeira classe diamétrica. Este estrato apresentou também a menor amplitude diamétrica, propiciando o menor coeficiente de variação.

O Grupo 4 apresentou a maior média diamétrica (19,42 cm), e possui a menor concentração de indivíduos na primeira classe diamétrica, possuindo a maior amplitude de diâmetros dentre os quatro grupos, propiciando a maior variação diamétrica.

O teste não paramétrico de *Kolmogorov-Smirnov* (TABELA 13) apontou que as distribuições dos estratos de borda, Grupos 1 e 2 (Floresta Ombrófila Mista Montana de borda e Floresta Aluvial) e o estrato de Floresta Ombrófila Mista Montana representado pelo Grupo 3 são estatisticamente iguais, e diferem do estrato representado pelo Grupo 4. Nota-se pela FIGURA 18 que o Grupo 4 apresenta uma distribuição de frequências mais uniforme entre as classes de DAP, possuindo uma diminuição menos acentuada do número de indivíduos nas classes subsequentes.

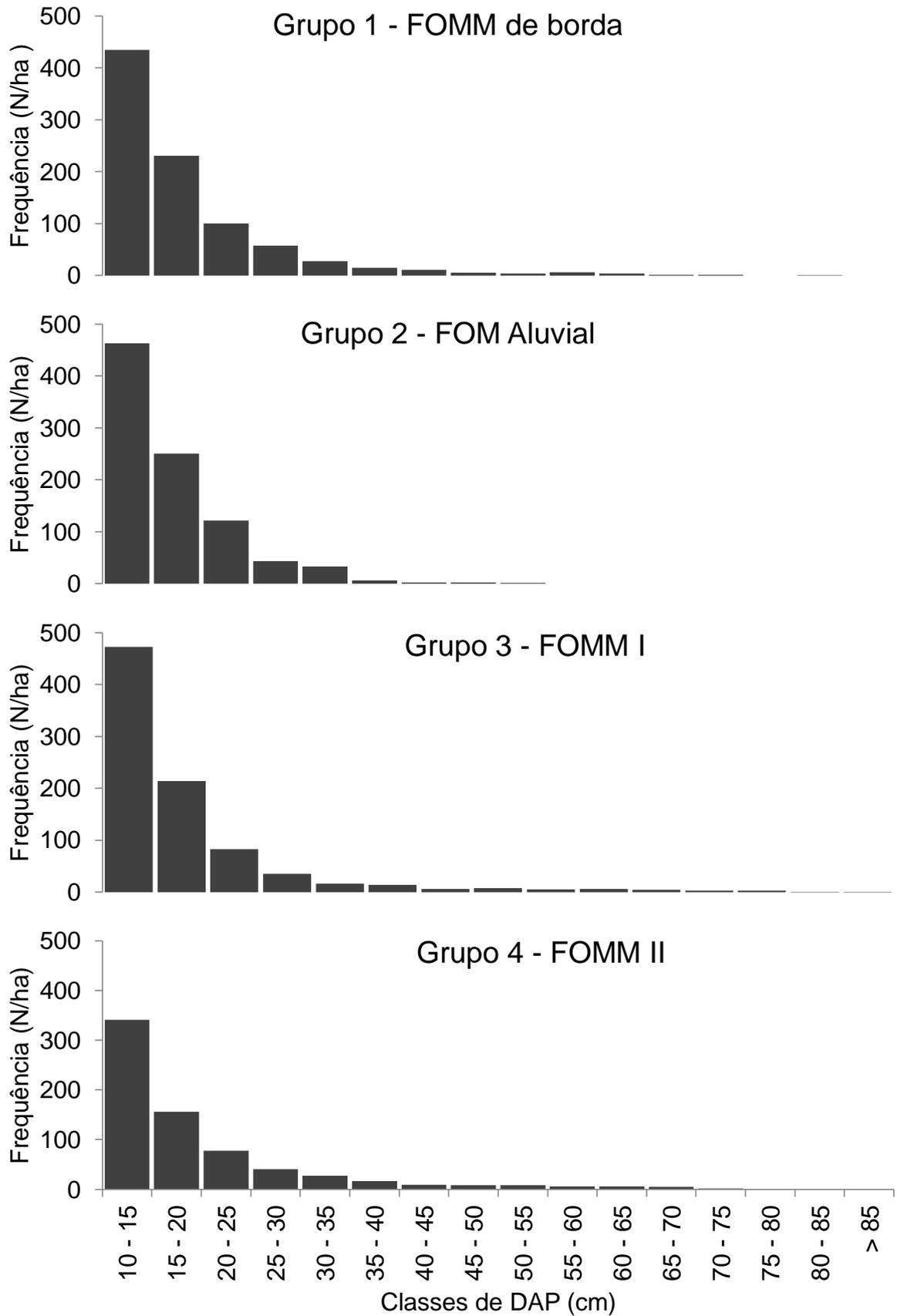


FIGURA 18 – FREQUÊNCIA (N/HA) POR CLASSE DE DIÂMETRO (DAP CM) DE CADA GRUPO.

FONTE: O autor (2013)

TABELA 12 – ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DOS DIÂMETROS (CM) DOS INDIVÍDUOS DE CADA GRUPO FLORÍSTICO.

Estatística	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Média	18,07	16,60	17,54	19,42
Mediana	15,18	14,93	14,45	15,31
Moda	13,53	10,12	10,03	11,14
Desvio padrão	9,15	6,03	9,84	11,56
Variância	83,77	36,32	96,75	133,69
Coefficiente de Variação	51%	36%	56%	60%
Curtose	8,77	3,96	10,83	6,18
Assimetria	2,59	1,69	3,02	2,37
Mínimo	10,03	10,03	10,03	10,03
Máximo	82,00	52,17	81,81	86,93
N	1437	785	4130	4040

FONTE: O autor (2013)

TABELA 13 – RESULTADO DOS TESTES DE KOLMOGOROV-SMIRNOV DAS DISTRIBUIÇÕES DIAMÉTRICAS ENTRE OS 4 GRUPOS FLORÍSTICOS ESTUDADOS.

Pares de distribuições	Teste de <i>Kolmogorov-Smirnov</i>		
	Maior diferença de D	D $\alpha$ (D crítico)	Conclusão
Grupo 1 - 2	0,05258	0,08651	ns
Grupo 1 - 3	0,05914	0,05968	ns
Grupo 1 - 4	0,04249	0,05984	ns
Grupo 2 - 3	0,04407	0,07589	ns
Grupo 2 - 4	0,08812	0,07602	*
Grupo 3 - 4	0,08322	0,04309	*

ns = não significativo. \* = significativo ao nível de 99,9% de probabilidade ( $p < 0,001$ ).

FONTE: O autor (2013)

### 2.3.6 Avaliação geral dos grupos

A sucessão ecológica pode ser dividida em dois tipos, primária e secundária. A sucessão primária se desenvolve sobre substratos recém formados ou expostos, onde não havia legado biológico de vegetação prévia (banco de sementes, matéria orgânica, etc.) e a secundária é derivada de um distúrbio, como por exemplo, em áreas desmatadas para cultivo (FINEGAN, 1984). De acordo com BUDOWSKI (1963), sucessão florestal é o processo que envolve a substituição ordenada de uma comunidade de plantas por outra ao longo do tempo. Isto implica em mudanças na

composição florística, na fisionomia e na estrutura da comunidade. Estas mudanças consistem na substituição de espécies pioneiras e heliófitas por espécies secundárias e climáticas esciófilas, além de um aumento na amplitude de diâmetros, na estratificação vertical e na presença de lianas, entre outras.

Neste estudo, no que trata a classificação de ambientes mais avançados na sucessão ecológica, observou-se um aumento na diversidade de espécies dos ambientes de borda em direção aos estratos mais internos do capão, como pode ser observado nas TABELAS 10 e 11, que apresentam os valores do Índice de diversidade de Shannon e o teste T de Hutcheson pareado. O Grupo 2, um estrato típico de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, apresentou uma grande dominância de espécies indicadoras de estágios iniciais de sucessão, como *Schinus terebinthifolius*, e o menor índice de diversidade o qual mostrou-se significativamente menor em relação aos demais estratos. O Grupo 1, um estrato típico de floresta de borda, também mostra dominância de espécies indicadoras de estágios iniciais de sucessão, como *Schinus terebinthifolius* e *Gochnatia polymorpha*, sendo um pouco mais diverso que o Grupo 2. A alta hidromorfia dos solos observada na porção sul do fragmento e a forte antropização presente nas suas bordas aparentam estar diretamente relacionados à estratificação encontrada pelas análises multivariadas e fitossociológicas.

Os Grupos 3 e 4, localizados no interior do capão, apresentam maior diversidade de espécies, e não diferem entre si quanto a este aspecto. Entretanto, a análise fitossociológica apontou algumas diferenças na composição de espécies nos dois estratos. O Grupo 3 se diferencia principalmente pela alta densidade de indivíduos de *Symplocos tetrandra*, uma espécie classificada como secundária inicial (OLIVEIRA FILHO *et al.*, 2008). O Grupo 4 se distingue pela ocorrência da espécie *Myrcia hatschbachii*, espécie classificada como secundária tardia a climática (KLAUBERG *et al.*, 2010) e apontada por Nascimento *et al.* (2010) como indicadora de ambientes mais avançados na Floresta Ombrófila Mista secundária. Quanto à estrutura diamétrica, observou-se a menor área basal e média diamétrica no estrato de Floresta Aluvial (Grupo 2). O Grupo 1 (Floresta de Bordadura) e o Grupo 3 não apresentaram grandes diferenças na estrutura diamétrica e na área basal média. Já o Grupo 4 tem a maior área basal média, e demonstrou estrutura diamétrica diferenciada (teste de Kolmogorov-Smirnov, TABELA 13), com maior média

diamétrica e frequência de indivíduos distribuídos mais uniformemente nas classes de DAP.

Desta forma, pode-se afirmar que o Grupo 4 demonstrou ser ligeiramente mais avançado na sucessão ecológica, apresentando maior diversidade de espécies, maior densidade de espécies indicadoras de ambientes avançados, além de maior área basal e média diamétrica. Esta estratificação encontrada no interior do fragmento aparenta estar relacionada com o histórico de uso da área. Na sua porção leste, onde se situa o Grupo 3, ainda podem ser observados resquícios maiores de antropização, como uma maior densidade de trilhas e a presença de mesas e postes de concreto, indicando o uso recreativo do local em um passado recente, condição não observada na parte oeste, onde se situa o Grupo 4.

## 2.4 CONCLUSÕES

As análises de Agrupamento e Discriminante apontaram a existência de 4 grupos florísticos distintos na área de estudo, onde *Gochnatia polymorpha*, *Schinus terebinthifolius*, *Sebastiania commersoniana* e *Symplocos tetrandra* possuem o maior poder discriminante.

Pela análise fitossociológica, foram identificadas as seguintes associações florísticas ou estratos: Floresta Ombrófila Mista Montana de borda (Grupo 1), Floresta Ombrófila Mista Aluvial, e duas associações típicas de Floresta Ombrófila Mista Montana (Grupos 3 e 4).

Os Grupos 3 e 4 foram os estratos mais diversos em número de espécies e o estrato de Floresta Aluvial (Grupo 2) foi o que obteve a menor diversidade. A estrutura diamétrica foi estatisticamente diferente no Grupo 4, que apresentou a maior área basal e média diamétrica, demonstrando-se o mais avançado na sucessão ecológica.

### 3 ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA E ESPACIAL DE ESPÉCIES ARBÓREAS DE UMA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA EM CURITIBA, PARANÁ.

#### RESUMO

Investigar o padrão espacial das árvores é um aspecto crucial para entender como as espécies usam os recursos da floresta, pois estas podem apresentar padrões espaciais distintos em resposta aos fatores bióticos e abióticos do ambiente. Fatores intrínsecos às espécies, como a sua distribuição diamétrica também afetam o seu padrão de distribuição espacial. Desta forma, este estudo teve como objetivo avaliar a distribuição diamétrica e o padrão espacial de espécies arbóreas estabelecidas em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista localizado em Curitiba – Paraná. Os dados utilizados provieram de um censo florestal realizado no fragmento, onde todas as árvores com DAP igual ou superior a 10 cm foram medidas, identificadas e georreferenciadas. As espécies escolhidas para o estudo foram as mais importantes de quatro estratos identificados na área. Foi delimitada uma parcela em cada um dos estratos onde as coordenadas UTM das árvores foram transformadas em pares de coordenadas cartesianas para aplicação da função K de Ripley. Pelo uso desta função é possível investigar o padrão de distribuição espacial de espécies (função univariada) e também a relação espacial entre espécies (função bivariada). Além do padrão de distribuição espacial, foi determinada a distribuição de diâmetros das espécies estudadas, expressa pela frequência de indivíduos em classes de DAP. A distribuição de diâmetros de *Araucaria angustifolia* se configurou muito próxima da distribuição normal. *Ocotea puberula* e *Myrcia hatschbachii* apresentaram distribuição diamétrica unimodal com assimetria positiva. A distribuição diamétrica decrescente foi observada para *Gochnatia polymorpha*, *Schinus terebinthifolius*, *Sebastiania commersoniana*, *Casearia sylvestris*, *Jacaranda puberula*, *Luehea divaricata*, *Symplocos tetrandra* e *Casearia obliqua*. *A. angustifolia* e *O. puberula* apresentaram padrão aleatório de distribuição espacial. *C. sylvestris*, *C. obliqua*, *J. puberula*, *L. divaricata*, *S. terebinthifolius*, *G. polymorpha*, *S. commersoniana*, *M. hatschbachii*, e *S. tetrandra* apresentaram o padrão espacial agregado. A função K bivariada revelou que *A. angustifolia*, *M. hatschbachii* e *O. puberula* formaram agregados com poucas espécies, e tenderam apresentar relação de repulsão entre si. *C. sylvestris* e *S. tetrandra* foram as espécies que mais tiveram relação de agregação com as demais. No geral, *C. obliqua*, *J. puberula* e *L. divaricata* apresentaram independência espacial com as demais espécies. De maneira geral, as espécies com distribuição diamétrica decrescente tenderam a formar agregados com as outras espécies, ao contrário daquelas com distribuição unimodal, que formaram poucos agregados, tendo relação de inibição entre si.

Palavras-chave: Função K de Ripley. Estrutura diamétrica. Floresta de Araucária.

## ABSTRACT

Investigate the spatial pattern of trees is crucial to understand how species use the forest resources, since they can show distinct spatial patterns in response to biotic and abiotic environmental factors. Factors inherent to the species, as their diameter distribution, also affect their spatial distribution. Thus, this study aimed to evaluate the diameter distribution and spatial pattern of tree species established in a fragment of Mixed Ombrophylous Forest located in Curitiba – Paraná, southern Brazil. The data came from a forest census carried on this fragment, where all trees equal or greater than 10 cm of DBH were measured, identified and georeferenced. The species selected for the study were the most important in the four strata identified in the area. In each stratum was defined a plot in which the UTM coordinates of the trees were transformed into cartesian coordinate pairs for application of the Ripley's K function. By using this function it is possible to investigate the spatial distribution of species (univariate function) and also the spatial relationship between species (bivariate function). In addition to the spatial distribution pattern, it was determined the diameter distribution of the species, expressed by the frequency of individuals in classes of DBH. The distribution of diameters of *Araucaria angustifolia* approached to normal distribution. *Ocotea puberula* and *Myrcia hatschbachii* showed unimodal diameter distribution with positive asymmetry. The decreasing diametric distribution was observed for *Gochnatia polymorpha*, *Schinus terebinthifolius*, *Sebastiania commersoniana*, *Casearia sylvestris*, *Jacaranda puberula*, *Luehea divaricata*, *Symplocos tetrandra* and *C. obliqua*. *A. angustifolia* and *O. puberula* presented random spatial distribution. *C. sylvestris*, *C. obliqua*, *J. puberula*, *L. divaricata*, *S. terebinthifolius*, *G. polymorpha*, *S. commersoniana*, *M. hatschbachii* and *S. tetrandra* presented aggregated distribution pattern. The bivariate K function showed that *A. angustifolia*, *M. hatschbachii* and *O. puberula* formed aggregates with few species, and tended to present repulsion relationship between them. *C. sylvestris* and *S. tetrandra* were the species that most had aggregation relationship with the others. In the overall, *C. obliqua*, *J. puberula* and *L. divaricata* showed spatial independence with the other species. In a general way, the species with decreasing diametric distribution tended to form aggregates with other species, contrary to those with unimodal distribution that formed few aggregates, and had inhibition relationship between them.

Keywords: Ripley's K function. Diameter structure. Araucaria Forest.

### 3.1 INTRODUÇÃO

Em resposta aos fatores bióticos (HUBBELL, 1979) e abióticos (CONDIT *et al.*, 2000) de uma floresta, e também à sua autoecologia, as espécies arbóreas podem apresentar padrões espaciais distintos. Investigar o padrão espacial das árvores é um aspecto crucial para entender como as espécies usam os recursos da floresta (CONDIT *et al.*, 2000).

A diversidade de uma floresta influencia diretamente no padrão espacial das espécies que a compõem e vice versa. Segundo Condit *et al.* (2000), se a diversidade de espécies for alta, o número de árvores vizinhas da mesma espécie é, em geral, menor que o número de árvores de outras espécies; entretanto, é comum encontrar na floresta manchas ou grupos de árvores onde há predominância de algumas espécies, em razão de fatores ambientais, dando à floresta uma fisionomia de mosaico vegetacional (ARMESTO *et al.*, 1986) e caracterizando um padrão espacial agregado.

Espécies com reduzida capacidade de dispersão de sementes tendem a apresentar padrões espaciais com certa agregação (BATISTA, 1994), uma vez que locais próximos aos centros de dispersão terão grande possibilidade de ser ocupados por plântulas desta espécie. A distribuição de diâmetros de uma espécie também pode influenciar no seu padrão espacial. Capretz (2004), analisando o padrão espacial por classes de tamanho, observou que as árvores das classes menores mostram acentuada agregação, e que árvores de classes maiores apresentam tendência a padrões aleatórios.

A relação espacial entre árvores de mesma espécie ou de espécies diferentes também é elemento importante para seu padrão espacial. Se mais de uma espécie for dominante na comunidade, o padrão espacial observado da floresta pode ser influenciado decisivamente pelas interações entre as espécies de maior densidade (HAASE *et al.*, 1997). Se a competição entre espécies é mais forte do que dentro de uma mesma população, pode se esperar uma associação negativa entre elas, com efeitos de inibição espacial (HAASE *et al.*, 1997). Se os nichos das espécies estiverem relacionados é esperado encontrar níveis de associação entre elas.

Existem inúmeras metodologias desenvolvidas para se realizar a análise de um padrão de distribuição espacial. Destaca-se entre estas técnicas a função K de Ripley (RODE *et al.*, 2011; MACHADO *et al.*, 2012), um método baseado em contagem e distância, que exige o conhecimento das coordenadas (x, y) de cada evento (RIPLEY, 1977). Pelo uso da função K univariada, é possível investigar o padrão espacial de uma espécie florestal, e por meio da função K bivariada, a relação entre duas espécies.

Desta forma, este estudo teve como objetivo analisar a distribuição diamétrica e espacial de espécies arbóreas estabelecidas em quatro grupos florísticos existentes em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista em Curitiba – Paraná, e tem como objetivos específicos:

- a) Determinar a distribuição diamétrica das espécies estudadas em cada grupo florístico;
- b) Determinar o padrão espacial das principais espécies de cada grupo;
- c) Determinar a relação espacial entre as principais espécies de cada grupo.
- d) Investigar a influência da distribuição diamétrica sobre a distribuição espacial das espécies.

### 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

A descrição da área de estudo, bem como as informações levantadas e medições executadas, foram detalhadas no Capítulo 1.

No Capítulo 2, utilizando técnicas de análise multivariada, foram identificados na área de estudo 4 grupos florísticos nos quais foram determinadas as suas principais espécies por meio da fitossociologia. As espécies com maior valor de importância em cada estrato foram selecionadas e a sua distribuição diamétrica e o seu padrão de distribuição espacial, bem como sua relação espacial com as demais espécies foram estudadas.

A TABELA 14 apresenta as espécies analisadas em cada grupo florístico. Por terem área restrita à borda do fragmento, os grupos Floresta Ombrófila Mista

Montana de borda e Floresta Ombrófila Mista Aluvial tiveram avaliados apenas suas espécies discriminantes, que são as espécies de maior valor de importância dentro de cada grupo. Cada um dos dois estratos de Floresta Ombrófila Mista Montana interiores, que possuem maior extensão, tiveram avaliadas suas seis principais espécies em valor de importância.

TABELA 14 – ESPÉCIES SELECIONADAS EM CADA GRUPO FLORÍSTICO PARA AVALIAÇÃO DA ESTRUTURA DIAMÉTRICA E ESPACIAL.

Grupo Florístico	Espécies
1 – Floresta Ombrófila Mista Montana de borda	<i>Gochnatia polymorpha</i>
2 – Floresta Ombrófila Mista Aluvial	<i>Schinus terebinthifolius</i> <i>Sebastiania commersoniana</i>
3 – Floresta Ombrófila Mista Montana I	<i>Araucaria angustifolia</i> <i>Casearia sylvestris</i> <i>Jacaranda puberula</i> <i>Luehea divaricata</i> <i>Ocotea puberula</i> <i>Symplocos tetrandra</i>
4 – Floresta Ombrófila Mista Montana II	<i>Araucaria angustifolia</i> <i>Casearia sylvestris</i> <i>Casearia obliqua</i> <i>Luehea divaricata</i> <i>Myrcia hatschbachii</i> <i>Ocotea puberula</i>

FONTE: O autor (2013)

### 3.2.1 Distribuição diamétrica

Para análise da estrutura diamétrica de cada espécie selecionada, foi considerada a frequência dos diâmetros em classes de amplitude de 10 cm para *Araucaria angustifolia* e 5 cm para as demais espécies. Foi analisada a distribuição dos indivíduos de cada espécie na área total em estudo, e também em cada estrato florestal em que a espécie tem grande expressão em valor de importância (TABELA 14). Desta forma, para as espécies selecionadas que são comuns a dois estratos, foi verificada se suas distribuições diamétricas diferem em cada estrato florestal. A comparação entre as distribuições de cada estrato foi feita utilizando estatísticas

descritivas de tendência central e também foi aplicado o teste não paramétrico de *Kolmogorov-Smirnov* para duas amostras (SOKAL e ROHLF, 1995).

### 3.2.2 Análise Espacial

Para cada estrato florestal foi delimitada uma parcela para a análise da distribuição espacial. Em cada um dos dois estratos de Floresta Ombrófila Mista Montana (Grupos 3 e 4) foi delimitada uma parcela de 2,25 ha (150x150m). Para os estratos de borda, cujas espécies têm dispersão limitada, foram delimitadas parcelas menores: 0,2 ha (40x50m) para a Floresta Ombrófila Mista Aluvial (Grupo 2) e 0,16 ha (40x40m) para a Floresta Ombrófila Mista Montana de borda (Grupo 1).

Os dados de coordenadas UTM das árvores foram transformados em pares de coordenadas cartesianas dentro das parcelas pré-delimitadas para a aplicação da função K de Ripley. Para cada espécie selecionada para o estudo dentro de cada parcela, foi aplicada a função K univariada, a fim de testar a hipótese da Completa Aleatoriedade Espacial (CAE), que investiga se há algum padrão na distribuição das espécies (agregado ou regular) ou se esta é aleatória. Foi aplicada também a função K bivariada, que testa a hipótese da Completa Independência Espacial (CIE), que investiga se existe algum tipo de relação espacial entre as espécies, seja de agregação, repulsão ou se ocorre independência espacial.

Para ambos os casos foram construídos envelopes de confiança a partir de 1000 simulações de Monte Carlo, aos quais a função cumulativa de K é comparada. A função cumulativa de K é transformada (L) em função do raio de contagem adotado (s) e plotadas ao longo da janela de observação que corresponde à metade da maior dimensão da parcela adotada. Se os valores cumulativos transformados de K permanecem dentro dos limites dos envelopes de confiança, aceitam-se as hipóteses de CAE e CIE. Valores de K superiores aos envelopes de confiança indicam o padrão agregado de distribuição espacial das espécies (caso univariado) e relação de agregação entre espécies (caso bivariado). Caso a função cumulativa de K assumira valores inferiores aos envelopes de confiança, assume-se o padrão regular de distribuição (caso univariado), ou então a relação de repulsão entre

espécies (caso bivariado). As análises foram geradas com o programa SPPA, versão 2.0.3 (RODE, 2011).

### 3.3 RESULTADOS

#### 3.3.1 Grupos 1 e 2 – Floresta Ombrófila Mista Montana de borda e Floresta Ombrófila Mista Aluvial

##### 3.3.1.1 Distribuição Diamétrica

A TABELA 15 apresenta a estatística descritiva dos diâmetros das espécies estudadas na Floresta Ombrófila Mista Montana de borda e na Floresta Ombrófila Mista Aluvial. Na FIGURA 19 podem ser visualizados os histogramas de frequência por hectare para cada espécie.

*Gochnatia polymorpha* foi a espécie com maior valor de importância na borda do fragmento (Grupo 1), sendo apontada pela análise multivariada como a espécie discriminante do ambiente. Apresentou média diamétrica de 21,37 cm, e diâmetro máximo de 46 cm e um coeficiente de variação em torno de 36%. Apresentou densidade de cerca de 138 ind/ha no ambiente estudado, entretanto, essa densidade cai para 20 ind./ha se for computada para a área total do fragmento, o que demonstra a alta agregação dessa espécie na bordadura da floresta. É possível observar pela FIGURA 15 que a espécie apresenta maior frequência de indivíduos na segunda classe diamétrica, entre 15 e 20 cm. Apresenta, desta forma, uma distribuição unimodal com assimetria positiva. Essa característica pode indicar que a regeneração da espécie está sendo limitada por algum fator, possivelmente o sombreamento por outras espécies, já que se trata de uma espécie heliófita, pioneira ou secundária inicial que prefere ambientes onde haja luminosidade farta (CARVALHO, 2003).

*Schinus terebinthifolius* e *Sebastiania commersoniana* foram as espécies discriminantes e mais importantes do ambiente de Floresta Ombrófila Mista Aluvial,

apresentando alta densidade de indivíduos por hectare neste ambiente, com cerca de 292 e 209 ind./ha, respectivamente. Esta densidade cai para menos de 35 ind./ha quando considerada a área total do fragmento estudado, demonstrando a alta agregação destas espécies neste ambiente ripário. Apresentaram média diamétrica semelhante (16,35 cm para *S. terebinthifolius* e 15,01 cm para *S. commersoniana*), porém uma maior variação e amplitude diamétrica foi observada para *Schinus terebinthifolius*. Ambas as espécies apresentam distribuição decrescente ou j-invertido, com maior frequência de indivíduos na primeira classe diamétrica, porém *S. terebinthifolius* apresentou uma diminuição menos acentuada da frequência para as classes subsequentes, com média, mediana e moda na segunda classe diamétrica. Já *S. commersoniana* apresentou uma distribuição decrescente mais acentuada, com a moda e mediana concentradas na primeira classe diamétrica. Esta característica da distribuição diamétrica pode indicar uma forte regeneração natural da espécie neste ambiente aluvial. Isto também pôde ser observado em campo, com a presença de muitos indivíduos de *S. commersoniana* com diâmetro inferior a 10 cm colonizando este ambiente hidromórfico.

O teste não paramétrico de *Kolmogorov-Smirnov* apontou que as distribuições diamétricas das espécies estudadas em cada estrato não diferem estatisticamente das suas distribuições na área total do fragmento.

TABELA 15 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS DIÂMETROS (CM) DOS INDIVÍDUOS PARA AS ESPÉCIES ESTUDADAS NA FLORESTA DE BORDA E NA FLORESTA ALUVIAL.

Estatística	Floresta Ombrófila Mista Montana de borda	Floresta Ombrófila Mista Aluvial	
	<i>Gochnatia polymorpha</i>	<i>Schinus terebinthifolius</i>	<i>Sebastiania commersoniana</i>
Média	21,37	16,25	15,01
Mediana	19,94	15,12	13,62
Moda	27,88	18,02	12,80
Desvio Padrão	7,65	5,36	4,34
Variância	58,55	28,68	18,83
C. V.	36%	33%	29%
Curtose	0,22	5,24	2,21
Assimetria	0,79	1,85	1,37
Mínimo	10,03	10,03	10,09
Máximo	46,00	45,20	34,85
N	222	249	178
N/ha	138,75	292,94	209,41

FONTE: O autor (2013)

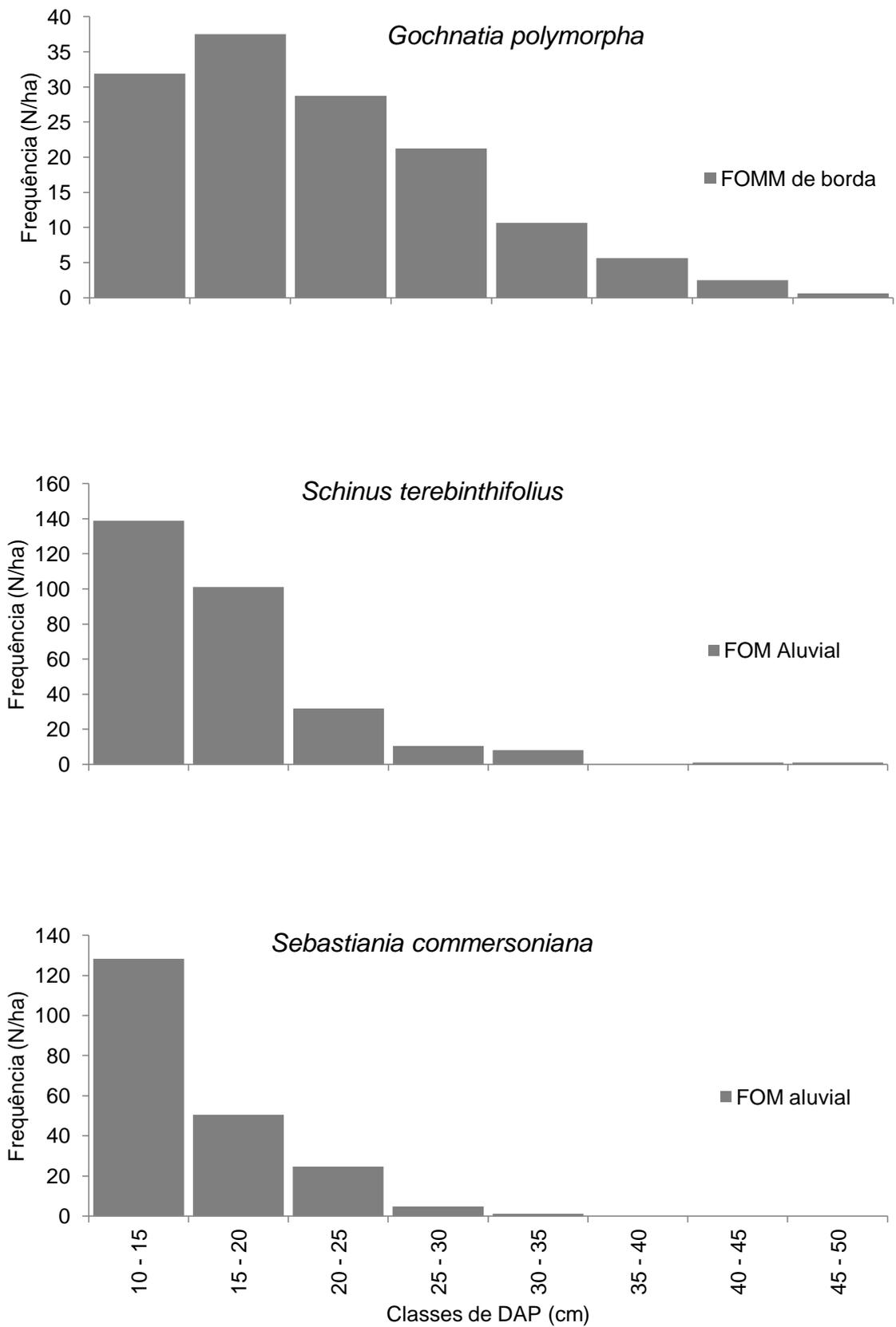


FIGURA 19 – FREQUÊNCIA (N/HA) POR CLASSE DE DIÂMETRO (DAP CM) DAS ESPÉCIES ESTUDADAS NA FLORESTA DE BORDA E FLORESTA ALUVIAL.

FONTE: O autor (2013)

### 3.1.1.2 Distribuição espacial

A FIGURA 20 apresenta os valores acumulados da função K univariada (linha cheia) juntamente com os envelopes de confiança construídos a partir de 1.000 simulações (linhas pontilhadas), bem como o mapa territorial das espécies dentro da parcela analisada.

Como pode ser observado na FIGURA 20, os valores de K das três espécies estudadas assumiram valores superiores aos valores dos envelopes de confiança, rejeitando a hipótese da Completa Aleatoriedade Espacial (CAE). Os valores positivos indicam que as espécies se distribuem de forma agregada, padrão de distribuição típico de espécies tropicais (CAPRETZ 2004; HUBBEL, 1979). O padrão agregado destas espécies é também justificado pela sua faixa de dispersão limitada às bordas do fragmento, onde espécies pioneiras ou com elevado potencial competitivo formam agrupamentos definidos sobre manchas de determinados tipos de solo, áreas com incidência direta de luz ou áreas de topografia favorável (CONDIT *et al.*, 2000). O padrão agregado destas espécies também pode ser resultado da sua distribuição diamétrica, na qual a frequência de indivíduos é maior nas primeiras classes de DAP. Capretz (2004) e Busing (1998) observaram que as árvores das classes menores, onde provavelmente estão incluídas as árvores jovens, mostram acentuada agregação, e que árvores de classes maiores apresentam tendência a padrões aleatórios. Observou-se na FIGURA 20 que *Sebastiania commersoniana*, que demonstrou a maior concentração de árvores na primeira classe diamétrica, foi também a espécie que apresentou agregação em uma faixa de distância maior.

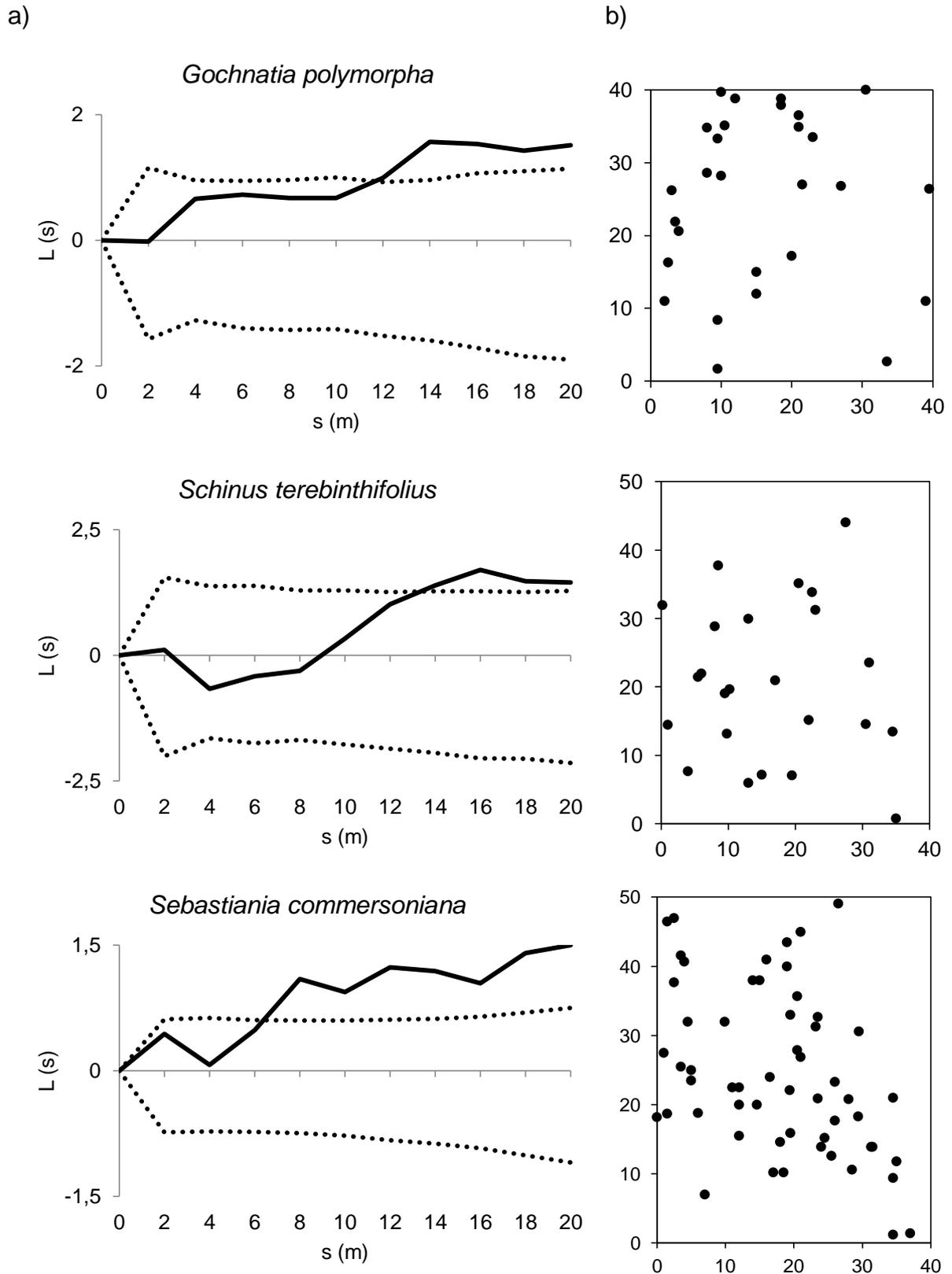


FIGURA 20 – ANÁLISE DO PADRÃO ESPACIAL DAS ESPÉCIES ESTUDADAS NO ESTRATO DE FLORESTA DE BORDA E FLORESTA ALUVIAL. A) ANÁLISE UNIVARIADA PARA CAE; B) MAPA DAS ESPÉCIES.

$L(s)$  = Função cumulativa de K transformada;  $s(m)$  = raio de contagem, em metros.

FONTE: O autor (2013)

A FIGURA 21 apresenta os valores acumulados da função K bivariada (linha cheia) juntamente com os envelopes de confiança construídos a partir de 1000 simulações (linhas pontilhadas), construídos para testar a hipótese de Completa Independência Espacial (CIE) entre as duas principais espécies do estrato de Floresta Aluvial: *Schinus terebinthifolius* e *Sebastiania commersoniana*. Como pode ser observado na FIGURA 21, os valores da função K bivariada assumiram valores superiores ao envelope de confiança, rejeitando a hipótese da CIE e demonstrando a relação de atração ou agregação entre as duas espécies. Segundo Carvalho (2003), ambas as espécies se tratam de pioneiras ou secundárias iniciais bem adaptadas a ambientes semi-hidromórficos.

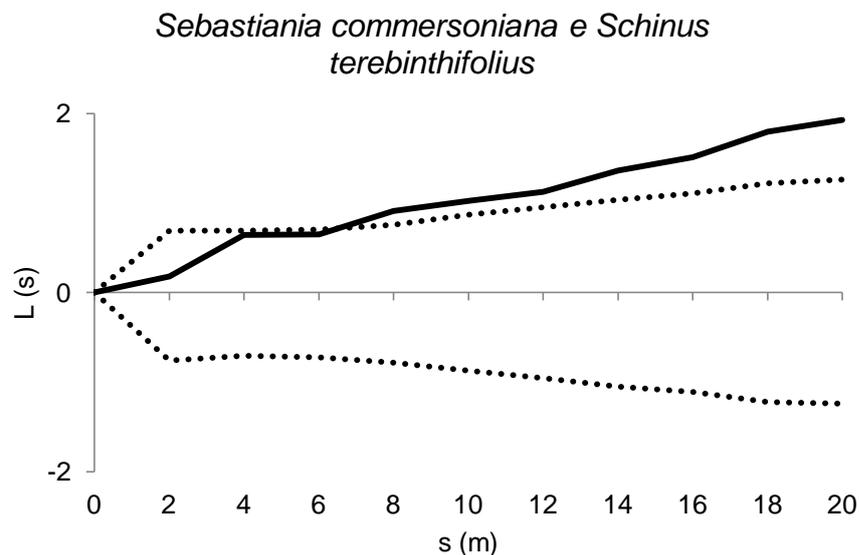


FIGURA 21 – ANÁLISE DA RELAÇÃO ESPACIAL ENTRE AS DUAS ESPÉCIES PRINCIPAIS DO ESTRATO DE FLORESTA ALUVIAL.

$L(s)$  = Função cumulativa de K transformada;  $s$  (m) = raio de contagem, em metros.

FONTE: O autor (2013)

### 3.3.2 Grupos 3 e 4 – Floresta Ombrófila Mista Montana I e II

A distribuição diamétrica e espacial das espécies estudadas nos dois estratos de Floresta Ombrófila Mista Montana interiores (Grupos 3 e 4) são apresentados nas tabelas e figuras que seguem, primeiramente para as espécies que possuem alto valor fitossociológico nos dois estratos estudados e, em seguida, para as espécies que se destacaram apenas em um dos estratos. Desta forma os dois grupos florísticos puderam ser comparados quanto à distribuição diamétrica e espacial destas espécies em comum.

#### 3.3.2.1 Distribuição diamétrica

A TABELA 16 apresenta as estatísticas descritivas dos diâmetros das espécies em comum estudadas nos dois estratos de Floresta de Ombrófila Mista Montana (Grupos 3 e 4). A apresentação das estatísticas descritivas tem sequência na TABELA 17, onde foram listadas as espécies exclusivas de cada grupo. Na FIGURA 22 podem ser visualizados os histogramas de frequência por hectare das espécies em cada um dos grupos florísticos. A FIGURA 23 apresenta os histogramas de frequência das espécies exclusivas de cada grupo.

*Araucaria angustifolia* apresentou distribuição diamétrica unimodal muito próxima da curva normal, com valores de assimetria e curtose próximos de zero em ambos os grupos florísticos, apresentando maior frequência de indivíduos nas classes centrais de diâmetro, entre 50 e 60 cm, onde concentrou suas medidas de tendência central: média, mediana e moda. Esta espécie apresentou a maior amplitude e média diamétrica entre as espécies estudadas, com médias diamétricas de 55,02 e 56,02 cm em cada grupo florístico, atingindo um diâmetro máximo de 86,93 cm. Apresentou densidade de indivíduos semelhante em ambos os estratos, com 28,42 ind./ha no Grupo 3 e 26,78 ind./ha no Grupo 4. O teste não paramétrico de *Kolmogorov-Smirnov* indicou que as distribuições diamétricas da espécie não diferem nos dois grupos florísticos. Segundo Scolforo (2006), distribuições

unimodais próximas da normal são típicas de povoamentos florestais, que são equiâneos, ou de espécies nativas que se regeneram em ciclos. A distribuição encontrada para esta espécie neste fragmento demonstra uma regeneração muito fraca ou inexistente, provavelmente devido a ações antrópicas como a coleta de sementes.

*Ocotea puberula* foi outra espécie que apresentou distribuição de diâmetros unimodal, porém com forte assimetria positiva, possuindo maior frequência de indivíduos na classe de 20 a 25 cm, onde se concentraram a média e a mediana dos diâmetros. A distribuição de diâmetros da espécie não diferiu nos dois grupos florísticos, segundo o teste de *Kolmogorov-Smirnov*, e a densidade de indivíduos também foi similar nos dois ambientes. Isto indica que espécie se distribui de forma uniforme pelo fragmento, porém sua distribuição diamétrica indica uma possível diminuição da regeneração natural, por se tratar de uma espécie secundária inicial ou pioneira (CARVALHO, 2003) que depende de clareiras na floresta para se regenerar.

*Casearia silvestris* apresentou distribuição diamétrica do tipo j-invertido, com maior frequência de árvores na primeira classe diamétrica (10 a 15 cm), onde concentrou suas medidas de tendência central. Esta espécie exibiu a menor amplitude de diâmetros dentre as espécies estudadas, e um coeficiente de variação muito baixo. Demonstrou a maior densidade de indivíduos entre todas as espécies listadas na área de estudo, que foi similar nos dois estratos principais do fragmento. Esta grande densidade de indivíduos de pequeno porte, expressa pela distribuição diamétrica fortemente decrescente que não diferiu nos dois estratos estudados, demonstra a forte regeneração natural de *C. silvestris* dentro do sub-bosque do fragmento. Segundo Lorenzi (2002), *C. silvestris* é característica e preferencial do sub-bosque de formações secundárias da Floresta Ombrófila Mista.

*Luehea divaricata* também apresentou distribuição diamétrica decrescente em ambos os grupos florísticos estudados, porém o teste de *Kolmogorov-Smirnov* apontou diferença estatística entre as distribuições nestes dois estratos. Pôde-se observar na TABELA 16 e na FIGURA 22 que a regeneração natural da espécie é mais fraca no Grupo 4, que apresentou a média dos diâmetros já na terceira classe diamétrica, e possui assimetria menor que a distribuição encontrada no Grupo 3. Observou-se também que a densidade de indivíduos de *L. divaricata* no Grupo 3 é quase o dobro da encontrada no Grupo 4. Também foi possível observar na FIGURA

22 que a frequência de indivíduos com diâmetro acima de 35 cm é maior no Grupo 4.

*Casearia obliqua*, *Jacaranda puberula* e *Symplocos tetrandra* apresentaram distribuição decrescente, porém *S. tetrandra* apresentou a menor assimetria, com indivíduos distribuídos mais homoganeamente entre as três primeiras classes diamétricas. Esta espécie foi apontada como a espécie discriminante do Grupo florístico 3, sendo quase exclusiva deste estrato, onde possui alta densidade de indivíduos. A pequena amplitude de diâmetros e a configuração da distribuição diamétrica apresentada por esta espécie sugere que sua regeneração natural está enfraquecida, e pode indicar que a espécie regenera em ciclos que dependem de algum distúrbio, já que se trata de uma espécie classificada como pioneira ou secundária inicial (OLIVEIRA FILHO *et al.*, 2008).

*Myrcia hatschbachii*, espécie quase exclusiva do Grupo 4, exibiu distribuição unimodal com baixa assimetria positiva, apresentando maior frequência de indivíduos na terceira classe de diâmetros (20 a 25 cm), onde concentrou suas medidas de tendência central.

TABELA 16 – ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DOS DIÂMETROS (CM) DE ESPÉCIES EM COMUM ESTUDADAS EM DOIS ESTRATOS DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA.

Estatísticas	<i>A. angustifolia</i>		<i>C. sylvestris</i>		<i>L. divaricata</i>		<i>O. puberula</i>	
	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 3	Grupo 4
Média	55,02	56,62	13,54	14,40	16,99	22,83	24,01	24,60
Mediana	55,39	55,88	12,80	13,53	13,81	16,01	22,66	23,76
Moda	53,79	49,66	10,35	11,62	16,55	13,11	19,51	26,99
D. padrão	11,93	10,75	2,94	3,54	9,86	15,48	8,40	9,39
Variância	142,22	115,58	8,62	12,53	97,29	239,63	70,51	88,14
C. V.	21,67%	18,99%	21,69%	24,59%	58,05%	67,82%	34,98%	38,16%
Curtose	0,63	0,06	4,95	4,29	11,34	1,56	-0,21	2,31
Assimetria	-0,26	0,06	1,65	1,54	3,22	1,59	0,53	1,09
Mínimo	10,95	28,01	10,03	10,03	10,03	10,09	10,03	10,03
Máximo	81,81	86,93	33,45	38,71	75,92	77,19	49,18	65,25
N	135	154	609	768	379	259	165	186
N/ha	28,42	26,78	128,21	133,57	79,79	45,04	34,74	32,35

FONTE: O autor (2013)

TABELA 17 – ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DOS DIÂMETROS (CM) DE ESPÉCIES ESTUDADAS EM DOIS ESTRATOS DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA.

Estatísticas	Grupo 3		Grupo 4	
	<i>J. puberula</i>	<i>S. tetrandra</i>	<i>C. obliqua</i>	<i>M. hatschbachii</i>
Média	15,05	18,00	16,21	22,27
Mediana	14,32	17,44	13,88	22,79
Moda	10,98	10,31	10,85	24,35
Desv. padrão	3,88	5,49	7,09	6,81
Variância	15,05	30,14	50,32	46,43
C. V.	25,79%	30,51%	43,76%	30,60%
Curtose	3,61	0,76	4,64	2,01
Assimetria	1,39	0,89	2,24	0,56
Mínimo	10,03	10,03	10,03	10,09
Máximo	36,61	40,46	44,02	56,02
N	246	432	174	204
N/ha	51,79	90,95	30,26	35,48

FONTE: O autor (2013)

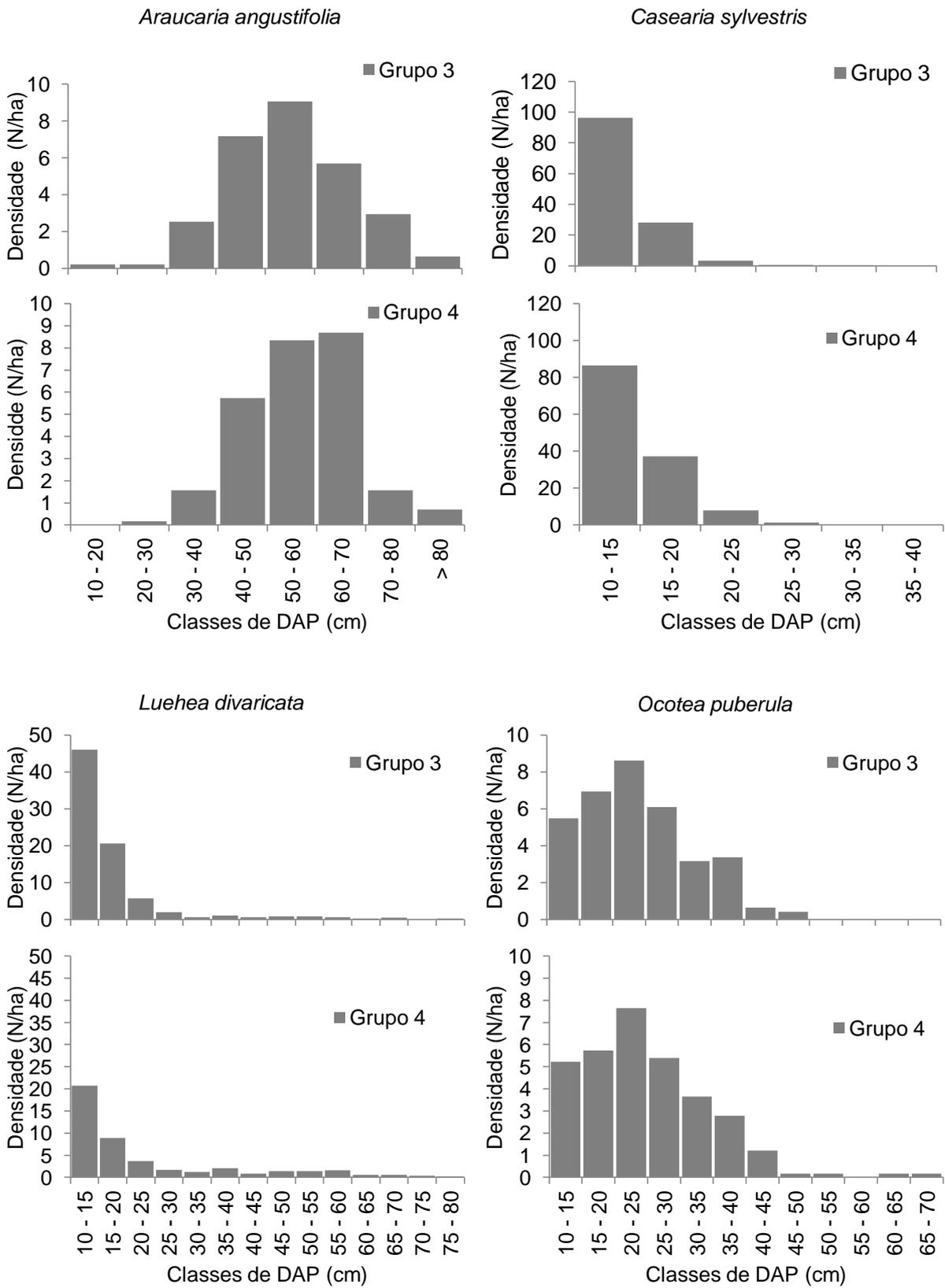


FIGURA 22 – FREQUÊNCIA (N/HA) POR CLASSES DE DIÂMETRO (DAP CM) DAS PRINCIPAIS ESPÉCIES COMUNS EM DUAS ASSOCIAÇÕES DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA.

FONTE: O autor (2013)

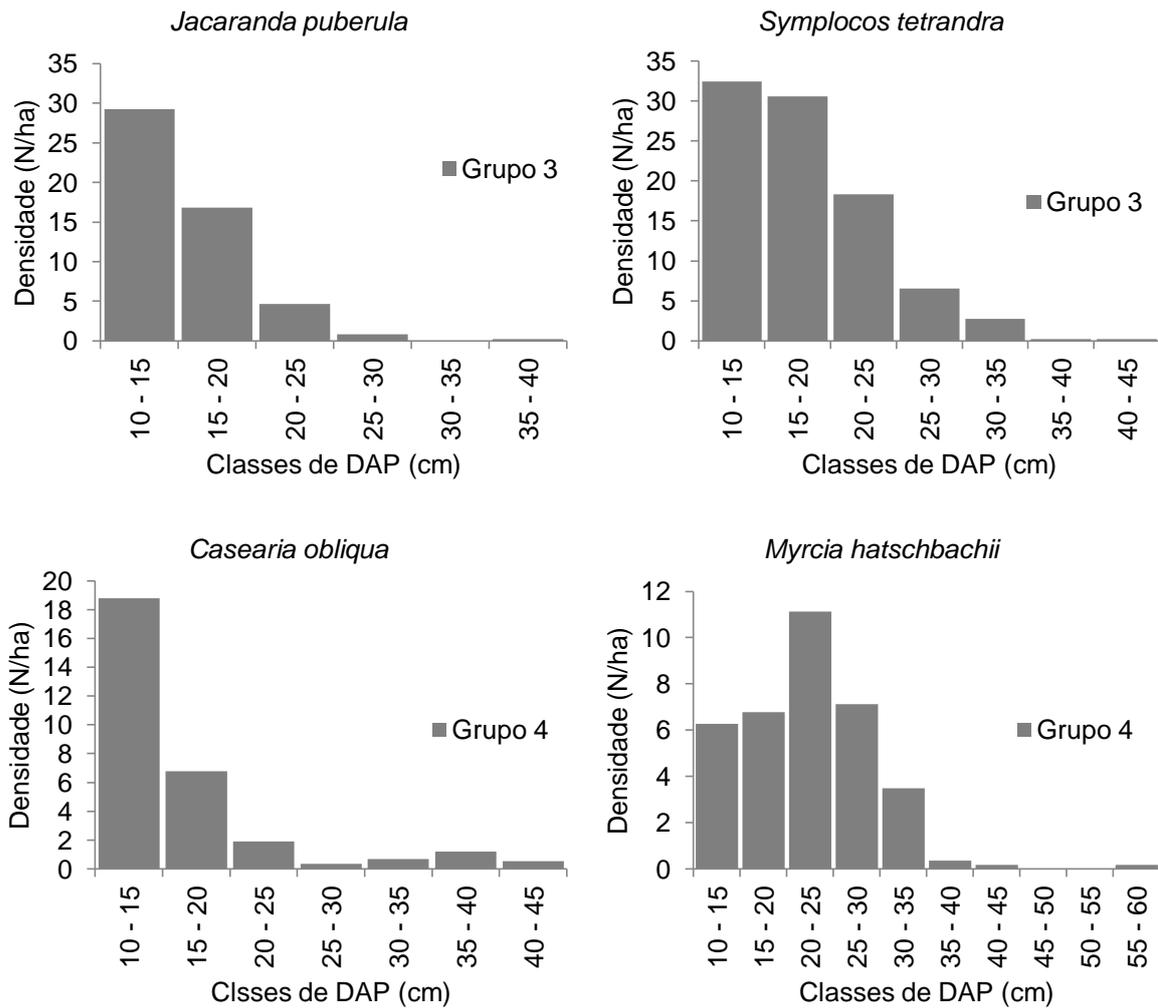


FIGURA 23 – FREQUÊNCIA (N/HA) POR CLASSES DE DIÂMETRO (DAP CM) DAS PRINCIPAIS ESPÉCIES EM DUAS ASSOCIAÇÕES DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA.

FONTE: O autor (2013)

### 3.3.2.2 Distribuição espacial

#### a) Análise da Completa Aleatoriedade Espacial (função K univariada)

A FIGURA 24 apresenta os valores acumulados da função K univariada (linha cheia) juntamente com os envelopes de confiança construídos a partir de 1000 simulações (linhas pontilhadas) para avaliação do padrão espacial das espécies em comum estudadas nos dois estratos de Floresta Ombrófila Mista Montana (Grupos 3

e 4). Já na FIGURA 25 constam os valores da análise univariada para as espécies exclusivas de cada grupo. A FIGURA 26 apresenta o mapa territorial dos indivíduos de cada espécie dentro das parcelas analisadas.

Por meio da FIGURA 25 foi possível observar que o padrão de distribuição espacial agregado, indicado pelos valores de  $K$  superiores aos envelopes de confiança, foi o mais comum para as espécies analisadas, em ambos os estratos. O padrão agregado foi encontrado para *Casearia obliqua*, *Casearia sylvestris*, *Jacaranda puberula*, *Luehea divaricata*, *Myrcia hatschbachii* e *Symplocos tetrandra*. Capretz (2004) ressalta o caráter agregado do padrão de distribuição espacial em florestas tropicais e também aponta que as espécies tendem a seguir o padrão geral da floresta. Rode *et al.* (2011) também encontraram o padrão agregado para a maioria das espécies arbóreas de uma Floresta Ombrófila Mista e também para espécies estabelecidas sob um plantio de *Araucaria angustifolia*. Hubbel (1979) argumenta também que o padrão agregado é mais comum em florestas tropicais que o padrão aleatório, sobretudo pelo grande número de árvores jovens.

*Ocotea puberula*, por sua vez, foi a única espécie que apresentou padrão aleatório no grupo florístico 3, e padrão agregado no Grupo 4. O teste de *Kolmogorov-Smirnov* não apontou diferença entre as distribuições diamétricas da espécie nos dois estratos, e a densidade de indivíduos nos dois ambientes também é semelhante. Desta forma, pode-se inferir que a diferença no padrão de distribuição espacial nos dois ambientes estudados pode ser resultado de gradientes de algum fator abiótico da floresta ou da interação desta espécie com as diferentes associações florísticas encontradas nos dois estratos florestais. Haase *et al.* (1996) argumenta que se uma floresta é dominada por mais de uma espécie, o padrão observado pode ser influenciado pelas interações entre as diferentes espécies.

Além de *O. puberula*, a hipótese de Completa Aleatoriedade Espacial foi encontrada para *Araucaria angustifolia*, indicando o padrão de distribuição espacial aleatório em ambos os estratos estudados. Rode *et al.* (2011), investigando o padrão espacial de *A. angustifolia* na Floresta Nacional de Irati, também encontraram o padrão aleatório de distribuição espacial para esta espécie na maioria dos grupos florísticos estudados, ou então agregação em apenas uma estreita faixa de distância. Machado *et al.* (2012), estudando a distribuição espacial da Araucária na mesma área de estudo desta pesquisa, utilizaram um tamanho de parcela de 4 ha, encontrando o padrão de distribuição espacial agregado, porém em apenas até

certa faixa de distância, a partir da qual o padrão passou a se configurar aleatório. Anjos *et al.* (2004), investigando a distribuição espacial da Araucária em diferentes tipologias vegetais, encontraram padrões de distribuição espacial bastante variável nas diferentes tipologias estudadas.

De acordo com Capretz (2004), o padrão espacial agregado é mais comum entre os indivíduos das classes de DAP menores, enquanto que para as classes de DAP maiores o padrão aleatório é predominante. Busing (1998) encontrou o mesmo resultado estudando o padrão espacial de árvores segundo o seu tamanho. Hubbel (1979) também salienta a predominância da agregação entre os indivíduos arbóreos de menor porte. No presente estudo, o padrão aleatório foi encontrado apenas para espécies com distribuição diamétrica próxima da normal ou unimodal com baixa assimetria, como é o caso da *Araucaria angustifolia* e da *Ocotea puberula* respectivamente, que não apresentam predominância de indivíduos nas primeiras classes diamétricas. Entretanto, deve-se salientar que outros fatores intrínsecos das espécies podem afetar o padrão de distribuição, como a sua dispersão de sementes. Para Barot *et al.* (1999) e Condit *et al.* (2000), a capacidade limitada da dispersão de sementes das espécies tendem a propiciar padrões agregados. Capretz (2004) encontrou padrões aleatórios para algumas espécies com dispersão zoocórica, como *Syagrus romanzoffiana*. Neste presente estudo *Ocotea puberula*, que possui sementes dispersas principalmente por pássaros (CARVALHO, 2003), apresentou o padrão espacial aleatório.

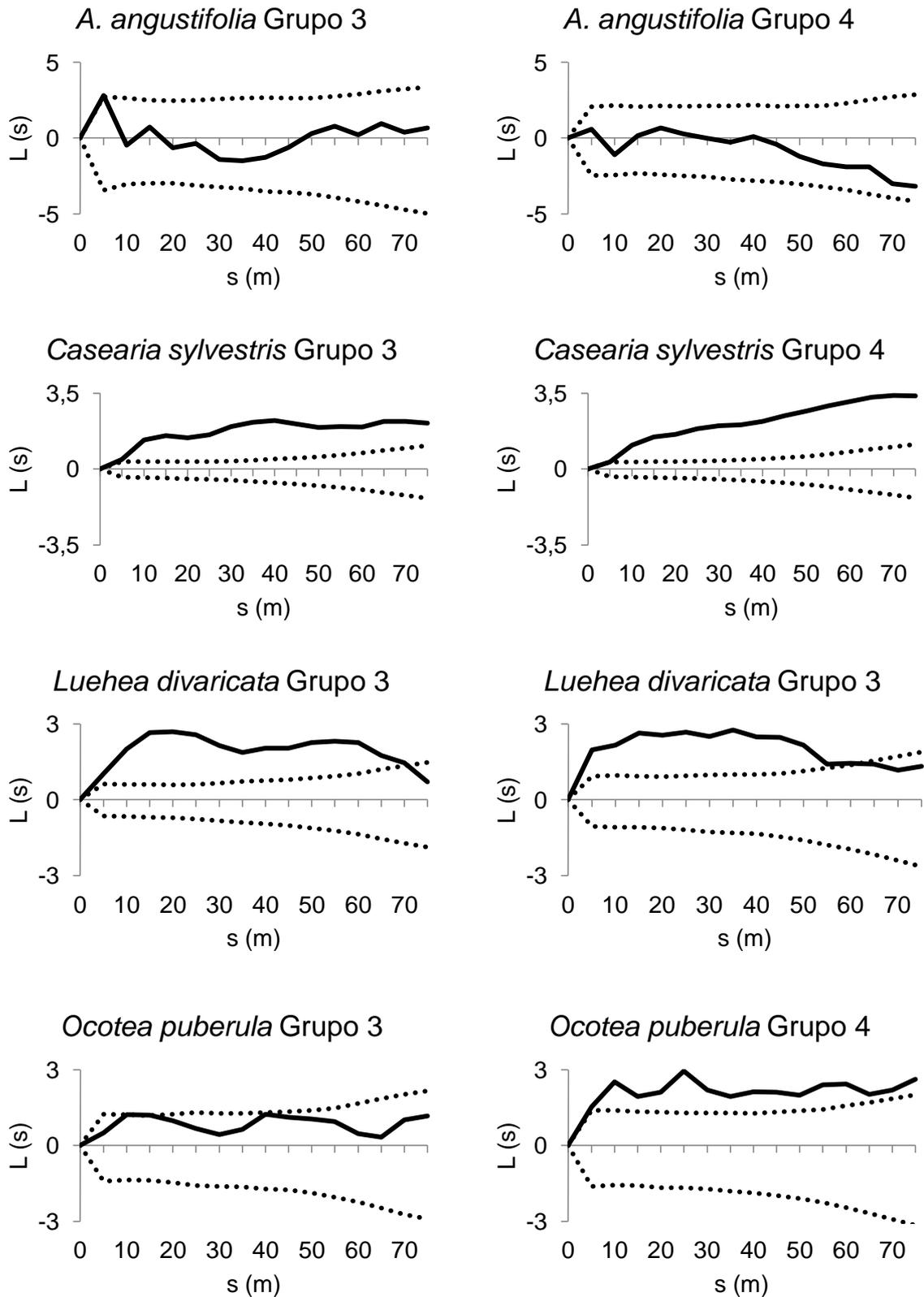


FIGURA 24 – ANÁLISE DO PADRÃO ESPACIAL DE ESPÉCIES ARBÓREAS COMUNS A DOIS ESTRATOS DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA.

$L(s)$  = Função cumulativa de K transformada;  $s$  (m) = raio de contagem, em metros.

FONTE: O autor (2013)

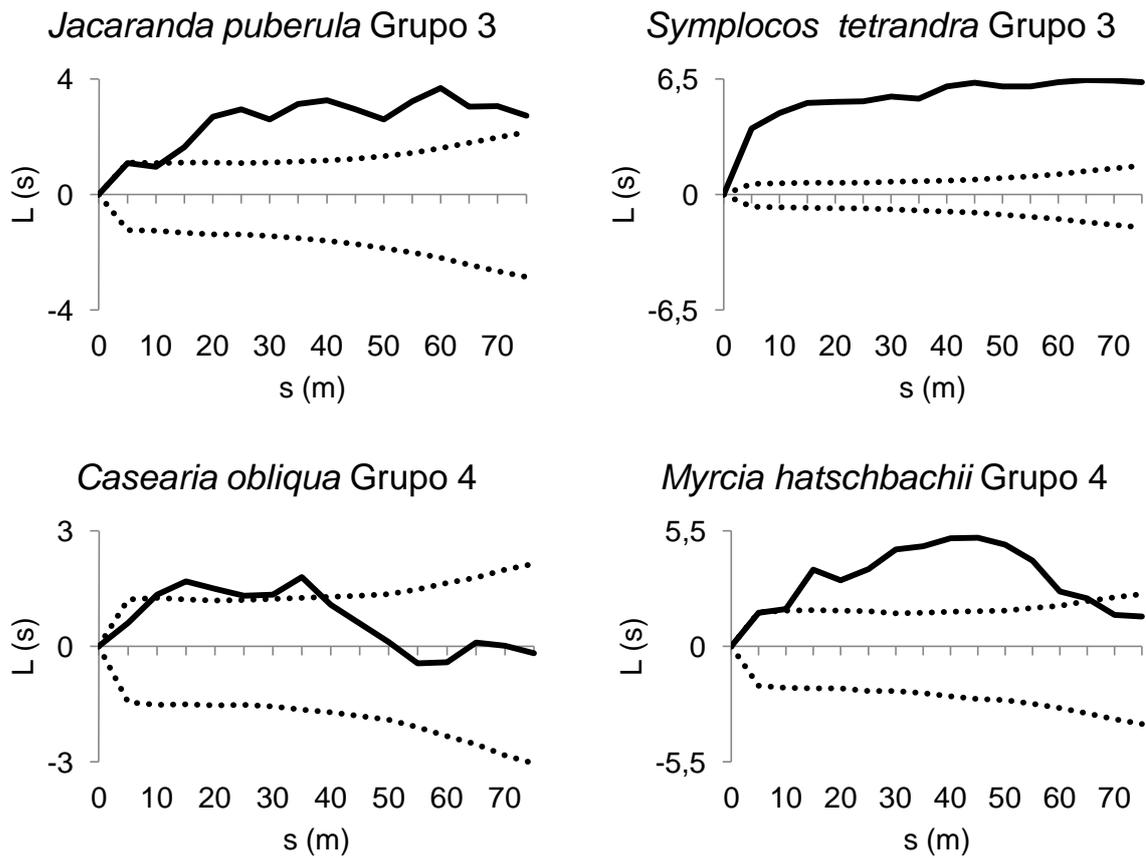


FIGURA 25 – ANÁLISE DO PADRÃO ESPACIAL DE ESPÉCIES ARBÓREAS PRESENTES EM DOIS ESTRATOS DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA.

$L(s)$  = Função cumulativa de K transformada;  $s$  (m) = raio de contagem, em metros.

FONTE: O autor (2013)

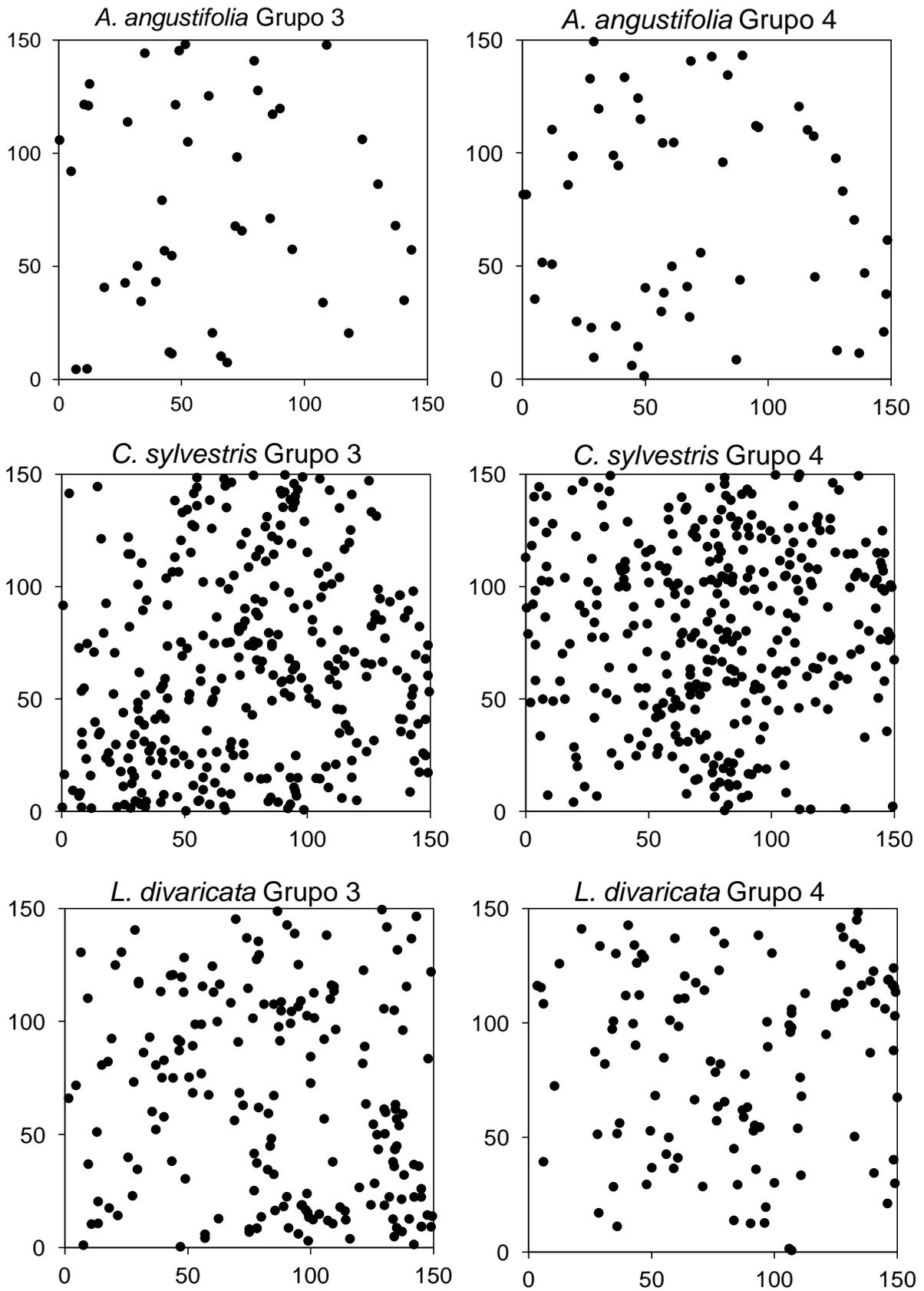


FIGURA 26 – MAPA DAS ESPÉCIES ARBOREAS PRESENTES EM DOIS ESTRATOS DE FLORESTA OMBRÓFIA MISTA.

continua

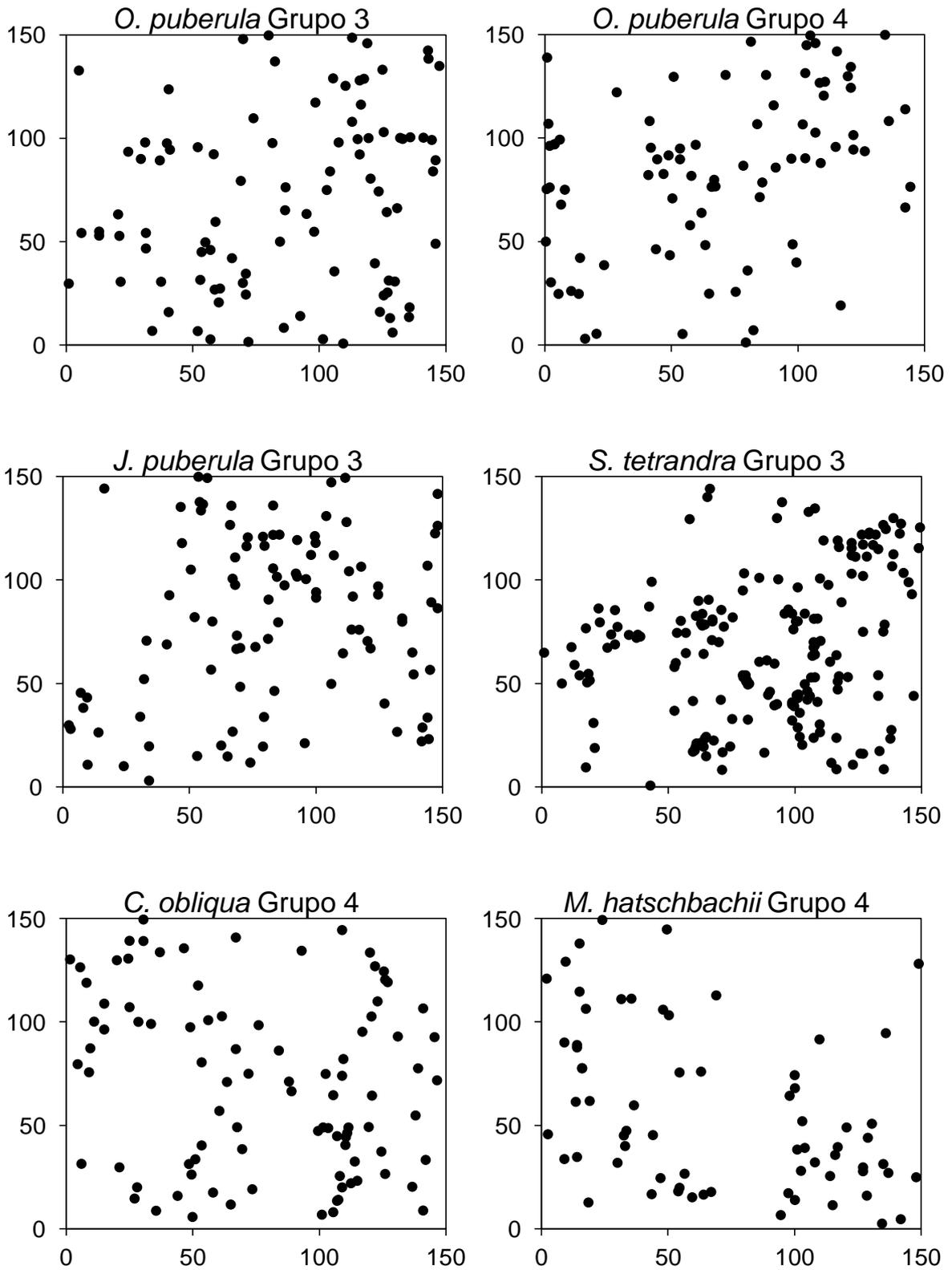


FIGURA 26 – MAPA DAS ESPÉCIES ARBÓREAS PRESENTES EM DOIS ESTRATOS DE FLORSESTA OMBRÓFIA MISTA.

conclusão

FONTE: O autor (2013)

## b) Análise da Completa Independência Espacial (Função K bivariada)

As FIGURAS 27 e 28 apresentam os valores acumulados da função K bivariada (linha cheia) juntamente com os envelopes de confiança construídos a partir de 1000 simulações (linhas pontilhadas) para avaliação da relação espacial das espécies estudadas nos dois estratos de Floresta Ombrófila Mista Montana – Grupos 3 e 4 – respectivamente. Na TABELA 18 é apresentada uma matriz resumo da interpretação das análises realizadas por meio das FIGURAS 27 e 28, onde é possível visualizar a relação espacial entre as espécies estudadas, bem como o padrão espacial de cada espécie (diagonal principal), nos dois estratos estudados.

Foi possível observar pela TABELA 18 que *Araucaria angustifolia* apresentou agregação apenas com *Casearia sylvestris*, possuindo independência espacial ou repulsão com as demais espécies, principalmente com *Luehea divaricata*, a qual apresentou repulsão em ambos os estratos estudados. *Myrcia hatschbachii* demonstrou agregação apenas com *Casearia obliqua*, apresentando relação de repulsão com maioria das demais espécies. *Ocotea puberula* apresentou agregação apenas com *Symplocos tetrandra* e *Luehea divaricata*. Desta forma, observou-se que *Araucaria angustifolia*, *Myrcia hatschbachii* e *Ocotea puberula* foram as espécies que menos formaram agregação, apresentando independência espacial ou repulsão com as demais espécies. *Ocotea puberula* apresentou inclusive relação de repulsão com *Araucaria angustifolia* e *Myrcia hatschbachii*.

Se mais de uma espécie for dominante na comunidade, o padrão espacial observado da floresta pode ser influenciado decisivamente pelas interações entre as espécies de maior densidade; se a competição entre espécies é mais forte do que dentro de uma mesma população, pode se esperar uma associação negativa entre elas, com efeitos de inibição ou repulsão espacial (HAASE *et al.*, 1997). Se os nichos das espécies estiverem relacionados é razoável esperar níveis de associação entre elas. A dinâmica do dossel de florestas tropicais é responsável por grande parte dos processos ecológicos que mantêm o bioma, como regeneração, disponibilidade de habitats e de recursos, especialmente luz e nutrientes no solo (CAPRETZ, 2004). A própria fisionomia conhecida como mosaico vegetacional, caracterizada por manchas de espécies dominantes, é reflexo direto da dinâmica do

dossel (BATISTA, 1994). O tamanho das aberturas no dossel e o padrão espacial das árvores no estrato inferior são preponderantes para a definição do padrão agregado e do tamanho dos grupos (BATISTA, 1994; GRAU, 2000).

A análise da distribuição de diâmetros revelou que estas três espécies apresentaram distribuição diamétrica unimodal (*M. hatschbachii* e *O. puberula*) ou próximas da normal (*A. angustifolia*), e também apresentaram as maiores médias diamétricas entre as espécies estudadas. As informações coletadas em campo revelam inclusive que *A. angustifolia* e *O. puberula* estão entre as espécies dominantes do dossel da floresta. *Myrcia hatschbachii* ocupa geralmente o segundo estrato vertical, sendo raramente encontrada no sub-bosque. Desta forma, visualizou-se uma provável competição pelo dossel entre estas três espécies e uma decorrente inibição provocada por estas sobre as demais, já que se tratam de espécies preferencialmente heliófitas (CARVALHO, 2003; LORENZI 1992).

*Symplocos tetrandra* apresentou agregação com todas as espécies estudadas no grupo florístico 3, com exceção de *Araucaria angustifolia*, com a qual demonstrou relação de repulsão. Vale observar que não foi investigada a relação entre *Symplocos tetrandra* e *Myrcia hatschbachii*, já que estas duas espécies são exclusivas e discriminantes de cada estrato ao qual se encontram, estando completamente afastadas espacialmente dentro da área de estudo.

*Casearia sylvestris*, espécie bastante plástica quanto a condições luminosas por ser facultativa heliófita ou esciófita e preferencial do sub-bosque de formações secundárias da Floresta Ombrófila Mista (LORENZI, 2008), apresentou relação de agregação com a maioria das espécies estudadas com exceção de *Myrcia hatschbachii*, com a qual ocorreu relação de repulsão.

Entre *Jacaranda puberula*, *Luehea divaricata* e *Casearia obliqua* comprovou-se a hipótese da Completa Independência espacial (CIE), não se observando qualquer relação de agregação ou competição entre estas espécies.

Observou-se neste estudo que as espécies com distribuição decrescente, que apresentam maior densidade de árvores de menor porte diamétrico, tenderam a formar agregados entre si, enquanto que espécies com distribuição diamétrica unimodal formaram agregados com poucas espécies, e apresentaram relação de inibição entre si.

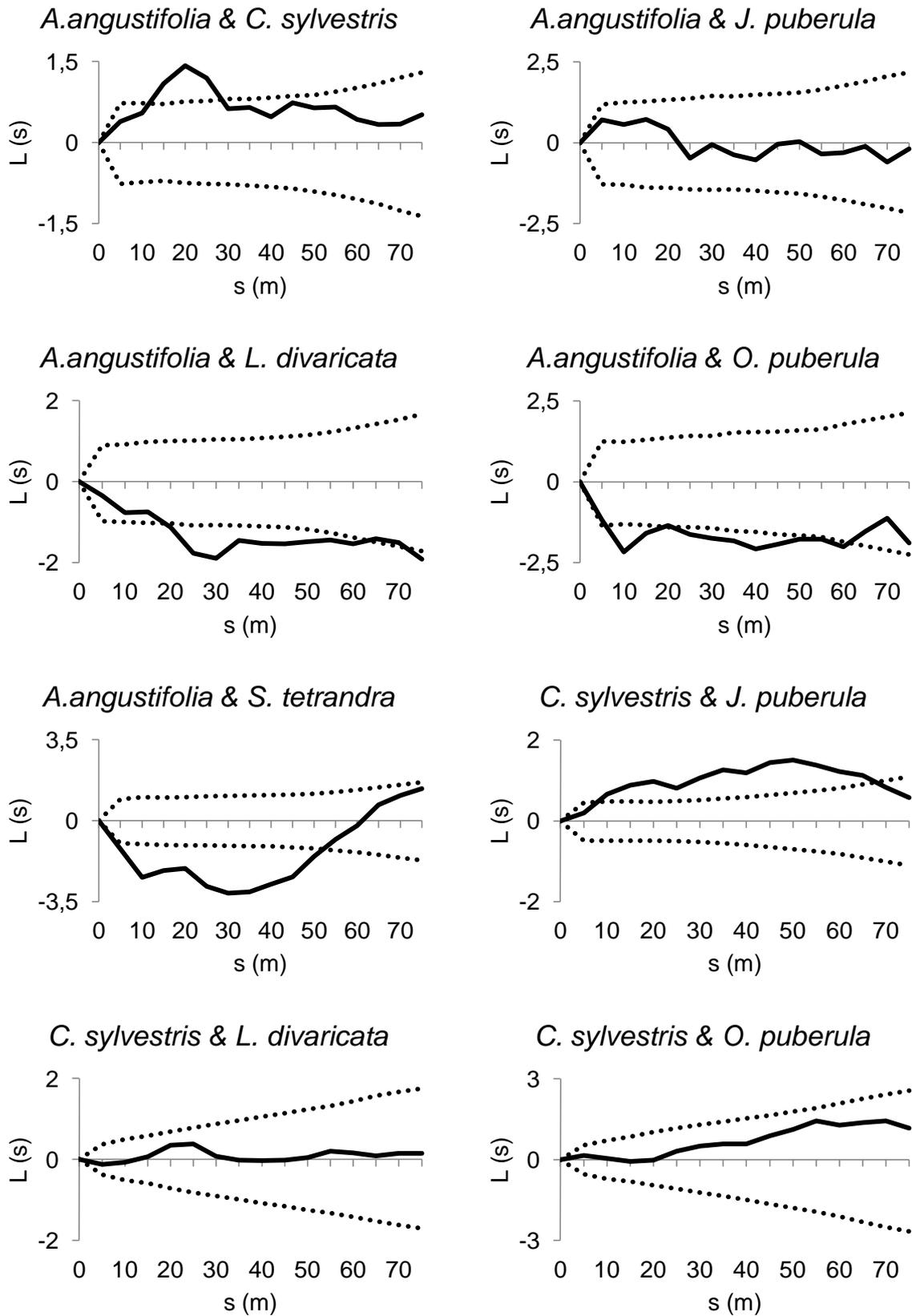


FIGURA 27 – RELAÇÃO ESPACIAL ENTRE ESPÉCIES ARBÓREAS DE UM ESTRATO FLORESTAL EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA (GRUPO 3).

continua

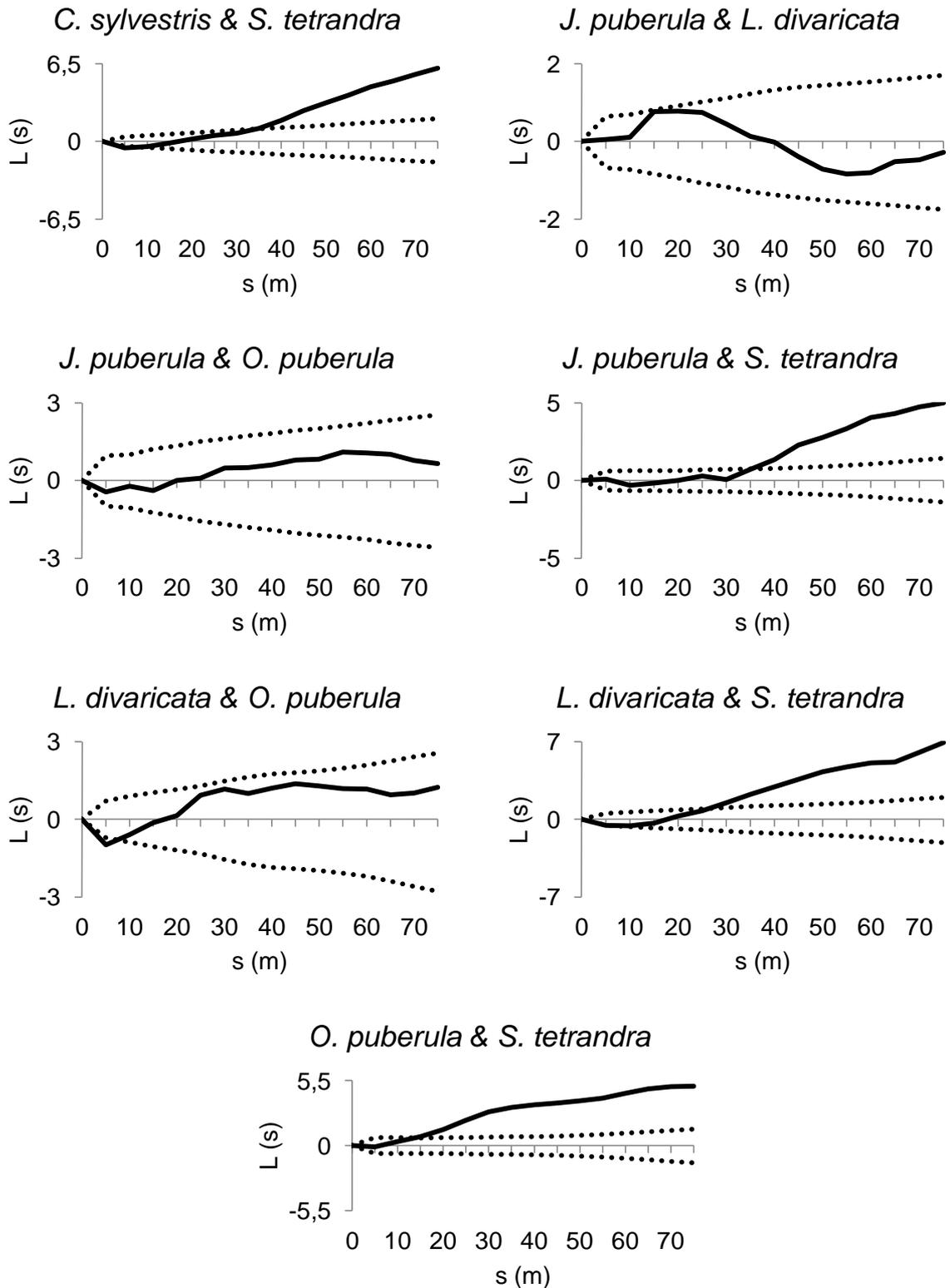


FIGURA 27 – RELAÇÃO ESPACIAL ENTRE ESPÉCIES ARBÓREAS DE UM ESTRATO FLORESTAL EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA (GRUPO 3).

$L(s)$  = Função cumulativa de K transformada;  $s$  (m) = raio de contagem, em metros.

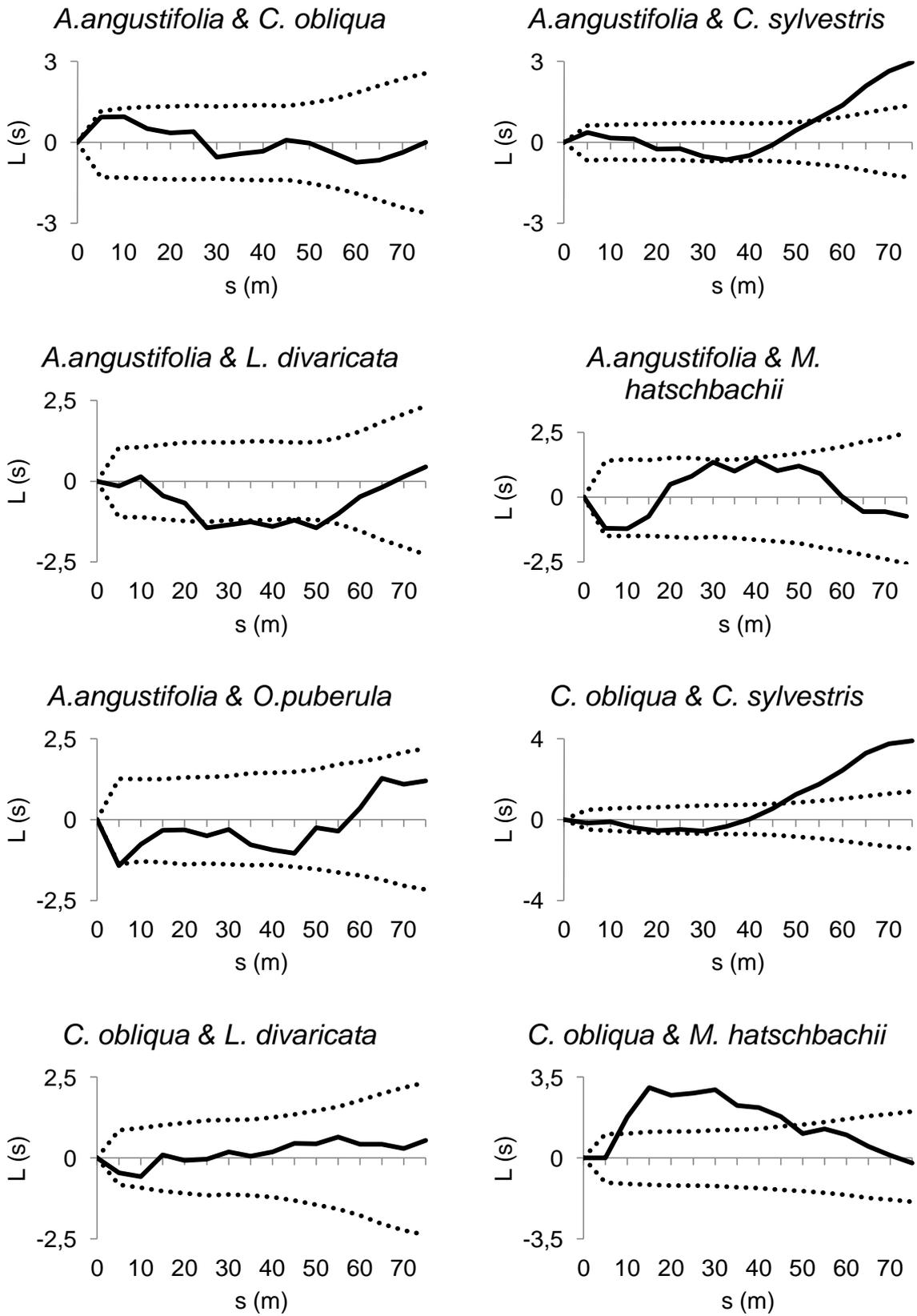


FIGURA 28 – RELAÇÃO ESPACIAL ENTRE ESPÉCIES ARBÓREAS DE UM ESTRATO FLORESTAL EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA (GRUPO 4).

Continua

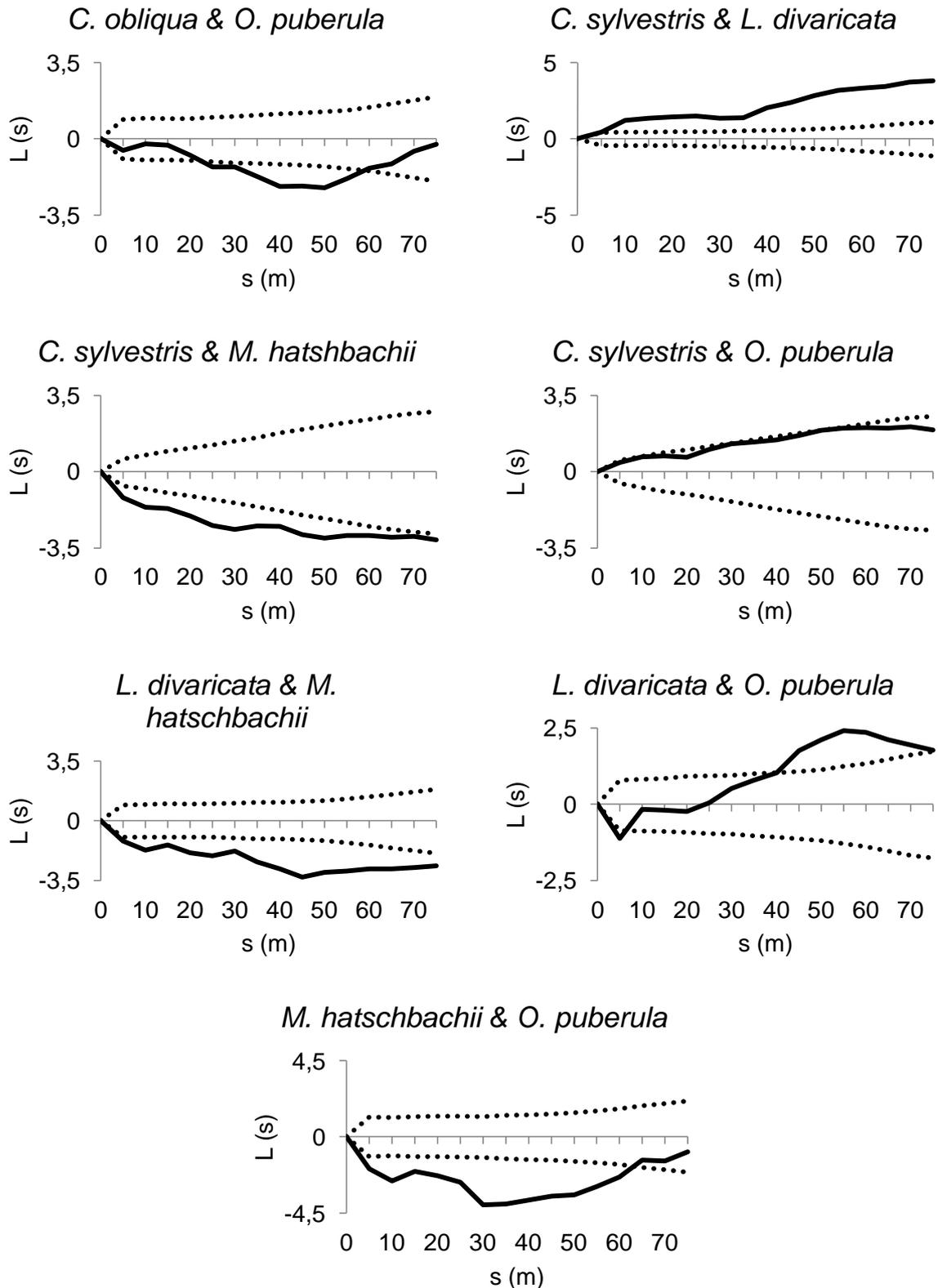


FIGURA 28 – RELAÇÃO ESPACIAL ENTRE ESPÉCIES ARBÓREAS DE UM ESTRATO FLORESTAL EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA (GRUPO 4).

$L(s)$  = Função cumulativa de  $K$  transformada;  $s$  (m) = raio de contagem, em metros.

TABELA 18- RESUMO DA RELAÇÃO ESPACIAL ENTRE ESPÉCIES ARBÓREAS DE DOIS ESTRATOS DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA

Grupo 3	<i>Araucaria angustifolia</i>	<i>Casearia sylvestris</i>	<i>Jacaranda puberula</i>	<i>Luehea divaricata</i>	<i>Ocotea puberula</i>	<i>Symplocos tetrandra</i>
<i>Araucaria angustifolia</i>	Aleatório	Agregação	CIE	Repulsão	Repulsão	Repulsão
<i>Casearia sylvestris</i>	Agregação	Agregado	Agregação	CIE	CIE	Agregação
<i>Jacaranda puberula</i>	CIE	Agregação	Agregado	CIE	CIE	Agregação
<i>Luehea divaricata</i>	Repulsão	CIE	CIE	Agregado	CIE	Agregação
<i>Ocotea puberula</i>	Repulsão	CIE	CIE	CIE	Aleatório	Agregação
<i>Symplocos tetrandra</i>	Repulsão	Agregação	Agregação	Agregação	Agregação	Agregado

Grupo 4	<i>Araucaria angustifolia</i>	<i>Casearia Obliqua</i>	<i>Casearia silvestris</i>	<i>Luehea divaricata</i>	<i>Myrcia hatschbachii</i>	<i>Ocotea puberula</i>
<i>Araucaria angustifolia</i>	Aleatório	CIE	Agregação	Repulsão	CIE	CIE
<i>Casearia Obliqua</i>	CIE	Agregado	Atração	CIE	Agregação	Repulsão
<i>Casearia silvestris</i>	Agregação	Agregação	Agregado	Agregação	Repulsão	CIE
<i>Luehea divaricata</i>	Repulsão	CIE	Agregação	Agregado	Repulsão	Agregação
<i>Myrcia hatschbachii</i>	CIE	Agregação	Repulsão	Repulsão	Agregado	Repulsão
<i>Ocotea puberula</i>	CIE	Repulsão	CIE	Agregação	Repulsão	Agregado

FONTE: O autor (2013)

### 3.4 CONCLUSÕES

A distribuição diamétrica decrescente, ou em forma de J-invertido foi predominante entre as espécies estudadas. Já a distribuição unimodal foi encontrada apenas para *Myrcia hatschbachii*, *Ocotea puberula* e *Araucaria angustifolia*, esta última apresentando uma configuração muito próxima da distribuição normal.

*Araucaria angustifolia* e *Ocotea puberula* apresentaram padrão aleatório de distribuição espacial. As demais espécies apresentaram o padrão espacial agregado.

*Araucaria angustifolia*, *Myrcia hatschbachii* e *Ocotea puberula* formaram agregados com poucas espécies, e tenderam apresentar relação de repulsão entre si. *Casearia sylvestris* e *Symplocos tetrandra* foram as espécies que mais tiveram relação de agregação com as demais. No geral, *C. obliqua*, *Jacaranda puberula* e *Luehea divaricata* demonstraram independência espacial em relação às demais espécies.

Visualizou-se uma possível relação entre a distribuição diamétrica e a distribuição espacial das espécies estudadas. De maneira geral, as espécies com distribuição diamétrica decrescente apresentaram padrão espacial agregado e tenderam a formar agregados com as outras espécies, enquanto que aquelas com distribuição unimodal tiveram mostraram padrão de distribuição espacial aleatório e formaram poucos agregados, tendo relação de inibição entre si.

## CONCLUSÕES GERAIS

As Análises de Agrupamento e Discriminante se mostraram eficientes em detectar a variação na cobertura vegetal da área de estudo, identificando 4 grupos florísticos distintos.

Pela análise fitossociológica, foram identificadas as seguintes associações florísticas: Floresta Ombrófila Mista Montana de borda (Grupo 1); Floresta Ombrófila Mista Aluvial (Grupo 2) e; dois estratos de Floresta Ombrófila Mista Montana (Grupos 3 e 4). A estratificação encontrada aparenta estar diretamente relacionada com a hidromorfia dos solos e com os diferentes níveis de antropização observados na área.

Visualizou-se uma provável relação entre a distribuição diamétrica e o padrão de distribuição espacial das espécies estudadas. De maneira geral, as espécies com distribuição diamétrica decrescente, apresentaram padrão agregado de distribuição espacial e tenderam a formar agregados com as outras espécies, enquanto que aquelas com distribuição unimodal, como *Araucaria angustifolia*, apresentaram padrão aleatório de distribuição espacial e formaram agregados com poucas espécies, tendo predominância da relação de repulsão com as demais.

## REFERÊNCIAS

ANJOS, A.; MAZZA, M. C. M.; SANTOS, A. C. M. C.; DELFINI, L. T. Análise do padrão de distribuição espacial da araucária (*Araucaria angustifolia*) em algumas áreas no Estado do Paraná, utilizando a função K de Ripley. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 66, p. 38-45, dez. 2004.

ARCE, J. E.; Modelagem da estrutura de florestas clonais de *Populus deltoides* March através de distribuições diamétricas probabilísticas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.14, n.1, p. 149-164, 2004.

ARCE, J. E. FlorExel, versão 3.2.1. Suplemento para Microsoft Excel®. Curitiba, 2007.

ARMESTO, J.J.; MITCHELL, J.D.; VILLAGRAN, C. A comparison of spatial patterns of trees in some tropical and temperate forests. **Biotropica**, v.8, p.1-11, 1986.

ASENSIO, L. J. **Técnicas de análisis de datos multidimensionales: Bases teóricas y aplicaciones en agricultura**. Madrid: Ministério de Agricultura Pesca y Alimentacion, 1989. 301 p.

AUGUSTYNCZIK, A. L. D. **Avaliação do tamanho de parcelas e intensidades de amostragem para a estimativa de estoque e estrutura horizontal em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista**. 164 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

BAKKE, H. A.; LEITE, A. S. M.; SILVA, L. B. Estatística Multivariada: Aplicação da Análise Fatorial na Engenharia de Produção. **Revista Gestão Industrial**, UTFPR, Ponta Grossa – PR. v. 04, n. 04: p. 01-14, 2008.

BAROT, S.; GIGNOUX, J.; MENAUT, J. Demography of a savanna palm tree: predictions from comprehensive spatial pattern analyses. **Ecology**, v.80, p.1987-2005, 1999.

BARDDAL, M. L.; RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; CURCIO, G. R. Caracterização florística e fitossociológica de um trecho sazonalmente inundável de Floresta Aluvial, em Araucária – PR. **Ciência Florestal**. v. 14. p. 37-50. 2003.

BATISTA, J. **Análise Multivariada no planejamento de extensão florestal: subsídios para uma política de reocupação de áreas**. 137 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1990.

BATISTA, J.L.F. **Spatial dynamics of trees in a brazilian atlantic tropical forest under natural and managed conditions**. 392 p. Thesis (Ph.D.) – University of Washington, Seattle, 1994.

BRAUN-BLANQUET, J. **Fitosociologia: Bases para el estudio de las comunidades vegetales**. Madrid: H. Blume, 1979. 820 p.

BUDOWSKI, G. Forest succession in tropical lowlands. **Turrialba**, v. 13, n. 1, p. 231-241. 1963.

BUSING, R.T. Composition, structure and diversity of cove forest stands in the Great Smoky Mountains: a patch dynamcis perspective. **Journal of Vegetation Science**, v.9, p.881-890, 1998.

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**. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas), Setor de Ciências Agrárias, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; Centro Nacional de Pesquisa de Florestas – Colombo: EMBRAPA-CNPQ. Brasília. 2003. Vol. 1. 1039 p.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; Centro Nacional de Pesquisa de Florestas – Colombo: EMBRAPA-CNPQ. Brasília. 2006. Vol. 2. 628 p.

CHAGAS, R.K.; OLIVEIRA FILHO, A.T. DE; BERG, E. VAN DEN; SCOLFORO, J.R.S. Dinâmica de populações arbóreas em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Montana em Lavras, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v.25, n. 1, p. 39-57, 2001.

CHRISTOFOLETTI, S. R.; THOMAZELLA, H. R.; MORENO, M. M. T.; MASSON, M. R. Utilização da análise estatística multivariada no tratamento de dados aplicados a matérias-primas cerâmicas. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v.26, p. 19-29, 2005.

CONDIT, R.; ASHTON, P.; BAKER, P. et al. Spatial Patterns in the distribution of tropical tree species. **Science**, v.288, p.1414-1418, 2000.

CORDEIRO, J. **Compartimentação Pedológico-Ambiental e sua Influência sobre a Florística e Estrutura de um Remanescente de Floresta Ombrófila Mista na Região Centro Sul do Paraná**. 197 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

COUTO, H. T. Z. do. **Métodos de inventário da biodiversidade de espécies arbóreas**. Piracicaba, SP: ESALQ/FAPESP, 2005. 108 p.

CUBAS, R. **Florística, Estrutura e Dinâmica em uma Floresta Ombrófila Mista no Norte do Estado de Santa Catarina**. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, 2011.

CUNHA, U. S. **Análise da estrutura espacial horizontal de uma floresta de terra firme da Amazônia.** 126 f. Tese (Doutorado em Manejo Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

CURCIO, G. R. C. **Caracterização Geomorfológica, Pedológica e Fitossociológica das Planícies Fluviais do Rio Iguaçu, Paraná, Brasil.** 488 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

FERREIRA, M. M. C.; ANTUNES, A. M.; MELGO, M. S. ; VOLPE, P. L. O.. Quimiometria I: calibração multivariada, um tutorial. **Química Nova**, vol.22, n.5, p. 724-731, 1999.

FINEGAN, B. Forest Succession. **Nature**, v. 312, n. 8, p. 109-114, 1984.

FUPEF - Fundação de pesquisas florestais do paraná. Diagnóstico dos Remanescentes Florestais. In: **Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira - PROBIO, Subprojeto Conservação do Bioma Floresta com Araucária.** Relatório Final, Vol. I, 2001. 121p.

GALVÃO, F. Métodos de levantamento fitossociológico. In: **Seminário sobre avaliação e relatório de impacto ambiental.** Curitiba: FUPEF, 1989, 192 p.

GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S. Principais Espécies Arbóreas da Floresta Ombrófila Mista. In: **A Vegetação Natural do Estado do Paraná.** IPARDES.1994.

GOMES, A. S. **Análise de dados ecológicos.** Niterói, 2004, 30 p., Apostila do curso de Biologia Marinha – Universidade Federal Fluminense.

GRAU, H.R. Regeneration patterns of *Cedrela lilloi* (Meliaceae) in northwestern Argentina subtropical montane forests. **Journal of Tropical Ecology**, v.16, p.227-242, 2000.

HAASE, P; PUGNAIRE, F.L.; CLARK, S.C.; INCOLL, L.D. Spatial patterns in two-tired semi-arid shrubland in southeastern Spain. **Journal of Vegetation Science**, v.7, p.527-534, 1996.

HAASE, P.; PUGNAIRE, F.; CLARK, S.C.; INCOLL, L.D. Spatial pattern in *Anthyllis cytisoides* shrubland on abandoned land in southeastern Spain. **Journal of Vegetation Science**, v.8, p.627-634, 1997.

HAIR, J. F.; TATHAM, R.; ANDERSON, R.; BLACK, W. **Análise Multivariada de Dados.** 5 ed. Printice-Hall, 1998. 593 p. Tradução: A. S. Sant'Anna e A. Chaves Neto, Porto Alegre: Bookman, 2005.

HUBBELL, S.P. Tree dispersion, abundance and diversity in a tropical dry forest. **Science**, v.203, p.1299-1309, 1979.

HUTCHESON, K. A test for comparing diversities based on the Shannon formula. **Journal of Theoretical Biology**. v. 29, p.151-154, Oct. 1970.

IBGE (1992). **Manual Técnico da Vegetação Brasileira** - Manuais Técnicos de Geociências nº1, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – DERNA, Rio de Janeiro

JOHNSON, D.E. **Applied Multivariate Methods for Data Analysis**. Pacific Grove: Duxbury Press, 1998. 425p.

JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. **Applied multivariate statistical analysis**. New Jersey: Prentice Hall, 5ª ed., 2002. 767p.

KIMMINS, J.P. **Forest ecology**. New York: Macmillan Publishing Company, 3ª ed., 1987. 720p.

KLAUBERG, C.; PALUDO, G. F.; BORTOLUZZI, R. L. C.; MANTOVANI, A. Florística e Estrutura de um Fragmento de Floresta Ombrófila Mista no Planalto Catarinense. **Revista Biotemas** , 23 (1), p. 37-47, 2010.

KUNKEL, G. **Flowering trees in Subtropical Gardens**. Boston: R. W. Junk Publishers, 1978. 346p.

LAMPRECH, H. Ensayo sobre la estructura florística de la parte sur-oriental del Bosque Universitario “El Calmital” - Estado Barínas. **Revista Forestal Venezolana**, Mérida, v. 7, n.10-11, p. 77-119, 1964.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos Trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas - possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado**. Eschborn: GTZ, 1990. 343 p.

LEITE, P. & KLEIN, R. M. (1990). Vegetação. In: **Geografia do Brasil: região Sul**, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, pp. 113-150, Rio de Janeiro

LONGHI, S. J. **A estrutura de uma floresta natural de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, no sul do Brasil**. 197 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1980.

LONGHI, S.J. **Agrupamento e análise fitossociológica de comunidades florestais na sub-bacia hidrográfica do Rio Passo Fundo – RS**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil**. 1ª edição. Nova Odessa, SP: Ed. Plantarum Ltda. Vol 1. 1992. 352p.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil**. 2ª edição. Nova Odessa, SP: Ed. Plantarum Ltda. Vol 2. 2002. 368 p.

LORENZI, H., **Árvores Exóticas no Brasil – Madeiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa, SP: Ed. Plantarum, 2003. 384p.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 4.ed. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2012. 526 p.

MACHADO, S. A.; SANTOS, A. A. P.; ZAMIN, N. T.; NASCIMENTO, R. G. M. Distribuição espacial de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana. **Ciência Rural**, Santa Maria, vol.42, n.6, p. 1013-1019, 2012.

MAGURRAN, A. E. **Medindo a diversidade biológica**. VIANNA, D. M. (trad.). Curitiba: UFPR, 2013, 261 p.

MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de Marketing: uma orientação aplicada**. Porto Alegre: Bookman, 2001, 720 p.

MARGALEF, R. **Ecologia**. Barcelona: Omega, 1989. 951 p.

MATTEUCCI, S. D.; COLMA, A. **Metodología para el estudio de la vegetación**. Washington. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos - Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, n. 23, 1982.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: UFMG, 2005. 297 p.

MUELLER-DUMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York : John Wiley & Sons, 1974. 547 p.

MURRAY, G. D. A Cautionary Note on Selection of Variables in Discriminant Analysis. **Applied statistics**, v. 26, n. 3, p. 246-250, 1977.

NASCIMENTO, A. R. T.; LONGHI, S. J.; BRENA, D. A. Estrutura e padrões de distribuição espacial de espécies arbóreas em uma amostra de Floresta Ombrófila Mista em Nova Prata, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 105-119, 2001.

O'BRIEN, M. J. P.; O'BRIEN, C. M. **Ecologia e modelamento de florestas tropicais**. Belém: FCAP, 1995. 400p.

ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988. 434 p.

OLIVEIRA FILHO, A. T. *et al.* Espécies de ocorrência exclusiva do domínio atlântico. In: OLIVEIRA FILHO, A. T.; SCOLFORO, J. R.(Ed.). **Inventário Florestal de Minas Gerais: Espécies Arbóreas da Flora Nativa**. Lavras: UFLA, 2008. cap. 2, p.11-154.

OOSTING, H. J. **Ecologia vegetal**. Madrid: Aguilar, 1951. 436 p.

PENTTINEN, A.; STOYAN D.; HENTTONEN, H. M. Marked point processes in forest statistics. **Forest Science**, v. 38, n. 4, p. 806-824, 1992.

PEREIRA, A. A.; NETTO, S. P.; CARVALHO, L. M. T. Análise da distribuição espacial de Jequitiba Rosa em uma Floresta Estacional Submontana. **Revista Acadêmica**, v. 4, n. 2, p. 21-34, 2006.

PIELOU, E.C. **Ecological Diversity**. New York: J. Wiley, 1975. 165 p.

PRODAN, M.; PETERS, R.; COX, F.; REAL, P. **Mensura forestal**. San José, Costa Rica. GTZ, IICA. 1997, 586 p.

RAMOS, D. M.; CHAVE, S. C. L.; BORTOLUZZI, R. L. C.; MANTOVANI, A. Florística de Floresta Ombrófila Mista Altomontana e de Campos em Urupema. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 9, n.2, p. 156-166. 2011.

RIPLEY, B. D. Modelling spatial patterns. **Journal of the Royal Statistic Society**. v. 39, p. 172-212, 1977.

RODE, R. **Avaliação Florística e Estrutural de uma Floresta Ombrófila Mista e de uma Vegetação Arbórea Estabelecida sob um Povoamento de *Araucaria Angustifolia* de 60 Anos**. 159f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

RODE, R. et al. Análise do padrão espacial de espécies e de grupos florísticos estabelecidos em um povoamento de *Araucaria angustifolia* em uma Floresta Ombrófila Mista no Centro-Sul do Paraná. **Floresta**, v.40, n.2, p.255-268, 2010.

RODE R., FIGUEIREDO FILHO, A., MACHADO, S. A., GALVÃO F. Grupos Florísticos e Espécies Discriminantes em Povoamento de *Araucaria angustifolia* e uma Floresta Ombrófila Mista. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n.2, p.319-327, 2011.

RODERJAN, C.V.; KUNIYOSHI, Y.S.; GALVÃO, F. As regiões fitogeográficas do estado do Paraná. **Acta Botanica Brasilica**, Curitiba, n. 1, p. 1-6. 1993.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. G. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná. **Ciência&Ambiente**, Santa Maria, n. 24, p. 75-92, 2002.

RONDON NETO, R. M.; KOZERA, C.; ANDRADE, R. do R. de; CECY, A. T.; HUMMES, P. A.; FRITZSONS, E.; CALDEIRA, M. V. W.; MACIEL, M. de N. M.; SOUZA, M. K. F. Caracterização florística e estrutural de um fragmento de floresta ombrófila mista, em Curitiba, PR – Brasil. **Revista Floresta**. Curitiba, v.32, n.1, p. 3-16, jan./jun. 2002.

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria florestal: Modelos de crescimento e produção florestal**. Lavras. UFLA/FAEPE. 2006, 393 p.

SHANNON, C. E. The mathematical theory of communication. **The Bell System Technical Journal**, Vol. 27, p. 379–423, 623–656, July, October, 1948.

SHAAF, L. B. **Florística, Estrutura e Dinâmica no período 1979-2000 de uma Floresta Ombrófila Mista localizada no Sul do Paraná**. 119 f. Dissertação (Mestrado em Manejo Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

SCHAAF, L.B. et al. Alteração na estrutura diamétrica de uma Floresta Ombrófila Mista no período entre 1979 e 2000. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.2, p.283-295, 2006.

SHIMWELL, D. W. **The description and classification of vegetation**. Seattle: University of Washington Press, 1972. 322 p.

SIMEPAR. **Dados históricos da rede telemétrica hidrometeorológica do SIMEPAR**. Curitiba, PR. Sistema Meteorológico do Paraná. [acesso em janeiro de 2010]. Disponível em: <http://www.simepar.br/>

SOKAL, R. R., ROHLF, F. J. **Biometry**. 3 ed. New York: W. H. Freeman and Company, 1995. 850 p.

SOUZA, D. R.; SOUZA, A. L.; GAMA, J. R. V.; LEITE, H. G. Emprego de análise multivariada para estratificação vertical de florestas inequidistantes. **Revista Árvore**, v. 27, n. 1, p. 59-63, 2003.

SPSS. **SPSS**, versão 17.0. SPSS inc., Chicago, IL. 2008.

STATSOFT, INC. **Programa computacional Statistica 7.0**. E.A.U. 2004

VALENTIN, J. L. **Ecologia numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos**. Rio de Janeiro: Interciência, 2000. 154 p.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO; A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da Vegetação Brasileira, Adaptada a um Sistema Universal**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991. 124 p.

VICINI, L. **Análise multivariada da teoria à prática**. 215 p. Monografia (especialização) Universidade Federal de Santa Maria, 2005.

UBIALLI, J. **Comparação de métodos e processos de amostragem para estudos fitossociológicos e estimativas de estoque de uma Floresta Ecotonal na região norte matogrossense**. 241 t. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

## APÊNDICES

APÊNDICE 1: FITOSSOCIOLOGIA DO GRUPO 1 – FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA DE BORDA .....	123
APÊNDICE 2: FITOSSOCIOLOGIA DO GRUPO 2 – FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL .....	125
APÊNDICE 3: FITOSSOCIOLOGIA DO GRUPO 3 – FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA I.....	127
APÊNDICE 4: FITOSSOCIOLOGIA DO GRUPO 4 – FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA II.....	129

## APÊNDICE 1: FITOSSOCIOLOGIA DO GRUPO 1 – FLORESTA OMBRÓFILA MISTA DE BORDA.

continua

Espécie	N	Dens Abs	Dom Abs	Freq Abs	Dens Rel	Dom Rel	Freq Rel	I V C	I V I
	Ind.	Ind / ha	m <sup>2</sup> / ha	%	%	%	%	%	%
<i>Gochnatia polymorpha</i>	222,00	138,58	5,60	100,00	15,45	19,38	2,51	34,83	37,34
<i>Araucaria angustifolia</i>	43,00	26,84	5,61	100,00	2,99	19,40	2,51	22,39	24,90
<i>Luehea divaricata</i>	124,00	77,40	1,90	100,00	8,63	6,56	2,51	15,19	17,70
<i>Schinus terebinthifolius</i>	87,00	54,31	1,99	100,00	6,05	6,90	2,51	12,95	15,46
<i>Casearia sylvestris</i>	129,00	80,52	1,14	100,00	8,98	3,96	2,51	12,93	15,44
<i>Jacaranda puberula</i>	88,00	54,93	1,14	100,00	6,12	3,95	2,51	10,07	12,58
<i>Symplocos tetrandra</i>	74,00	46,19	1,30	83,33	5,15	4,51	2,09	9,66	11,75
<i>Matayba elaeagnoides</i>	58,00	36,20	0,84	83,33	4,04	2,92	2,09	6,95	9,04
<i>Ocotea puberula</i>	38,00	23,72	1,03	100,00	2,64	3,57	2,51	6,22	8,73
<i>Clethra scabra</i>	51,00	31,84	0,80	83,33	3,55	2,75	2,09	6,30	8,39
<i>Machaerium paraguariense</i>	26,00	16,23	0,44	100,00	1,81	1,53	2,51	3,33	5,85
<i>Ocotea nutans</i>	33,00	20,60	0,40	83,33	2,30	1,40	2,09	3,70	5,79
<i>Allophylus edulis</i>	33,00	20,60	0,31	83,33	2,30	1,06	2,09	3,35	5,45
<i>Dasyphyllum tomentosum</i>	28,00	17,48	0,60	50,00	1,95	2,08	1,26	4,02	5,28
<i>Citronella congonha</i>	40,00	24,97	0,42	33,33	2,78	1,45	0,84	4,24	5,07
<i>Zanthoxylum kleinii</i>	22,00	13,73	0,28	100,00	1,53	0,96	2,51	2,49	5,00
<i>Cedrela fissilis</i>	17,00	10,61	0,59	66,67	1,18	2,04	1,67	3,23	4,90
<i>Lithrea brasiliensis</i>	20,00	12,48	0,39	83,33	1,39	1,35	2,09	2,74	4,83
<i>Capsicodendron dinisii</i>	17,00	10,61	0,39	83,33	1,18	1,36	2,09	2,54	4,64
<i>Solanum sanctaecatharinae</i>	18,00	11,24	0,15	100,00	1,25	0,51	2,51	1,76	4,27
<i>Lamanonia speciosa</i>	14,00	8,74	0,35	83,33	0,97	1,20	2,09	2,17	4,26
<i>Myrcia splendens</i>	15,00	9,36	0,17	100,00	1,04	0,58	2,51	1,62	4,13
<i>Myrsine gardneriana</i>	14,00	8,74	0,11	83,33	0,97	0,37	2,09	1,34	3,44
<i>Cupania vernalis</i>	15,00	9,36	0,12	66,67	1,04	0,42	1,67	1,47	3,14
<i>Symplocos uniflora</i>	14,00	8,74	0,12	66,67	0,97	0,42	1,67	1,40	3,07
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	8,00	4,99	0,07	83,33	0,56	0,26	2,09	0,81	2,90
<i>Duranta vestita</i>	8,00	4,99	0,05	83,33	0,56	0,19	2,09	0,74	2,83
<i>Solanum pseudoquina</i>	9,00	5,62	0,08	66,67	0,63	0,26	1,67	0,89	2,56
<i>Campomanesia guaviroba</i>	8,00	4,99	0,09	66,67	0,56	0,30	1,67	0,85	2,53
<i>Nectandra lanceolata</i>	6,00	3,75	0,11	66,67	0,42	0,37	1,67	0,79	2,47
<i>Sebastiania commersoniana</i>	11,00	6,87	0,09	50,00	0,77	0,31	1,26	1,07	2,33
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	8,00	4,99	0,11	50,00	0,56	0,37	1,26	0,93	2,18
<i>Myrsine coriacea</i>	8,00	4,99	0,10	50,00	0,56	0,36	1,26	0,92	2,17
<i>Oreopanax fulvum</i>	5,00	3,12	0,04	66,67	0,35	0,15	1,67	0,50	2,17
<i>Casearia obliqua</i>	8,00	4,99	0,10	50,00	0,56	0,36	1,26	0,91	2,17
<i>Erythroxylum deciduum</i>	7,00	4,37	0,10	50,00	0,49	0,33	1,26	0,82	2,07
<i>Sapium glandulatum</i>	6,00	3,75	0,09	50,00	0,42	0,32	1,26	0,73	1,99
<i>Piptocarpha axillaris</i>	7,00	4,37	0,19	33,33	0,49	0,65	0,84	1,14	1,97
<i>Styrax leprosus</i>	4,00	2,50	0,08	50,00	0,28	0,27	1,26	0,55	1,80
<i>Maytenus alaternoides</i>	5,00	3,12	0,05	50,00	0,35	0,17	1,26	0,52	1,77

## APÊNDICE 1: FITOSSOCIOLOGIA DO GRUPO 1 – FLORESTA OMBRÓFILA MISTA DE BORDA.

conclusão

Espécie	N	Dens Abs	Dom Abs	Freq Abs	Dens Rel	Dom Rel	Freq Rel	I V C	I V I
	Ind.	Ind / ha	m <sup>2</sup> / ha	%	%	%	%	%	%
<i>Cinnamomum vesiculosum</i>	4,00	2,50	0,06	50,00	0,28	0,21	1,26	0,49	1,75
<i>Coutarea hexandra</i>	7,00	4,37	0,09	33,33	0,49	0,30	0,84	0,79	1,62
<i>Ocotea bicolor</i>	3,00	1,87	0,03	50,00	0,21	0,12	1,26	0,33	1,59
<i>Não Identificados</i>	3,00	1,87	0,02	50,00	0,21	0,08	1,26	0,29	1,54
<i>Drimys brasiliensis</i>	3,00	1,87	0,02	50,00	0,21	0,08	1,26	0,29	1,54
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	4,00	2,50	0,12	33,33	0,28	0,41	0,84	0,69	1,52
<i>Ceiba speciosa</i>	3,00	1,87	0,13	33,33	0,21	0,44	0,84	0,65	1,48
<i>Myrcia hatschbachii</i>	6,00	3,75	0,05	33,33	0,42	0,19	0,84	0,60	1,44
<i>Gomidesia palustris</i>	6,00	3,75	0,05	33,33	0,42	0,17	0,84	0,59	1,43
<i>Bougainvillea glabra</i>	3,00	1,87	0,07	33,33	0,21	0,26	0,84	0,46	1,30
<i>Citronella paniculata</i>	2,00	1,25	0,09	33,33	0,14	0,31	0,84	0,45	1,28
<i>Machaerium stipitatum</i>	3,00	1,87	0,05	33,33	0,21	0,18	0,84	0,38	1,22
<i>Xylosma pseudosalzmanii</i>	4,00	2,50	0,03	33,33	0,28	0,09	0,84	0,37	1,21
<i>Roupala brasiliensis</i>	2,00	1,25	0,06	33,33	0,14	0,20	0,84	0,34	1,18
<i>Casearia decandra</i>	3,00	1,87	0,03	33,33	0,21	0,10	0,84	0,31	1,14
<i>Eugenia uniflora</i>	3,00	1,87	0,02	33,33	0,21	0,08	0,84	0,29	1,13
<i>Rollinia rugulosa</i>	3,00	1,87	0,02	33,33	0,21	0,08	0,84	0,28	1,12
<i>Pimenta pseudocaryophyllus</i>	2,00	1,25	0,02	33,33	0,14	0,08	0,84	0,22	1,05
<i>Ocotea pulchella</i>	3,00	1,87	0,05	16,67	0,21	0,19	0,42	0,40	0,82
<i>Prunus brasiliensis</i>	2,00	1,25	0,07	16,67	0,14	0,24	0,42	0,38	0,79
<i>Cydistax antisiphilitica</i>	3,00	1,87	0,03	16,67	0,21	0,11	0,42	0,32	0,74
<i>Mimosa scrabrella Benth</i>	1,00	0,62	0,05	16,67	0,07	0,19	0,42	0,26	0,68
<i>Lippia brasiliensis</i>	1,00	0,62	0,05	16,67	0,07	0,16	0,42	0,23	0,64
<i>Senna multijuga</i>	1,00	0,62	0,03	16,67	0,07	0,11	0,42	0,18	0,60
<i>Zanthoxylum petiolare</i>	2,00	1,25	0,01	16,67	0,14	0,04	0,42	0,18	0,60
<i>Tabebuia alba</i>	1,00	0,62	0,02	16,67	0,07	0,06	0,42	0,13	0,55
<i>Michelia champaca</i>	1,00	0,62	0,01	16,67	0,07	0,04	0,42	0,11	0,53
<i>Syagrus rommanzofiana</i>	1,00	0,62	0,01	16,67	0,07	0,03	0,42	0,10	0,52
<i>Picramnia parvifolia</i>	1,00	0,62	0,01	16,67	0,07	0,03	0,42	0,10	0,52
<i>Dalbergia brasiliensis</i>	1,00	0,62	0,01	16,67	0,07	0,03	0,42	0,10	0,51
<i>Nectandra megapotamica</i>	1,00	0,62	0,01	16,67	0,07	0,03	0,42	0,10	0,51
<i>Baccharis dracunculifolia</i>	1,00	0,62	0,01	16,67	0,07	0,02	0,42	0,09	0,51
<i>Sloanea monosperma</i>	1,00	0,62	0,01	16,67	0,07	0,02	0,42	0,09	0,51
<i>Vitex megapotamica</i>	1,00	0,62	0,01	16,67	0,07	0,02	0,42	0,09	0,51
<i>Ilex brevicuspis</i>	1,00	0,62	0,01	16,67	0,07	0,02	0,42	0,09	0,51
<i>Calyptanthes concinna</i>	1,00	0,62	0,01	16,67	0,07	0,02	0,42	0,09	0,51
<i>Cinnamomum glaziovii</i>	1,00	0,62	0,01	16,67	0,07	0,02	0,42	0,09	0,51
TOTAL	1437,00	897,00	28,91	3983,33	100,00	100,00	100,00	200,00	300,00

## APÊNDICE 2: FITOSSOCIOLOGIA DO GRUPO 2 – FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL.

continua

Espécie	N	Dens Abs	Dom Abs	Freq Abs	Dens Rel	Dom Rel	Freq Rel	I V C	I V I
	Ind.	Ind / ha	m <sup>2</sup> / ha	%	%	%	%	%	%
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	249	290,89	6,69	100,00	31,72	29,77	4,08	61,49	65,57
<i>Sebastiania commersoniana</i>	178	207,94	3,98	100,00	22,68	17,73	4,08	40,41	44,49
<i>Ocotea puberula</i>	56	65,42	2,91	100,00	7,13	12,94	4,08	20,07	24,15
<i>Ligustrum lucidum</i>	38	44,39	1,39	50,00	4,84	6,18	2,04	11,02	13,06
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	24	28,04	0,64	75,00	3,06	2,86	3,06	5,92	8,98
<i>Luehea divaricata</i>	18	21,03	0,78	75,00	2,29	3,45	3,06	5,75	8,81
<i>Matayba elaeagnoides</i>	17	19,86	0,57	100,00	2,17	2,54	4,08	4,70	8,78
<i>Allophylus edulis</i>	20	23,36	0,31	100,00	2,55	1,39	4,08	3,93	8,02
<i>Lithrea brasiliensis</i>	15	17,52	0,40	75,00	1,91	1,77	3,06	3,68	6,74
Não identificados	14	16,36	0,41	75,00	1,78	1,82	3,06	3,61	6,67
<i>Escallonia montevidensis</i>	17	19,86	0,28	75,00	2,17	1,23	3,06	3,40	6,46
<i>Lonchocarpus campestris</i>	11	12,85	0,42	75,00	1,40	1,85	3,06	3,25	6,32
<i>Symplocos uniflora</i>	8	9,35	0,18	100,00	1,02	0,81	4,08	1,83	5,91
<i>Solanum sanctaecatatharinae</i>	8	9,35	0,15	100,00	1,02	0,66	4,08	1,68	5,76
<i>Prunus brasiliensis</i>	7	8,18	0,38	75,00	0,89	1,69	3,06	2,58	5,64
<i>Campomanesia guaviroba</i>	11	12,85	0,24	75,00	1,40	1,09	3,06	2,49	5,55
<i>Machaerium paraguariense</i>	10	11,68	0,20	50,00	1,27	0,91	2,04	2,19	4,23
<i>Symplocos tetrandra</i>	5	5,84	0,32	50,00	0,64	1,41	2,04	2,05	4,09
<i>Citronella congonha</i>	10	11,68	0,16	50,00	1,27	0,71	2,04	1,99	4,03
<i>Clethra scabra</i>	11	12,85	0,30	25,00	1,40	1,35	1,02	2,75	3,77
<i>Myrsine coriacea</i>	6	7,01	0,16	50,00	0,76	0,69	2,04	1,46	3,50
<i>Cupania vernalis</i>	5	5,84	0,10	50,00	0,64	0,46	2,04	1,09	3,13
<i>Rollinia rugulosa</i>	3	3,50	0,09	50,00	0,38	0,39	2,04	0,77	2,81
<i>Gochnatia polymorpha</i>	3	3,50	0,27	25,00	0,38	1,21	1,02	1,60	2,62
<i>Sapium glandulatum</i>	2	2,34	0,03	50,00	0,25	0,15	2,04	0,41	2,45
<i>Casearia sylvestris</i>	2	2,34	0,03	50,00	0,25	0,15	2,04	0,41	2,45
<i>Myrcia hatschbachii</i>	2	2,34	0,03	50,00	0,25	0,12	2,04	0,37	2,41
<i>Xylosma pseudosalzmanii</i>	2	2,34	0,02	50,00	0,25	0,10	2,04	0,35	2,40
<i>Pinus taeda</i>	1	1,17	0,20	25,00	0,13	0,91	1,02	1,03	2,05
<i>Symplocos tenuifolia</i>	3	3,50	0,09	25,00	0,38	0,38	1,02	0,76	1,78
<i>Vitex megapotamica</i>	3	3,50	0,09	25,00	0,38	0,38	1,02	0,76	1,78
<i>Duranta vestita</i>	4	4,67	0,05	25,00	0,51	0,21	1,02	0,72	1,74
<i>Eugenia uniflora</i>	3	3,50	0,07	25,00	0,38	0,31	1,02	0,70	1,72
<i>Capsicodendron dinisii</i>	1	1,17	0,11	25,00	0,13	0,48	1,02	0,60	1,63
<i>Araucaria angustifolia</i>	1	1,17	0,10	25,00	0,13	0,44	1,02	0,56	1,59
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	2	2,34	0,04	25,00	0,25	0,17	1,02	0,43	1,45
<i>Ilex dumosa</i>	2	2,34	0,03	25,00	0,25	0,13	1,02	0,38	1,40
<i>Ocotea bicolor</i>	1	1,17	0,04	25,00	0,13	0,20	1,02	0,32	1,34
<i>Calyptanthus concinna</i>	1	1,17	0,04	25,00	0,13	0,17	1,02	0,30	1,32
<i>Myrsine gardneriana</i>	1	1,17	0,04	25,00	0,13	0,16	1,02	0,29	1,31

## APÊNDICE 2: FITOSSOCIOLOGIA DO GRUPO 2 – FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL.

conclusão

Espécie	N	Dens Abs	Dom Abs	Freq Abs	Dens Rel	Dom Rel	Freq Rel	I V C	I V I
	Ind.	Ind / ha	m <sup>2</sup> / ha	%	%	%	%	%	%
<i>Nectandra lanceolata</i>	1	1,17	0,03	25,00	0,13	0,12	1,02	0,25	1,27
<i>Solanum pseudoquina</i>	1	1,17	0,02	25,00	0,13	0,09	1,02	0,21	1,23
<i>Picrasma crenata</i>	1	1,17	0,02	25,00	0,13	0,07	1,02	0,20	1,22
<i>Casearia obliqua</i>	1	1,17	0,01	25,00	0,13	0,06	1,02	0,19	1,21
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	1	1,17	0,01	25,00	0,13	0,06	1,02	0,18	1,20
<i>Ocotea nutans</i>	1	1,17	0,01	25,00	0,13	0,05	1,02	0,18	1,20
<i>Escallonia bifida</i>	1	1,17	0,01	25,00	0,13	0,05	1,02	0,18	1,20
<i>Ilex theezans</i>	1	1,17	0,01	25,00	0,13	0,05	1,02	0,17	1,19
<i>Casearia decandra</i>	1	1,17	0,01	25,00	0,13	0,04	1,02	0,17	1,19
<i>Myrsine ferruginea</i>	1	1,17	0,01	25,00	0,13	0,04	1,02	0,17	1,19
TOTAL	785	917,06	22,46	2450,00	100,00	100,00	100,00	200,00	300,00

## APÊNDICE 3: FITOSSOCIOLOGIA DO GRUPO 3 – FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA I

continua

Espécie	N	Dens Abs	Dom Abs	Freq Abs	Dens Rel	Dom Rel	Freq Rel	I V C	I V I
	Ind.	Ind / ha	m <sup>2</sup> / ha	%	%	%	%	%	%
<i>Araucaria angustifolia</i>	135	28,42	7,07	100,00	3,27	25,62	2,56	28,89	31,46
<i>Casearia sylvestris</i>	606	127,58	1,92	100,00	14,67	6,97	2,56	21,64	24,21
<i>Symplocos tetrandra</i>	432	90,95	2,53	100,00	10,46	9,16	2,56	19,62	22,18
<i>Luehea divaricata</i>	378	79,58	2,37	100,00	9,15	8,60	2,56	17,76	20,32
<i>Ocotea puberula</i>	165	34,74	1,76	94,74	4,00	6,39	2,43	10,38	12,81
<i>Jacaranda puberula</i>	246	51,79	0,98	100,00	5,96	3,56	2,56	9,51	12,08
<i>Cedrela fissilis</i>	106	22,32	1,28	94,74	2,57	4,65	2,43	7,22	9,64
<i>Clethra scabra</i>	151	31,79	0,83	84,21	3,66	3,00	2,16	6,66	8,82
<i>Allophylus edulis</i>	164	34,53	0,44	100,00	3,97	1,59	2,56	5,56	8,13
<i>Casearia obliqua</i>	128	26,95	0,47	94,74	3,10	1,71	2,43	4,81	7,24
<i>Myrcia splendens</i>	96	20,21	0,38	84,21	2,32	1,37	2,16	3,69	5,85
<i>Cupania vernalis</i>	95	20,00	0,28	94,74	2,30	1,01	2,43	3,31	5,74
<i>Ocotea nutans</i>	74	15,58	0,47	84,21	1,79	1,69	2,16	3,48	5,64
<i>Machaerium paraguariense</i>	69	14,53	0,33	100,00	1,67	1,19	2,56	2,86	5,43
<i>Schinus terebinthifolius</i>	85	17,89	0,43	63,16	2,06	1,54	1,62	3,60	5,22
<i>Matayba elaeagnoides</i>	71	14,95	0,32	84,21	1,72	1,18	2,16	2,90	5,05
<i>Coutarea hexandra</i>	70	14,74	0,27	73,68	1,69	0,99	1,89	2,68	4,57
<i>Capsicodendron dinisii</i>	42	8,84	0,48	68,42	1,02	1,73	1,75	2,75	4,50
<i>Nectandra lanceolata</i>	43	9,05	0,41	68,42	1,04	1,48	1,75	2,52	4,28
<i>Solanum sanctaecatharinae</i>	56	11,79	0,15	84,21	1,36	0,55	2,16	1,90	4,06
<i>Zanthoxylum kleinii</i>	49	10,32	0,27	73,68	1,19	0,96	1,89	2,15	4,04
<i>Myrsine gardneriana</i>	49	10,32	0,14	89,47	1,19	0,52	2,29	1,71	4,00
<i>Myrcia hatschbachii</i>	42	8,84	0,26	63,16	1,02	0,94	1,62	1,95	3,57
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	34	7,16	0,18	78,95	0,82	0,66	2,02	1,48	3,51
<i>Solanum pseudoquina</i>	45	9,47	0,14	73,68	1,09	0,50	1,89	1,59	3,48
<i>Campomanesia guaviroba</i>	39	8,21	0,13	73,68	0,94	0,47	1,89	1,42	3,31
<i>Rollinia rugulosa</i>	36	7,58	0,10	73,68	0,87	0,37	1,89	1,25	3,14
<i>Lithrea brasiliensis</i>	33	6,95	0,13	68,42	0,80	0,48	1,75	1,28	3,04
<i>Machaerium stipitatum</i>	29	6,11	0,11	73,68	0,70	0,39	1,89	1,09	2,98
<i>Oreopanax fulvum</i>	25	5,26	0,08	73,68	0,61	0,31	1,89	0,91	2,80
<i>Não identificados</i>	32	6,74	0,10	63,16	0,77	0,35	1,62	1,12	2,74
<i>Symplocos uniflora</i>	36	7,58	0,14	47,37	0,87	0,51	1,21	1,39	2,60
<i>Lamanonia speciosa</i>	34	7,16	0,19	42,11	0,82	0,68	1,08	1,51	2,59
<i>Maytenus alaternoides</i>	29	6,11	0,09	52,63	0,70	0,34	1,35	1,04	2,39
<i>Styrax leprosus</i>	24	5,05	0,13	52,63	0,58	0,46	1,35	1,04	2,39
<i>Dalbergia brasiliensis</i>	18	3,79	0,11	52,63	0,44	0,40	1,35	0,83	2,18
<i>Duranta vestita</i>	22	4,63	0,05	52,63	0,53	0,18	1,35	0,71	2,06
<i>Xylosma pseudosalzmanii</i>	17	3,58	0,04	57,89	0,41	0,14	1,48	0,56	2,04
<i>Sapium glandulatum</i>	14	2,95	0,06	47,37	0,34	0,21	1,21	0,55	1,77
<i>Gochnatia polymorpha</i>	13	2,74	0,17	31,58	0,31	0,61	0,81	0,93	1,74
<i>Eugenia uniflora</i>	16	3,37	0,07	42,11	0,39	0,25	1,08	0,64	1,72
<i>Ocotea bicolor</i>	14	2,95	0,15	31,58	0,34	0,53	0,81	0,87	1,68
<i>Citronella paniculata</i>	11	2,32	0,08	42,11	0,27	0,29	1,08	0,56	1,64
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	14	2,95	0,05	42,11	0,34	0,18	1,08	0,52	1,60
<i>Picrasma crenata</i>	12	2,53	0,05	42,11	0,29	0,18	1,08	0,47	1,55
<i>Piptocarpha axillaris</i>	13	2,74	0,15	26,32	0,31	0,55	0,67	0,86	1,54
<i>Roupala brasiliensis</i>	9	1,89	0,06	42,11	0,22	0,23	1,08	0,45	1,53

## APÊNDICE 3: FITOSSOCIOLOGIA DO GRUPO 3 – FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA I

conclusão

Espécie	N	Dens Abs	Dom Abs	Freq Abs	Dens Rel	Dom Rel	Freq Rel	I V C	I V I
	Ind.	Ind / ha	m <sup>2</sup> / ha	%	%	%	%	%	%
<i>Dasyphyllum tomentosum</i>	12	2,53	0,08	36,84	0,29	0,29	0,94	0,58	1,53
<i>Myrsine coriacea</i>	17	3,58	0,06	31,58	0,41	0,23	0,81	0,65	1,46
<i>Prunus brasiliensis</i>	10	2,11	0,07	31,58	0,24	0,24	0,81	0,49	1,30
<i>Casearia decandra</i>	8	1,68	0,03	36,84	0,19	0,12	0,94	0,31	1,26
<i>Ilex brevicuspis</i>	11	2,32	0,06	26,32	0,27	0,22	0,67	0,48	1,16
<i>Lonchocarpus campestris</i>	9	1,89	0,05	26,32	0,22	0,17	0,67	0,38	1,06
<i>Scutia buxifolia</i>	5	1,05	0,03	26,32	0,12	0,11	0,67	0,23	0,90
<i>Ilex dumosa</i>	9	1,89	0,03	21,05	0,22	0,10	0,54	0,31	0,85
<i>Pinus taeda</i>	9	1,89	0,10	10,53	0,22	0,36	0,27	0,58	0,85
<i>Erythroxylum deciduum</i>	10	2,11	0,04	15,79	0,24	0,15	0,40	0,39	0,80
<i>Allophylus semidentatus</i>	7	1,47	0,02	21,05	0,17	0,07	0,54	0,24	0,78
<i>Casearia lasiophylla</i>	6	1,26	0,02	21,05	0,15	0,06	0,54	0,20	0,74
<i>Campomanesia guazumifolia</i>	5	1,05	0,02	21,05	0,12	0,06	0,54	0,18	0,72
<i>Hovenia dulcis</i>	4	0,84	0,05	15,79	0,10	0,20	0,40	0,29	0,70
<i>Cinnamomum vesiculosum</i>	4	0,84	0,05	15,79	0,10	0,19	0,40	0,29	0,69
<i>Escallonia montevidensis</i>	11	2,32	0,03	10,53	0,27	0,11	0,27	0,38	0,65
<i>Zanthoxylum petiolare</i>	6	1,26	0,02	15,79	0,15	0,07	0,40	0,21	0,62
<i>Sloanea monosperma</i>	2	0,42	0,07	10,53	0,05	0,26	0,27	0,31	0,58
<i>Drimys brasiliensis</i>	4	0,84	0,01	15,79	0,10	0,03	0,40	0,12	0,53
<i>Eriobotrya japonica</i>	3	0,63	0,01	15,79	0,07	0,05	0,40	0,12	0,53
<i>Eugenia multiovulata</i>	4	0,84	0,04	10,53	0,10	0,13	0,27	0,23	0,50
<i>Citronella congonha</i>	10	2,11	0,03	5,26	0,24	0,11	0,13	0,35	0,49
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	3	0,63	0,03	10,53	0,07	0,11	0,27	0,18	0,45
<i>Cydistax antisiphilitica</i>	3	0,63	0,01	10,53	0,07	0,04	0,27	0,11	0,38
<i>Pimenta pseudocaryophyllus</i>	3	0,63	0,01	10,53	0,07	0,04	0,27	0,11	0,38
<i>Symplocos tenuifolia</i>	3	0,63	0,01	10,53	0,07	0,04	0,27	0,11	0,38
<i>Cryptocarya aschersoniana</i>	1	0,21	0,06	5,26	0,02	0,21	0,13	0,23	0,37
<i>Eugenia involucrata</i>	2	0,42	0,00	10,53	0,05	0,02	0,27	0,06	0,33
<i>Gordonia fruticosa</i>	2	0,42	0,00	10,53	0,05	0,02	0,27	0,06	0,33
<i>Myrsine umbellata</i>	2	0,42	0,00	10,53	0,05	0,01	0,27	0,06	0,33
<i>Ocotea pulchella</i>	2	0,42	0,00	10,53	0,05	0,01	0,27	0,06	0,33
<i>Sebastiania commersoniana</i>	4	0,84	0,02	5,26	0,10	0,09	0,13	0,19	0,32
<i>Lippia brasiliensis</i>	3	0,63	0,02	5,26	0,07	0,07	0,13	0,14	0,27
<i>Lafoensia pacari</i>	1	0,21	0,02	5,26	0,02	0,09	0,13	0,11	0,25
<i>Croton celtidifolius</i>	1	0,21	0,02	5,26	0,02	0,07	0,13	0,09	0,23
<i>Syagrus rommanzofiana</i>	1	0,21	0,02	5,26	0,02	0,06	0,13	0,09	0,22
<i>Myrsine ferruginea</i>	2	0,42	0,00	5,26	0,05	0,01	0,13	0,06	0,20
<i>Bouganvillea glabra</i>	1	0,21	0,01	5,26	0,02	0,02	0,13	0,04	0,18
<i>Dalbergia frutescens</i>	1	0,21	0,00	5,26	0,02	0,02	0,13	0,04	0,18
<i>Dyospiros kaki</i>	1	0,21	0,00	5,26	0,02	0,01	0,13	0,04	0,17
<i>Ilex paraguariensis</i>	1	0,21	0,00	5,26	0,02	0,01	0,13	0,03	0,17
<i>Vitex megapotamica</i>	1	0,21	0,00	5,26	0,02	0,01	0,13	0,03	0,17
<i>Maytenus aquifolium</i>	1	0,21	0,00	5,26	0,02	0,01	0,13	0,03	0,17
<i>Psidium cattleianum</i>	1	0,21	0,00	5,26	0,02	0,01	0,13	0,03	0,17
<i>Gomidesia palustris</i>	1	0,21	0,00	5,26	0,02	0,01	0,13	0,03	0,17
<i>Myrceugenia glaucenscens</i>	1	0,21	0,00	5,26	0,02	0,01	0,13	0,03	0,17
<i>Lamanonia ternata</i>	1	0,21	0,00	5,26	0,02	0,01	0,13	0,03	0,17
TOTAL	4130	869,47	27,60	3900,00	100,00	100,00	100,00	200,00	300,00

## APÊNDICE 4: FITOSSOCIOLOGIA DO GRUPO 4 – FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA II

continua

Espécie	N	Dens Abs	Dom Abs	Freq Abs	Dens Rel	Dom Rel	Freq Rel	I V C	I V I
	Ind.	Ind / ha	m <sup>2</sup> / ha	%	%	%	%	%	%
<i>Araucaria angustifolia</i>	154	26,78	6,99	100,00	3,81	24,74	2,56	28,56	31,12
<i>Casearia sylvestris</i>	768	133,57	2,31	100,00	19,01	8,17	2,56	27,18	29,74
<i>Luehea divaricata</i>	259	45,04	2,69	95,65	6,41	9,52	2,45	15,93	18,38
<i>Ocotea puberula</i>	186	32,35	1,76	100,00	4,60	6,24	2,56	10,84	13,40
<i>Myrcia hatschbachii</i>	203	35,30	1,50	100,00	5,02	5,32	2,56	10,35	12,91
<i>Casearia obliqua</i>	174	30,26	0,74	100,00	4,31	2,63	2,56	6,94	9,50
<i>Ocotea bicolor</i>	140	24,35	0,73	95,65	3,47	2,57	2,45	6,04	8,49
<i>Ocotea nutans</i>	136	23,65	0,76	91,30	3,37	2,68	2,34	6,05	8,39
<i>Allophylus edulis</i>	163	28,35	0,45	95,65	4,03	1,59	2,45	5,63	8,08
<i>Cedrela fissilis</i>	81	14,09	0,99	86,96	2,00	3,50	2,23	5,51	7,74
<i>Jacaranda puberula</i>	133	23,13	0,47	100,00	3,29	1,68	2,56	4,97	7,53
<i>Nectandra lanceolata</i>	95	16,52	0,77	91,30	2,35	2,72	2,34	5,07	7,41
<i>Matayba elaeagnoides</i>	83	14,43	0,55	95,65	2,05	1,95	2,45	4,00	6,46
<i>Cupania vernalis</i>	99	17,22	0,22	86,96	2,45	0,79	2,23	3,24	5,47
<i>Rollinia rugulosa</i>	67	11,65	0,17	91,30	1,66	0,62	2,34	2,28	4,62
<i>Capsicodendron dinisii</i>	40	6,96	0,52	69,57	0,99	1,83	1,78	2,82	4,60
<i>Sloanea monosperma</i>	44	7,65	0,61	47,83	1,09	2,17	1,23	3,26	4,49
<i>Piptocarpha axillaris</i>	53	9,22	0,42	65,22	1,31	1,48	1,67	2,80	4,47
<i>Myrcia splendens</i>	63	10,96	0,19	82,61	1,56	0,66	2,12	2,22	4,34
<i>Allophylus semidentatus</i>	68	11,83	0,14	82,61	1,68	0,50	2,12	2,18	4,30
<i>Oreopanax fulvum</i>	48	8,35	0,14	95,65	1,19	0,48	2,45	1,67	4,12
<i>Myrsine gardneriana</i>	46	8,00	0,09	82,61	1,14	0,34	2,12	1,47	3,59
<i>Não identificados</i>	36	6,26	0,24	69,57	0,89	0,86	1,78	1,75	3,53
<i>Solanum sanctaecatharinae</i>	41	7,13	0,11	73,91	1,01	0,38	1,90	1,40	3,29
<i>Eugenia multiovulata</i>	30	5,22	0,30	56,52	0,74	1,06	1,45	1,80	3,25
<i>Lonchocarpus campestris</i>	38	6,61	0,21	56,52	0,94	0,73	1,45	1,68	3,12
<i>Machaerium stipitatum</i>	27	4,70	0,22	56,52	0,67	0,78	1,45	1,45	2,90
<i>Styrax leprosus</i>	39	6,78	0,13	56,52	0,97	0,46	1,45	1,43	2,88
<i>Solanum pseudoquina</i>	33	5,74	0,09	65,22	0,82	0,33	1,67	1,15	2,82
<i>Zanthoxylum petiolare</i>	28	4,87	0,10	60,87	0,69	0,36	1,56	1,05	2,61
<i>Schinus terebinthifolius</i>	27	4,70	0,19	47,83	0,67	0,69	1,23	1,36	2,58
<i>Eugenia uniflora</i>	31	5,39	0,19	43,48	0,77	0,66	1,11	1,43	2,54
<i>Prunus brasiliensis</i>	24	4,17	0,16	52,17	0,59	0,58	1,34	1,18	2,51
<i>Clethra scabra</i>	25	4,35	0,11	56,52	0,62	0,40	1,45	1,02	2,47
<i>Machaerium paraguariense</i>	26	4,52	0,16	47,83	0,64	0,56	1,23	1,21	2,43
<i>Roupala brasiliensis</i>	17	2,96	0,22	47,83	0,42	0,76	1,23	1,19	2,41
<i>Sebastiania commersoniana</i>	46	8,00	0,13	26,09	1,14	0,47	0,67	1,61	2,28
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	24	4,17	0,08	52,17	0,59	0,28	1,34	0,88	2,21
<i>Campomanesia guaviroba (DC.)</i>	20	3,48	0,06	56,52	0,50	0,20	1,45	0,69	2,14
<i>Gochnatia polymorpha</i>	31	5,39	0,19	21,74	0,77	0,66	0,56	1,43	1,99
<i>Lamanonia speciosa</i>	20	3,48	0,13	39,13	0,50	0,47	1,00	0,97	1,97
<i>Citronella paniculata</i>	15	2,61	0,13	39,13	0,37	0,47	1,00	0,84	1,84
<i>Hovenia dulcis</i>	21	3,65	0,13	30,43	0,52	0,47	0,78	0,98	1,77
<i>Casearia decandra</i>	15	2,61	0,03	47,83	0,37	0,12	1,23	0,49	1,72
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	17	2,96	0,08	39,13	0,42	0,29	1,00	0,71	1,71
<i>Erythrina falcata</i>	15	2,61	0,16	30,43	0,37	0,56	0,78	0,93	1,71
<i>Ilex paraguariensis</i>	23	4,00	0,09	30,43	0,57	0,32	0,78	0,89	1,67
<i>Symplocos tetrandra</i>	14	2,43	0,09	34,78	0,35	0,33	0,89	0,68	1,57
<i>Sapium glandulatum</i>	13	2,26	0,07	39,13	0,32	0,23	1,00	0,55	1,56
<i>Coutarea hexandra</i>	17	2,96	0,07	34,78	0,42	0,24	0,89	0,66	1,55
<i>Dasyphyllum tomentosum</i>	14	2,43	0,09	34,78	0,35	0,31	0,89	0,66	1,55

## APÊNDICE 4: FITOSSOCIOLOGIA DO GRUPO 4 – FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA II

conclusão

Espécie	N	Dens Abs	Dom Abs	Freq Abs	Dens Rel	Dom Rel	Freq Rel	I V C	I V I
	Ind.	Ind / ha	m <sup>2</sup> / ha	%	%	%	%	%	%
<i>Scutia buxifolia</i>	10	1,74	0,10	30,43	0,25	0,35	0,78	0,59	1,37
<i>Dalbergia brasiliensis</i>	20	3,48	0,06	26,09	0,50	0,20	0,67	0,70	1,37
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	8	1,39	0,15	21,74	0,20	0,54	0,56	0,73	1,29
<i>Duranta vestita</i>	11	1,91	0,02	34,78	0,27	0,08	0,89	0,36	1,25
<i>Picrasma crenata</i>	8	1,39	0,03	34,78	0,20	0,10	0,89	0,30	1,19
<i>Lithrea brasiliensis</i>	8	1,39	0,09	26,09	0,20	0,31	0,67	0,51	1,18
<i>Mollinedia clavigera</i>	8	1,39	0,02	30,43	0,20	0,06	0,78	0,26	1,04
<i>Nectandra megapotamica</i>	14	2,43	0,06	17,39	0,35	0,22	0,45	0,56	1,01
<i>Zanthoxylum kleinii</i>	8	1,39	0,02	26,09	0,20	0,08	0,67	0,27	0,94
<i>Maytenus alaternoides</i>	9	1,57	0,04	21,74	0,22	0,13	0,56	0,35	0,91
<i>Vitex megapotamica</i>	8	1,39	0,02	21,74	0,20	0,08	0,56	0,28	0,84
<i>Banara tomentosa</i>	7	1,22	0,04	17,39	0,17	0,13	0,45	0,30	0,75
<i>Cryptocarya aschersoniana</i>	10	1,74	0,06	8,70	0,25	0,20	0,22	0,45	0,68
<i>Calyptanthes concinna</i>	6	1,04	0,02	17,39	0,15	0,08	0,45	0,22	0,67
<i>Lafoensia pacari</i>	4	0,70	0,03	17,39	0,10	0,09	0,45	0,19	0,64
<i>Picramnia parvifolia</i>	4	0,70	0,01	17,39	0,10	0,04	0,45	0,14	0,59
<i>Casearia lasiophylla</i>	4	0,70	0,01	17,39	0,10	0,03	0,45	0,13	0,58
<i>Celtis iguanaea</i>	6	1,04	0,02	13,04	0,15	0,06	0,33	0,20	0,54
<i>Aegiphila brachiata</i>	4	0,70	0,03	13,04	0,10	0,10	0,33	0,20	0,53
<i>Eugenia involucrata</i>	3	0,52	0,01	13,04	0,07	0,03	0,33	0,11	0,44
<i>Xylosma pseudosalzmanii</i>	3	0,52	0,01	13,04	0,07	0,03	0,33	0,10	0,44
<i>Inga marginata</i>	4	0,70	0,03	8,70	0,10	0,11	0,22	0,21	0,43
<i>Ligustrum lucidum</i>	4	0,70	0,01	8,70	0,10	0,03	0,22	0,13	0,35
<i>Gomidesia palustris</i>	3	0,52	0,01	8,70	0,07	0,02	0,22	0,10	0,32
<i>Myrceugenia miersiana</i>	3	0,52	0,01	8,70	0,07	0,02	0,22	0,09	0,32
<i>Ilex brevicuspis</i>	2	0,35	0,01	8,70	0,05	0,04	0,22	0,09	0,31
<i>Campomanesia guazumifolia</i>	2	0,35	0,01	8,70	0,05	0,03	0,22	0,08	0,31
<i>Drimys brasiliensis</i>	3	0,52	0,03	4,35	0,07	0,10	0,11	0,18	0,29
<i>Maytenus aquifolium</i>	2	0,35	0,00	8,70	0,05	0,01	0,22	0,06	0,29
<i>Myrsine coriacea</i>	2	0,35	0,00	8,70	0,05	0,01	0,22	0,06	0,28
<i>Cinnamomum glaziovii</i>	1	0,17	0,03	4,35	0,02	0,11	0,11	0,13	0,24
<i>Piptocarpha angustifolia</i>	1	0,17	0,03	4,35	0,02	0,11	0,11	0,13	0,24
<i>Erythroxylum deciduum</i>	1	0,17	0,02	4,35	0,02	0,07	0,11	0,09	0,21
<i>Inga sessilis</i>	2	0,35	0,01	4,35	0,05	0,03	0,11	0,08	0,19
<i>Myrsine umbellata</i>	2	0,35	0,00	4,35	0,05	0,01	0,11	0,06	0,17
<i>Ocotea pulchella</i>	2	0,35	0,00	4,35	0,05	0,01	0,11	0,06	0,17
<i>Cinnamomum sellowianum</i>	1	0,17	0,00	4,35	0,02	0,02	0,11	0,04	0,15
<i>Ilex theezans</i>	1	0,17	0,00	4,35	0,02	0,02	0,11	0,04	0,15
<i>Pimenta pseudocaryophyllus</i>	1	0,17	0,00	4,35	0,02	0,01	0,11	0,04	0,15
<i>Symplocos uniflora</i>	1	0,17	0,00	4,35	0,02	0,01	0,11	0,03	0,15
<i>Cinnamomum vesiculosum</i>	1	0,17	0,00	4,35	0,02	0,01	0,11	0,03	0,15
<i>Gordonia fruticosa</i>	1	0,17	0,00	4,35	0,02	0,01	0,11	0,03	0,15
<i>Solanum swartzianum</i>	1	0,17	0,00	4,35	0,02	0,01	0,11	0,03	0,15
<i>Dyospiros kaki</i>	1	0,17	0,00	4,35	0,02	0,01	0,11	0,03	0,15
<i>Tabebuia alba</i>	1	0,17	0,00	4,35	0,02	0,01	0,11	0,03	0,14
<i>Eriobotrya japonica</i>	1	0,17	0,00	4,35	0,02	0,01	0,11	0,03	0,14
<i>Ilex dumosa Reissek</i>	1	0,17	0,00	4,35	0,02	0,01	0,11	0,03	0,14
<i>Dalbergia frutescens</i>	1	0,17	0,00	4,35	0,02	0,01	0,11	0,03	0,14
<i>Citronella congonha</i>	1	0,17	0,00	4,35	0,02	0,00	0,11	0,03	0,14
TOTAL	4040	702,61	28,23	3900,00	100,00	100,00	100,00	200,00	300,00