UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE - UNICENTRO
CAMPUS DE IRATI, PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

CARACTERIZAÇÃO DE GRUPOS FLORÍSTICOS E RELAÇÕES COM VARIÁVEIS AMBIENTAIS E ESPACIAIS EM UM REMANESCENTE DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

TIAGO GRESPAN

IRATI, PR
2016

TIAGO GRESPAN

CARACTERIZAÇÃO DE GRUPOS FLORÍSTICOS E RELAÇÕES COM VARIÁVEIS AMBIENTAIS E ESPACIAIS EM UM REMANESCENTE DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como requisito parcial do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, área de concentração em Manejo Florestal, para a obtenção do título de Mestre.

Profª. Drª. Andrea Nogueira Dias
Orientadora

Prof. Dr. Afonso Figueiredo Filho
Coorientador

Prof. Dr. Alexandre Uhlmann
Coorientador

Profª. Dr. Kátia Cylene Lombardi
Coorientadora

IRATI-PR
2016

Catalogação na Fonte
Biblioteca da UNICENTRO

GRESPAN, Tiago.
G831c Caracterização de grupos florísticos e relações com variáveis ambientais e espaciais em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista Montana / Tiago Grespan.. – Irati, PR : [s.n], 2016.
95 f.

Orientadora: Profª. Drª. Andrea Nogueira Dias
Coorientador: Prof. Dr. Afonso Figueiredo Filho
Coorientador: Prof. Dr. Alexandre Uhlmann
Coorientadora: Profª. Dr. Kátia Cylene Lombardi
Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. Área de concentração em Manejo Florestal. Universidade Estadual do Centro-Oeste, PR.

1. Engenharia Florestal – dissertação. 2. Análise de agrupamentos. 3. Correspondência distendida. 4. Modelos lineares. 5. Cluster Analysis. I. Dias, Andrea Nogueira. II. Figueiredo Filho, Afonso. III. Uhlmann, Alexandre. IV. Lombardi, Kátia Cylene. V. UNICENTRO. VI. Título.

CDD 634.9751

TERMO DE APROVAÇÃO

Defesa Nº 94

Tiago Grespan

"Caracterização de grupos florísticos e relações com variáveis ambientais e espaciais em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista Montana"

Dissertação aprovada em 11/08/2016 como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, área de concentração em Manejo Sustentável de Recursos Florestais, da Universidade Estadual do Centro-Oeste, pela seguinte Banca Examinadora:

Dr. Alexandre Uhlmann
Embrapa Florestas
Primeiro Examinador

Dra. Aline Marques Genú
Universidade Estadual do Centro-Oeste
Segunda Examinadora

Dra. Andrea Nogueira Dias
Universidade Estadual do Centro-Oeste
Orientadora e Presidente da Banca Examinadora

Irati - PR
2016

Às professoras Vaneza Calligaro Grespan e Taiana Grespan, pelo incentivo, amor e carinho, exemplo de vida e trabalho.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus pela vida, pelas pessoas e situações em que me apresenta para o conhecimento e evolução de meu espírito.

Gostaria de agradecer imensamente minha família, a qual me apoiou não só financeiramente, mas fundamentalmente com palavras estimulantes, confortantes e descontraídas nas diversas situações vivenciadas por mim distante deles, além de todo o amor recebido. À minha mãe Vaneza Calligaro Grespan, pelo amor e exemplo de dedicação. Ao meu pai Ercílio Grespan, pelo apoio em minhas decisões. Aos meus irmãos Taiana Grespan, que esteve sempre disposta em me ajudar e, ao meu irmão Lucas Grespan, pelo apoio nos trabalhos de campo.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais - PPGF da Universidade Estadual do Centro-oeste do Paraná, pela oportunidade, assim como ao órgão financiador Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, que subsidiou esta pesquisa.

À orientadora Dra. Andrea Nogueira Dias pelas conversas e orientações. Ao professor Dr. Alexandre Uhlmann que aceitou minha coorientação e contribuiu valiosamente com seus conhecimentos, de forma rápida e gentil, em nossas conversas via e-mail e Skype. Ao professor Dr. Afonso Figueiredo Filho pelas oportunidades oferecidas e pelo exemplo de dedicação ao trabalho. À professora Dra. Kátia Cylene Lombardi pela disponibilização do laboratório de solos. Aos professores da Universidade Federal do Paraná Dr. Carlos Vellozo Roderjan, Dr. Franklin Galvão e a Dra. Yoshiko Saito Kuniyoshi, pelo exemplo de amor ao trabalho e à riqueza de conhecimentos transmitidos ao longo das aulas práticas da disciplina Ecologia e Fitogeografia do Paraná.

Algumas pessoas não devem ser esquecidas devido ao fato de carregarem junto comigo o esforço envolvido no desenvolvimento da dissertação. A Patrícia Denkewicz pelo amor, companheirismo e apoio em todas as etapas do processo de desenvolvimento desta pesquisa. Ao Gustavo Tudela Haberland e Isabell Horn pelo apoio nas coletas de solo. A Odimeia Teixeira pelos ensinamentos referentes aos procedimentos das análises de solo empregados nesta pesquisa. Ao Gerson Luiz Lopes pela amizade e pelas identificações florísticas.

À Bruna Paludo, Marcelo Bosco Pinto e Val Reis pela hospitalidade e gentileza em que me receberam em suas casas quando cursei disciplinas isoladas.

Alguns amigos a quem devo agradecer por terem convivido comigo ao longo dessa fase e contribuído de alguma forma em minha vida: Alexandre Garrett, Alison Margraf, Anderson de Costa Paini, Carla Mussio, Edson Luis Serpe, Emílio C. Z. Ruiz, Fernanda Rocha, Giovanna Marcolin, Graziela Piveta, João Maçaneiro, Jocasta Lerner, Josmar de Jesus Viana, Laércio P. de Oliveira, Mailson Roik, Marcos Gaúcho, Marçal Akira, Mariangela Borba, Mario Boff, Mauro Karasinski, Murilo Malheiros, Paulo Alexandre, Raíssa Nagaoka, Renata Brasileiro, Renata Carvalho, Seu José, Sueza Basso, Tamara Izabel de A. Payá e Victor Hugo.

Muito obrigado!

Te coloco nesse universo. Viva bem, multiplica-se, divirta-se e ocupe o espaço, sob apenas uma condição: leis, cuja o universo parte tu és, soldados, nem nós, Deuses do Olimpo, temos o direito de fazer as nossas próprias.

Criação da terra por Cronos na Mitologia grega, adaptado por Erns Götsch

Sumário

1. INTRODUÇÃO 12
2. OBJETIVOS 16
   2.1. Objetivo Geral 16
   2.2. Objetivos específicos 16
3. REVISÃO DA LITERATURA 17
   3.1. Floresta Ombrófila Mista 17
   3.2. Fitogeografia 21
   3.3. Caracterização Florística 24
   3.4. Parâmetros Fitossociológicos 25
      3.4.1. Densidade 25
      3.4.2. Frequência 25
      3.4.3. Dominância 26
      3.4.4. Índice de Valor de Importância (IVI) 26
   3.5. Segundo Planalto Paranaense 27
   3.6. Solos 28
   3.7. Análise Multivariada 32
      3.7.1. Análise de Cluster 33
      3.7.2. Análise de Espécies Indicadoras 35
      3.7.3. Análise de Correspondência Distendida 35
      3.7.4. Análise de Redundância 37
   3.7.5. Aplicações da análise multivariada na ciência florestal 38
   3.8. Efeito do espaço na estruturação da vegetação 40
4. MATERIAL E MÉTODOS 41
   4.1. Caracterização da área de estudo 41
      4.1.1. Localização 41
      4.1.2. Clima 43
      4.1.3. Geologia e solos 44
      4.1.4. Vegetação 47
   4.2. Coleta de Dados 47
      4.2.1. Vegetação 47
      4.2.2. Solo 50
      4.2.3 Modelo Digital do Terreno 51
   4.3. Processamento dos dados 52
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 55
   5.1 Erro de amostragem e Suficiência amostral 55
   5.2 Composição Florística e diversidade 57
   5.3 Estrutura Fitossociológica 60
   5.4 Análise de agrupamentos 69
   5.4 Análise de Correspondência Distendida 77
6. CONCLUSÕES 84
7. RECOMENDAÇÕES 85
8. REFERÊNCIAS 86

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Cobertura sedimentar paleozoica da Bacia do Paraná. Fonte: MINEROPAR (2001). 28
Figura 2: Distensão por segmento. Fonte: Hill; Gauch (1980). 36
Figura 3: Segmentando uma ordenação de espécies como base em um reescalonamento de uma DCA. Fonte: McCune & Grace (1992). 37
Figura 4: Localização da Floresta Nacional de Irati, PR. 42
Figura 5: Zoneamento da Unidade de Conservação Floresta Nacional de Irati. Fonte: ICMBio, 2013. 43
Figura 6: Classificação climática do Paraná de acordo com Köppen. Fonte: IAPAR (2016). 44
Figura 7: Mapa detalhado das classes de solo presentes na área de estudo localizada na Floresta Nacional de Irati. 45
Figura 8: Perfis diagnósticos representativos das variações de solo presentes na área de estudo, onde: A) Cambissolo Háplico Ta distrófico típico (CXvdt); B) Cambissolo Háplico Ta distrófico léptico (CXvdl); C) Cambissolo Háplico alítico típico (CXal); D) Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd). 46
Figura 9: Vegetação original do estado do Paraná. Fonte: Maack (1950), modificado por Galvão e Augustin (2011). 47
Figura 10: Representação dos 25 blocos (25 hectares) presentes nas parcelas permanentes com suas subdivisões: parcela (B – 50 m x 50 m) e subparcela ou faixa de caminhamento (C – 10 m x 50 m). A letra D (10 m x 10 m, área hachurada) representa a unidade amostral utilizada na metodologia do presente estudo. 48
Figura 11: Numeração das unidades amostrais (10m x 10m) presentes na área de estudo. 49
Figura 12: Lado esquerdo: utilização do trado holandês para coleta de solo superficial (0 – 20 cm de profundidade); lado direito: localização aproximada dos pontos de coleta das amostras simples no interior da parcela (10 m x 10 m). 51
Figura 13: Curva de rarefação após 99.999 permutações, com intervalo de confiança igual a 95%. 56
Figura 14: Distribuição diamétrica para as cinco espécies com maiores valores de importância em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista na Floresta Nacional de Irati, Paraná. 63
Figura 15: Dendrograma de classificação construído por meio de uma matriz de abundância de espécies a partir de 99 parcelas em uma Floresta Ombrófila Mista Montana, PR, Brasil. 70
Figura 16: Distribuição espacial das unidades amostrais em seus respectivos agrupamentos. 76
Figura 17: Análise de Correspondência Distendida para a matriz de abundância. Ordenação das parcelas (esquerda) e das espécies (direita) utilizando os escores dos dois primeiros eixos da ordenação. 78
Figura 18: Diagrama de ordenação da análise de correspondência distendida (DCA) na área de Floresta Ombrófila Mista da Floresta Nacional de Irati, Paraná, Brasil. Na legenda, o termo "amb" (ambiente) representa os grupos. 80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Estatísticas utilizadas para o cálculo da suficiência amostral para as variáveis densidade e área basal..... 55
Tabela 2: Comparação das espécies mais representativas da comunidade pelo Índice de Valor de Importância entre dois trabalhos realizados na mesma área, com o mesmo diâmetro de inclusão, no entanto, com áreas amostrais diferentes..... 57
Tabela 3: Composição florística do componente arbóreo na Floresta Ombrófila Mista da Floresta Nacional de Irati, Paraná, Brasil..... 57
Tabela 4: Parâmetros fitossociológicos das espécies amostradas na Floresta Ombrófila Mista da Floresta Nacional de Irati, Paraná, Brasil, em ordem decrescente do índice de valor de importância. DA = densidade absoluta; DR = densidade relativa; FA = frequência absoluta; FR = frequência relativa; DoA = dominância absoluta; DoR = dominância relativa; IVI = índice de valor de importância e IVC = índice de valor de cobertura. ... 60
Tabela 5: Resultados de parâmetros obtidos em estudos realizados na Floresta Ombrófila Mista no sul do Brasil..... 64
Tabela 6: Parâmetros fitossociológicos das famílias amostradas na Floresta Ombrófila Mista da Floresta Nacional de Irati, Paraná, Brasil, em ordem decrescente do Índice de Valor de Importância. NSpp = número de espécies; DA = densidade absoluta; DR = densidade relativa; FA = frequência absoluta; FR = frequência relativa; DoA = dominância absoluta; DoR = dominância relativa; IVI = índice de valor de importância e IVC = índice de valor de cobertura. 67
Tabela 7: Ocorrência das famílias e espécies nos agrupamentos formados na Floresta Ombrófila Mista da Floresta Nacional de Irati, Paraná. 71
Tabela 8: Parâmetros fitossociológicos calculados para as espécies com maiores valores de importância nos quatro agrupamentos definidos para a Floresta Ombrófila Mista da Floresta Nacional de Irati, Paraná, Brasil. N = número de indivíduos; DA = densidade absoluta ($N.ha^{-1}$); DR = densidade relativa (%); FA = frequência absoluta (%); FR = frequência relativa (%); DoA = dominância absoluta ($m^2.ha^{-1}$); DoR = dominância relativa (%); IVI = índice de valor de importância (%) e IVC = índice de valor de cobertura (%). 74
Tabela 9: Lista com as espécies indicadoras por agrupamento na Floresta Ombrófila Mista da Floresta Nacional de Irati, Paraná, Brasil. 75
Tabela 10: Similaridade de Jaccard e índice de diversidade de Shannon (H´) entre os quatro grupos florísticos na Floresta Ombrófila Mista da Floresta Nacional de Irati, Paraná, Brasil..... 76
Tabela 11: Variáveis espaciais selecionadas para o primeiro eixo no ajuste do modelo OLS..... 78
Tabela 12: Resultados dos modelos OLS para o terceiro eixo da análise de correspondência distendida (DCA). 81
Tabela 13: Scores das espécies nos respectivos eixos de ordenação da análise de correspondência distendida (DCA). 82

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo verificar a formação de grupos florísticos, caracterizá-los quanto à estrutura, investigar a presença de espécies indicadoras nos grupos formados e avaliar possíveis relações com variáveis ambientais e espaciais em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista Montana. Para isso, foram utilizados dados provenientes de uma rede de parcelas permanentes de 25 hectares localizadas na Floresta Nacional de Irati, Paraná. Nesta pesquisa foi utilizado o processo de amostragem sistemático, em um desenho alocado sobre as parcelas permanentes, onde foram estabelecidas 100 parcelas de 10 m x 10 m. No interior das parcelas foram computados todos os indivíduos presentes na área no ano de 2014 com diâmetro à altura do peito (DAP) maior ou igual a 10 cm. Amostras de solo na profundidade de 0 – 20 cm foram coletadas para as análises químico-físicas, como também a informação de altitude, em cada unidade amostral. Por meio da Análise de Classificação (*Cluster Analysis*) foram definidos agrupamentos florísticos e realizada a Análise de Espécies Indicadoras para verificar a existência dessas nos grupos formados. A Análise de Correspondência Distendida foi empregada para sumarizar a estrutura da vegetação e verificar a existência de gradientes ambientais na área de estudo. Em seguida, foi empregado a regressão linear múltipla (*Ordinary Least Squares* – OLS), para avaliar os possíveis efeitos das variáveis preditoras ambientais e espaciais sobre a distribuição e abundância das espécies consideradas indicadoras. As variáveis espaciais foram representadas por MEMs (*Moran Eigenvector Maps*), também denominados filtros espaciais. Ao todo, foram encontrados 638 indivíduos, distribuídos em 29 famílias botânicas, 55 gêneros e 72 espécies. Dentre as espécies que caracterizaram a estrutura da floresta pode-se ressaltar a *Araucaria angustifolia*, *Ocotea odorifera*, *Ilex paraguariensis*, *Ocotea porosa* e *Nectandra grandiflora*. As famílias mais importantes da comunidade foram Lauraceae, Araucariaceae e Myrtaceae, sendo esta última a que apresentou maior riqueza. Por meio da matriz de abundância das espécies mais expressivas na vegetação foi possível a detecção de quatro agrupamentos florísticos, os quais refletiram as variações na composição e estrutura da vegetação. Estas variações não foram atribuídas às variáveis ambientais preditoras, mas às variáveis não mensuradas no estudo e que estão estruturadas no espaço, as quais possivelmente representem mecanismos ecológicos, como direção de dispersão de propágulos, combinados ainda com o efeito estruturante da dinâmica espacial da comunidade.

Palavras-chave: Composição florística; análise de agrupamentos; análise de correspondência distendida; modelos lineares; Floresta Ombrófila Mista.

ABSTRACT

The purpose of this work was verify the formation of floristic groups, characterize its structures, investigate the presence of indicator species in the formed groups and evaluate possible relationships with environmental and spatial variables in a remaining of Araucaria forest. For this, we used data from a network of permanent plots of 25 hectares located in the National Forest of Irati, Paraná. In this research was used systematic sampling process, in an allocated drawing on the permanent plots, where were established 100 plots of 10 m x 10 m. Inside the plots were computed all individuals present in the area in the year 2014 with a diameter at breast height (DBH) greater than or equal to 10 cm. Soil samples in the depth 0-20 cm were collected for chemical and physical analysis, as well the information of altitude in each sample unit. Through of the cluster analysis, floristic groups were defined and carried out the Indicator Species Analysis to verify the existence of these in the formed groups. The Detrended correspondence analysis was used to summarize the structure of vegetation and check for environmental gradients in the study area. Then, it was used the multiple linear regression (Ordinary Least Squares - OLS) to evaluate the possible effects of environmental and spatial predictor variables on the distribution and abundance of the species considered indicators. The spatial variables were represented by MEMs (Moran Eigenvector Maps), also called spatial filters. In all, 638 individuals were found, distributed in 29 botanical families, 55 genera and 72 species. Among the species that characterize the forest structure can emphasize *Araucaria angustifolia*, *Ocotea odorifera*, *Ilex paraguariensis*, *Ocotea porosa* e *Nectandra grandiflora*. The most important families in the community were Lauraceae, Araucariaceae and Myrtaceae, this latter presented the highest richness. Through the abundance matrix of the most significant species in the vegetation it was possible to detect three floristic groupings, which reflect changes in the composition and structure of vegetation. These changes were not attributable to environmental predictor variables, but to the variables that were not measured in the study and that are structured in space, which possibly represent ecological mechanisms, such as direction of propagules dispersion, combined still with the structuring effect of the spatial dynamics of the community.

Key-words: Floristic composition; cluster analisys; detrended correspondence analysis; linear models; Araucaria forest.

1. INTRODUÇÃO

Ao longo do desenvolvimento histórico-econômico interiorano do estado do Paraná, especificamente do segundo planalto, houve atividades extrativistas que contribuíram paulatinamente para a degradação dos ecossistemas.

Inicialmente, fortificada pela rota dos tropeiros, a pecuária em pequena escala gerava renda para os habitantes locais que aqui também se instalavam devido ao "caminho das tropas". No entanto, essa atividade exigia a rotina da queima da vegetação para manutenção do pasto, a qual também gerava compactação devido ao pisoteio do gado e, por conseguinte, provocava erosão do solo. De acordo com Galvão e Augustin (2011), houve épocas em que a quantificação dos rebanhos se tornara uma tarefa impraticável devido às imensas populações.

No século XVIII, outra atividade econômica, provinda da Erva-mate, ganhara força. Essa espécie era explorada, beneficiada e em sua maioria exportada para o mercado consumidor da Argentina e Uruguai. Posteriormente, em função da oscilação do mercado externo, houve um decréscimo da procura deste produto, ampliando dessa forma, espaço econômico para outro recurso florestal, a madeira, sendo a Araucária o maior alvo. Esta já vinha sendo apreciada pela corte portuguesa devido às suas características de afilamento, volume e boa qualidade, quando no século XIX, com a abertura da estrada de ferro Paranaguá-Curitiba seu comércio foi alavancado (ICMBio, 2013).

Em meio a esse ritmo desenfreado em busca do desenvolvimento, paralelo ao incentivo do governo para ocupação do território até então pouco explorado, a Floresta Ombrófila Mista sofreu profundas transformações no que tange à distribuição e estrutura. O pesquisador Maack (1968), na obra intitulada *Geografia física do Estado do Paraná*, descreveu que do total de 167.824 km² da área original de florestas do estado, 119.688 km² já havia sido desmatada naquela época e convertida em terras de cultura ou floresta secundária, onde deste remanescente, apenas 15.932 km² eram referentes às matas virgens de Araucária.

Informações do início do século XXI (PROBIO, 2001), mostraram que havia ainda 24,79% remanescente da ocupação original da Floresta Ombrófila Mista (FOM), sendo essa distribuída em 11,04% de vegetação com características pioneiras, 12,44% de vegetação em estágio intermediário de sucessão e apenas 1,31% de vegetação em estágio avançado. De acordo com o ministério do meio ambiente - MMA (2010), restam apenas 3% de área original da FOM, incluindo todas as variações da condição de conservação.

Segundo Klein (1960), a chamada Mata com Araucária tem sido considerada um dos mais notáveis ecossistemas em termos de valor ecológico, por abrigar espécies típicas e atributos biológicos únicos em todo o planeta, mas também por apresentar uma exuberância de recursos madeireiros e não-madeireiros, pois teve grande influência no desenvolvimento do Sul do Brasil a partir do início do século passado, gerando progresso e riqueza nessa região.

Dessa maneira, os remanescentes que conservam características próximas à vegetação original, de composição e estrutura, são áreas essenciais de preservação e fonte valiosa de estudos que visem a compreensão da fitofisionomia em suas variadas esferas e para diversos fins.

O fato de o Brasil ser, de longe, o maior detentor de biodiversidade do planeta coloca-o numa situação estratégica nos debates sobre o tema, ao mesmo tempo em que cria para o país um grande conjunto de desafios e responsabilidades, cabem a ele as tarefas de identificar, inventariar e estudar cientificamente essa diversidade biológica, junto com a elaboração e a implementação de mecanismos para sua gestão e uso sustentável (PROBIO, 2001).

Segundo Schaefer *et al.* (2009) o quadro fitofisionômico e florístico brasileiro mostra-se fortemente influenciado pela natureza do substrato subjacente, especialmente dos solos que sustentam as formações vegetais e são responsáveis pela maior ou menor oferta de nutrientes e água às espécies vegetais que sobre eles se desenvolvem. Desde muito tempo, os levantamentos pedológicos efetuados no Brasil separam fases de vegetação, evidenciando assim uma estreita associação das classes de solos com a vegetação sobrejacente, que muitas vezes serve de guia para a separação de manchas de solos no campo. Dessa forma, há uma enorme riqueza e variedade de relações edáficas e vegetacionais, específicas de cada bioma brasileiro, que operam ainda em escalas regionais e locais, formando vasta cadeia de interações pedoecológicas desde a macroescala até a escala local de sítio.

Para Santos *et al.*, (2012), as influências das variáveis ambientais sobre as espécies de plantas podem resultar em diferentes padrões de distribuição que variam ao longo do tempo e espaço. Neste contexto, as variações na distribuição das espécies exigem que a combinação de efeitos da vegetação e do ambiente sejam avaliadas juntamente (TER BRAAK, 1987). Assim, frequentemente é necessário a combinação de métodos florísticos e estudos da estrutura florestal para elucidar padrões ecológicos (MOREL *et al.*, 2015). Para Thuiller (2013), os estudos que analisam o efeito dos fatores ambientais

sobre os padrões de composição das espécies podem gerar evidências sobre as preferências ecológicas que as espécies possuem em diferentes condições abióticas.

De acordo com Eisenlohr *et al.* (2011), um dos principais fatores que atuam nas alterações dos padrões de composição das espécies em ambientes tropicais é a heterogeneidade ambiental, cujos efeitos podem estar relacionados às características edáficas e topográficas, como também espaciais. Da mesma forma, Legendre *et al.* (2009) consideram necessário o estudo da estruturação espacial das comunidades, a qual indica processos subjacentes importantes nas suas formações. Assim, compreender os mecanismos que mantêm a biodiversidade das comunidades depende criticamente da capacidade do pesquisador em decompor a variação da diversidade de acordo com as diferentes contribuições dos processos que a afetam, como o ambiente puro, o espaço puro e os processos de hábitat espacialmente estruturado.

Para Rorato *et al.* (2015), sendo a comunidade florestal um ambiente com considerável variação na composição florística, riqueza de espécies e estrutura, a descrição, classificação e ordenação da vegetação correlacionada a fatores ambientais, fornece informações importantes sobre o ambiente em estudo. Assim, por meio de métodos de classificação da vegetação é possível verificar alterações na composição e estruturada da comunidade que podem estar associadas às condições ambientais (FELFILI; REZENDE 2003). De forma complementar, os métodos de ordenação auxiliam na determinação das relações existentes entre a vegetação e o ambiente (MATTEUCI; COLMA, 1982).

A partir do conhecimento da existência de gradientes ambientais que possam exercer influência na estrutura e composição da floresta, torna-se essencial aferir os fatores ambientais para determinar quais espécies e em que grau esses atributos são determinantes ou, ao menos, influentes sobre a floresta. A análise conjunta dos aspectos vegetacionais e ambientais assumem, portanto, especial importância no estudo das comunidades arbóreas e sua conservação.

Diante do exposto, considera-se que estudos sobre a influência de variáveis ambientais sobre a vegetação, especificamente na Floresta Ombrófila Mista Montana, podem fornecer contribuições significativas para a compreensão das relações mútuas entre estes, provendo subsídios necessários ao desenvolvimento de estratégias de restauração ambiental, manejo e de conservação da biodiversidade. Dessa forma, este trabalho pretende contribuir com essa investigação e responder as seguintes perguntas: variações na composição e estrutura da vegetação arbórea permitem detectar

agrupamentos florísticos em uma Floresta Ombrófila Mista Montana? E se, em caso afirmativo, existem fatores ambientais e espaciais que possam influenciar na estruturação destes agrupamentos?

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Verificar a formação de grupos florísticos e avaliar possíveis relações com variáveis ambientais e espaciais em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista Montana localizado na Floresta Nacional de Irati, Paraná.

2.2. Objetivos específicos

- Analisar a composição florística e a estrutura da vegetação;
- Verificar a formação de grupos florísticos;
- Caracterizar os agrupamentos florísticos quanto a composição, estrutura horizontal e diversidade;
- Verificar a existência de espécies indicadoras na formação dos grupos florísticos;
- Identificar possíveis influências de variáveis ambientais e espaciais sobre a composição e estrutura da comunidade.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Floresta Ombrófila Mista

No estado do Paraná a cobertura vegetal original é composta principalmente por cinco grandes unidades fitogeográficas: Floresta Ombrófila Densa (Floresta Atlântica), Estepes (Campos), Savana (Cerrado), Floresta Estacional Semidecidual (Floresta Estacional) e Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária) (RODERJAN *et al*., 2002).

A Floresta Ombrófila Mista (FOM), objeto alvo desta pesquisa, é inconfundível fisionomicamente devido à presença da espécie *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, que é típica e caracterizadora dessa unidade fitogeográfica, formando uma cobertura muito peculiar, por vezes, contínua, dando a impressão de tratar-se de uma formação uniestratificada. Hueck (1972) esclareceu a derivação do nome da capital do Paraná, Curitiba, originária do tupi, onde "curi" ou "curiy" significa Araucária, denotando o potencial desta espécie na região. No entanto, sob a cobertura das copas das Araucárias, encontram-se outras espécies de árvores, arbustos, ervas, epífitas e lianas, as quais variam em abundância e porte, dependendo do local e do estágio de desenvolvimento da comunidade (KLEIN, 1960).

Segundo IBGE (2012), a FOM apresenta distribuição em função da altitude e da latitude característica de cada região e apresenta quatro formações distintas: Aluvial, em terraços antigos associados à rede hidrográfica; Submontana, constituindo disjunções em altitudes inferiores a 400 m; Montana, de 400 m até aproximadamente 1000 m de altitude; e Altomontana, situada a mais de 1000 m de altitude.

No Paraná, a região com ocorrência das Araucárias principia no primeiro planalto, imediatamente a oeste da Serra do Mar, estendendo-se também pelo segundo e pelo terceiro planalto. Os capões dos Campos Gerais, dos Campos de Guarapuava, Palmas e Laranjeira do Sul são associações florísticas da Araucária (MAACK, 2002).

Nas últimas décadas estudos vem sendo realizados com o objetivo de compreender a FOM. Entre os pesquisadores pioneiros e consagrados no estado do Paraná podem ser citados Martins (1944), Klein e Hatschbach (1962) e Maack (1968).

De acordo com Assis e Ivanauskas (2012), esta unidade fitoecológica possui estrutura bem definida e é bem estratificada. O estrato emergente é formado exclusivamente pelas copas de Araucária, que atingem em média 30 m de altura, mas

podem chegar a 40 m. O dossel apresenta cerca de 15-20 m e é formado predominantemente por espécies latifoliadas de Myrtaceae e Lauraceae e pelo pinheiro-bravo (*Podocarpus lambertii*), que, nessa formação, só perde em valor de importância para a própria Araucária (*Araucaria angustifolia*). Para Reitz e Klein (1966) a predominância de *Podocarpus lambertii* se verifica nos capões situados nos campos de Curitiba, avançando até 40 km ao sul desta cidade. O epifitismo também é presente e evidenciado pela abundância de musgos e líquens, bromélias e orquídeas (ASSIS e IVANAUSKAS, 2012).

Para Leite (1994), ao longo das áreas de distribuição natural da Araucária é possível distinguir dois grupos distintos de comunidade a ela associados. O primeiro é formado por uma distribuição esparsa da Araucária por sobre um bosque contínuo, onde 70 a 90% pertencem às espécies imbuia (*Ocotea porosa*), que é a mais representativa, canela-amarela (*Nectandra lanceolata*), canela-preta (*Nectandra megapotamica*), canela-fogo (*Cryptocarya aschersoniana*) acompanhadas da sapopema (*Sloanea monosperma* e *Sloanea lasiocoma*) podendo estas apresentar uma alta frequência, da guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa*) e da erva-mate (*Ilex paraguariensis*). O segundo grupo é formado por um estrato superior bastante denso pela espécie Araucária sobre um estrato de 60 a 80% de folhosas, principalmente das espécies canela-lageana (*Ocotea pulchella*), que é a espécie dominante, canela-amarela (*Nectandra lanceolata*), canela-guaicá (*Ocotea puberula*), canela-fedida (*Nectandra grandiflora*), camboatá-vermelho (*Cupania vernalis*) e camboatá-branco (*Matayba elaeagnoides*), acompanhadas da casca-d´anta (*Drimys brasiliensis*), do pinheiro-bravo (*Podocarpus lambertii*), pimenteira (*Cinnamodendron dinisii*), guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa*) e diversas Myrtaceas e Aquifoliaceaes.

De acordo com Roderjan *et al.* (2002), a Floresta Ombrófila Mista Montana ocorre por meio de associações entre as diferentes espécies que compõe a unidade fitogeográfica, onde são comumente observadas: *Ocotea porosa* (Nees & C. Mart.) Barroso, *O. puberula* (Rich.) Nees, *O. pulchella* (Lauraceae), *Cinnamodendron dinisii* (Schwacke) Occhioni (Canellaceae), *Gochnatia polymorpha* (Less.) Cabrera (Asteraceae), *Podocarpus lambertii* Klotzsch ex Eichler (Podocarpaceae), *Ilex paraguariensis* (Aquifoliaceae), *Cedrela fissilis* (Meliaceae), *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg (Myrtaceae), *Matayba elaeagnoides* Radlk. (Sapindaceae), *Sloanea lasiocoma* K. Schum. (Elaeocarpaceae), *Luehea divaricata* Mart. (Malvaceae), *Mimosa scabrella* Benth., *Dalbergia brasiliensis*

Vogel (Fabaceae), *Jacaranda puberula* Cham. e *Handroanthus albus* (Cham.) Sandwith (Bignoniaceae).

Nos estratos inferiores observam-se representantes de Myrtaceae, especialmente dos gêneros: *Myrcia, Eugenia, Calyptranthes e Gomidesia*, acompanhados de Salicaceae (*Casearia* e *Xylosma*), Sapindaceae (*Allophylus e Cupania*), Rutaceae (*Zanthoxylum*), Symplocaceae (*Symplocos*) e Aquifoliaceae (*Ilex*). Ocorrem com frequência fetos arborescentes de *Dicksonia* e *Cyathea* e gramíneas cespitosas *Chusquea* e *Merostachys* (RODERJAN *et al.*, 2002).

Galvão *et al*. (1989), em estudo realizado na Floresta Nacional de Irati com a alocação de forma aleatório de 90 parcelas retangulares de 10 m x 20 m e medição dos indivíduos com DAP $\geq$ 30 cm, constatou a ocorrência de 128 espécies arbóreas e arborescentes pertencentes a 85 gêneros e a 44 famílias. Os mesmos autores, em função da heterogeneidade do ambiente e da composição florística, definiram 7 agrupamentos florísticos, os quais foram: 1) Formações Pioneiras: ocorrem ao longo do rio Imbituvão e rio das Antas, sendo o branquilho (*Sebastiania commersoniana*) a espécie com maior valor de importância, juntamente com o timbó (*Lonchocarpus sp.*), vacum (*Allophyllus edulis*), pitanga (*Eugenia uniflora*), guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa*) e miguel-pintado (*Matayba elaeagnoides*), as quais representaram 85% dos indivíduos nessa associação; 2) Floresta Estacional Semi-decidual: não é considerada típica, mas ocorrem elementos dessa formação, sendo o xaxim-com-espinho (*Alsophilla sp.* e *Cyathea sp.*) e a Canela-sassafrás (*Ocotea odorifera*) as espécies mais abundantes. Nesta associação ocorre a peroba (*Aspidosperma polyneuron*) em diferentes estratos, sendo um elemento estranho à flora regional por ocorrer no vale do rio Paraná e afluentes; 3) Associação Monjoleiro: as espécies que caracterizaram fisionômica e floristicamente foram o monjoleiro (*Senegalia polyphylla*) e a canela-imbuia (*Nectandra megapotamica*), acompanhadas do xaxim-com-espinho (*Alsophilla sp.* e *Cyathea sp.*); 4) Associação Maria-preta: composta principalmente por Araucária (*Araucaria angustifolia*) e maria-preta (*Diatenopteryx angustifolia*). Destaca-se ainda, guaçatunga (*Casearia decandra*), canela-imbuia (*Nectandra megapotamica*) e erva-mate (*Ilex paraguariensis*); 5) Associação Pinheiro-bravo: embora a espécie não apresente valores significativos de frequência, dominância e abundância, fisionômica e floristicamente encontra-se entre as espécies mais importantes desta unidade. A espécie mais abundante é a canela-branca (*Nectandra lanceolata*), tendo a pimenteira (*Cinnamodendron dinisii*) e o pessegueiro-bravo (*Prunus myrtifolia*) áreas basais representativas nessa associação; 6) Associação

Erva-mate/Cambuí: condicionada por razões edáficas, apresenta tortuosidade nos troncos das espécies que compõem a unidade, exceto na Araucária. A Araucária (*Araucaria angustifolia)* é a espécie mais abundante seguida pela erva-mate (*Ilex paraguariensis*), canela-branca (*Nectandra lanceolata*), cambuí (*Siphoneugenia sp.*) e miguel-pintado (*Matayba elaeagnoides*); 7) Associação Xaxim/Canela-branca: apresenta maior abundância pela espécie canela-branca (*Nectandra lanceolata*), acompanhada pela erva-mate (*Ilex paraguariensis*), do miguel-pintado (*Matayba elaeagnoides*) e do vassourão-pororoca (*Piptocarpha axillaris*). O xaxim-com-espinho (*Alsophilla sp.* e *Nephela sp*) ocupa o terceiro estrato caracterizando, dessa forma, o interior arbóreo.

De acordo com Carvalho (1980), em um levantamento florístico na região centro-sul do estado do Paraná durante a década de 70 (1972 – 1979), foram observadas 159 espécies arbóreas (DAP ≥ 5 cm), agrupadas em 100 gêneros e 50 famílias botânicas. Dentre elas, as mais ricas foram: Myrtaceae (24), Fabaceae (16), Asteraceae (13), Lauraceae (12), Solanaceae (8), Salicaceae (6), Aquifoliaceae, Euphorbiacae, Meliaceae e Rubiaceae (4).

Os pesquisadores Isernhagen *et al.* (2001), catalogando publicações de estudos fitossociológicos realizados no estado do Paraná, apresentaram uma listagem bibliográfica com 162 referências, sendo elas, na grande maioria, publicadas a partir da década de 80. Das 162 referências, 40 eram referentes à FOM onde listavam 244 espécies arbóreas.

Ribeiro (2004) realizando estudos em parcelas permanentes alocadas na Floresta Nacional de São Francisco de Paula (FOM) no estado do Rio Grande do Sul observou em 10 hectares a presença de 130 espécies arbóreas (DAP ≥ 9,5 cm), distribuídas em 79 gêneros e 45 famílias botânicas. As famílias mais representativas foram Myrtaceae (27), Lauracae (9), Flacourtuaceae e Solanaceae (7) e Asteracae e Fabaceae (5).

Watzlawick *et al*. (2005), estudando a composição e estrutura do componente arbóreo (DAP ≥ 10 cm) de um fragmento (0,28 hectares) de FOM no município de General Carneiro, Paraná, computou 39 espécies distribuídas em 31 gêneros e 21 famílias botânicas.

Sonego *et al.* (2007), descrevendo estrutura de um remanescente de FOM, localizado na FLONA de São Francisco de Paula, por meio de estimadores não paramétricos de riqueza e rarefação de amostras observou em 29 parcelas de 10 m x 10 m, com limite de inclusão de DAP igual ou superior a 10 cm, a presença de 35 espécies distribuídas em 26 gêneros e pertencentes a 17 famílias botânicas.

Cubas (2011) avaliando a florística, estrutura e dinâmica do componente arbóreo (DAP ≥ 10 cm) de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista localizado no município de Três Barras, Santa Catarina, no período de 2004 – 2009 observou em 26 hectares a presença de 72 espécies pertencentes a 53 gêneros e 29 famílias botânicas. As famílias que apresentaram o maior número de espécies foram: Myrtaceae (11), Lauraceae (10), Aquifoliaceae (5), Asteraceae (5), Fabaceae (5) e Sapindaceae e Salicaceae (3).

Augustynczik (2011), avaliando a influência de diferentes tamanhos de parcelas e intensidades amostrais na estimativa do estoque e parâmetros fitossociológicos em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista de 15,2 hectares no município de Curitiba, observou a presença de 121 espécies florestais (DAP ≥ 10 cm), distribuídas em 80 gêneros e 47 famílias botânicas, sendo a família Myrtaceae que apresentou maior diversidade (16 espécies), seguida por Lauraceae (11) e Fabaceae (7).

Roik (2012) em monitoramento de 25 hectares de parcelas permanentes localizadas na Floresta Nacional de Irati, no período de 2002 a 2011, observou a presença de 124 espécies arbóreas (DAP ≥ 10 cm) distribuídas em 84 gêneros e 42 famílias botânicas. As famílias mais importantes em ordem de riqueza foram: Myrtaceae (18), Lauraceae (14), Fabaceae (10), Salicaceae (7) Asteraceae (6) e Sapindaceae (5).

Para Isernhagen *et al.* (2001), as variações nas metodologias dos trabalhos, como tamanho da unidade amostral e diâmetro mínimo de inclusão, dificultam comparações entre os resultados obtidos em uma mesma tipologia e até mesmo entre elas, além do mais, pouca informação é fornecida em relação a influência de outras variáveis ambientais, tal como, geopedologia e microclima, o que propiciaria um melhor entendimento da composição e dinâmica da vegetação em questão.

3.2. Fitogeografia

Segundo Assis e Ivanauskas (2012), a denominação "Mista" refere-se à presença das gimnospermas *Araucaria angustifolia* e *Podocarpus lambertii*, consorciadas com angiospermas de gêneros primitivos, como *Drymis* (Winteraceae), *Ocotea*, *Cryptocarya* e *Nectandra* (Lauraceae). No entanto, para IBGE (2012), o termo "Mista" refere-se à origem das espécies predominantes de regiões biogeográficas distintas.

A ocorrência da Floresta Ombrófila Mista no Planalto Meridional é considerada como o seu atual "clímax climático", apresentando disjunções florísticas em refúgios situados nas serras do Mar e Mantiqueira, muito embora no passado tenha se expandido

bem mais ao norte, pois a família Araucariaceae apresenta dispersão paleogeográfica que sugere ocupação bem diferente da atual (IBGE, 2012).

Para maior entendimento do termo "Mista" é preciso compreender o cenário pretérito, o qual propiciou a atual mistura entre essas floras. Há cerca de 170 milhões de anos, as forças das placas tectônicas começaram a desmembrar o Gondwana e essa dispersão continental criou uma nova geografia no hemisfério sul. A separação das massas continentais conhecidas hoje por Antártica, Madagascar, Índia e Austrália do continente africano, e umas das outras, abriu espaço para a formação do oceano Índico. Posteriormente, a separação da América do Sul da África criou o Atlântico Sul. A Índia se separou em direção ao norte, atravessou o equador e colidiu com a Ásia Meridional, criando a cadeia de montanhas do Himalaia. A Austrália e a Antártica foram carregadas para o sul (POLLACK, 2011). Destes desmembramentos tem-se *Drymis* e *Araucaria* com origens australásicas e o gênero *Podocarpus* com origem afro-asiática, todas ocupando o planalto meridional (IBGE, 2012).

De acordo com IBGE (2012), fósseis encontrados na região nordeste brasileira evidenciam a presença de *Coniferales* dentro da plataforma brasileira. No entanto, o vulcanismo iniciado no período Jurássico (aproximadamente 150 m.a.) e terminado no Cretáceo (aprox. 66 m.a.) é considerado fator de despovoamento vegetal do Planalto Meridional e, nesta situação, torna-se esclarecedora a hipótese de que a Araucária, até então presente no planalto meridional, tenha se disseminado através do "Escudo Atlântico" que se achava unido à grande plataforma afro-brasileira no Paleozoico.

Para Ab'Saber (2003), a formação dessa paisagem de planaltos subtropicais, dominados por Araucárias e pulverizados campos de altitude, não foi simples. Estudos paleoclimáticos apontam para um quadro anterior onde predominavam estepes geradas em condições muito secas e bem mais frias. Um cenário envolvendo solos sub-rochosos e eventualmente pedregosos nos planaltos interiores, com ausência de bosques subtropicais e reduzida presença de Araucárias. Este ambiente remete-se a 23 mil e 13 mil anos atrás, quando o nível geral dos mares estava aproximadamente 100 m abaixo do nível atual, época em que as correntes frias ultrapassavam, em muito, a costa do Rio Grande do Sul, de Santa Catarina e do Paraná, alcançado possivelmente o sul da Bahia.

Os 200 mil quilômetros quadrados de Ombrófila Mista têm área contínua no sul do Brasil localizados no estado do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, onde a maior área contínua era no Paraná. No entanto, existem disjunções que são fragmentos desvinculados dessa unidade localizadas em São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro.

Este fenômeno ocorre devido ao recuo da Araucária e algumas espécies que a acompanham, no período de glaciação, para a região sudeste que possuía uma condição térmica e pluviométrica mais favorável. Na pós-glaciação, a espécie colonizou ambientes mais ao sul e utilizou as grandes altimetrias para se estabelecer, devido às condições similares às encontradas em grandes latitudes na região sul (PILLAR, 2003).

As disjunções são consideradas resultados dos movimentos pós-glacial de avanço da floresta com Araucária para unidades campestres que eram dominantes na região sul do Brasil, onde o clima, comparado às condições atuais, foi mais frio e seco até cerca de 10000 anos A.P., mais quente e estacional de 10000 - 4000 anos A.P. e, a partir de então, mais frio e regularmente úmido como nos dias de hoje (PILLAR, 2003).

De acordo com Leite (1994), no período glacial, imediatamente anterior ao interglacial presente, a região de FOM esteve submetida a condições que marcaram profundamente suas feições, momento em que se desfizeram os padrões fitofisionômicos desenvolvidos no período interglacial anterior. Neste período o oceano perfazia a atual planície litorânea, desfazendo uma cobertura vegetal menos ombrófila, com grande quantidade de espécies típicas da flora estacional. Dessa forma, durante os períodos glaciais, a região tornou-se palco de refúgios florísticos em direção a altitudes superiores e nos períodos interglaciares subsequentes, o movimento foi contrário, partindo desses refúgios para as amplidões planaltinas.

De acordo com Behling (2002), evidências paleológicas obtidas em sítios atualmente cobertos com Floresta Ombrófila Mista indicam que a sua expansão a partir de refúgios em vales profundos e corredores ripários sobre os Campos tem sido um processo relativamente recente que iniciou no Holoceno, aproximadamente 4000 anos A.P., e que se acelerou em torno de 1000 anos A.P., provavelmente em resposta ao surgimento de um clima mais úmido.

Estudos realizados por Bitencourt e Krauspenhar (2006) relataram a influência da expansão da *Araucaria angustifolia* no Holoceno tardio influenciado pela dispersão feita pelo homem (caçadores-coletores). Segundo os autores, a espécie necessita de um agente dispersor, como aves, animais, entre outros. Apesar das condições climáticas serem a principal causa dessa expansão, os autores apontaram a contribuição da ação dos grupos caçadores-coletores com cerâmica da Tradição Taquara/Itararé na dispersão da espécie, pela coleta do pinhão, manejo e o possível plantio da espécie.

3.3. Caracterização Florística

De acordo com Mueller-Dombois e Ellenberg (1974), a fitossociologia é uma área da geobotânica sociológica, a qual se ocupa do estudo da composição, desenvolvimento, distribuição geográfica e relações entre comunidades de planta e o meio-ambiente. Os sinônimos europeus para o termo fitossociologia são: ciência da vegetação, sociologia de plantas e fitocoenologia. Os sinônimos anglo-americanos são: sinecologia e ecologia de comunidades.

Felfili e Rezende (2003) descrevem fitossociologia como o estudo de métodos de reconhecimento e definição de comunidades vegetais no que se refere à origem, estrutura, classificação e relações com o meio. Segundo as autoras, a partir da aplicação de um método fitossociológico, pode-se fazer uma avaliação momentânea da estrutura da vegetação.

Para Martins (1989):

> "A Fitossociologia envolve o estudo das interrelações de espécies vegetais dentro da comunidade vegetal no espaço e no tempo. Refere-se ao estudo quantitativo da composição, estrutura, funcionamento, dinâmica, história, distribuição e relações ambientais da comunidade vegetal. Apoia-se muito sobre a Taxonomia Vegetal e tem estreitas relações com a Fitogeografia e as Ciências Florestais."

De acordo com Couto (2005), estudos florísticos comumente avaliam o componente arbóreo em função da pressuposição de que este é o que sustenta um ecossistema florestal, formando assim a base para o habitat de comunidades de animais como também de outras espécies vegetais.

Dessa forma, os parâmetros fitossociológicos são as ferramentas primárias para avaliação dos dados, além de descreverem o quão diverso um ambiente pode ser em comparação a outro. Por meio da fitossociologia pode ser avaliado o grau de desenvolvimento e a interação das espécies com o ambiente, as diferenças locais que ocorrem na vegetação, como reflexo das variações do relevo, do solo e ainda do microclima da região (RODE, 2008).

De acordo com Braak e Prentice (1988) citado por Felfili *et al.* (2011), os modernos estudos de comunidades vegetais têm o objetivo de detectar e descrever os padrões da composição, da estrutura e da distribuição da vegetação para, com base nos resultados, testar ou formular hipóteses sobre a estrutura da comunidade e possíveis relações entre variação da vegetação e fatores ambientais.

3.4. Parâmetros Fitossociológicos

Para descrever as características da comunidade vegetal habitualmente utilizam-se parâmetros fitossociológicos que hierarquizam as espécies segundo sua importância na estruturação da comunidade (KANIESKI, 2010). De acordo com Grombone *et al*. (1990), estudos fitossociológicos são de grande importância para a caracterização da funcionalidade de cada espécie dentro da fitocinese, para contribuir com informações a respeito dos estágios sucessionais e para auxiliar na avaliação da influência de fatores de clima, solo e ação antrópica nas comunidades vegetais.

A análise da estrutura horizontal engloba os parâmetros: densidade, que é o número de indivíduos de cada espécie na composição florística do povoamento; dominância, que se define como a medida da projeção do corpo da planta no solo; frequência, que mede a distribuição de cada espécie, em termos percentuais, sobre a área; valor de cobertura, que é a soma das estimativas de densidade e dominância; valor de importância, que é a combinação, em uma única expressão, dos valores relativos de densidade, dominância e frequência (SOUZA, 1997).

3.4.1. Densidade

A densidade expressa o número de indivíduos por unidade de área. A densidade absoluta indica o número de indivíduos de determinada espécie por unidade de área e a densidade relativa é a razão da densidade absoluta de determinada espécie pela somatória das densidades absolutas de todas as espécies.

3.4.2. Frequência

A frequência é a relação entre o número de parcelas em que determinada espécie ocorre. Indica a dispersão média de cada espécie e é expressa em percentagem. É dada pela probabilidade de se encontrar uma espécie em uma unidade de amostragem e o seu valor indica o número de vezes que a espécie ocorre em um dado número de amostras. Assim, maiores valores de frequência indicam que a espécie está bem distribuída horizontalmente ao longo da vegetação amostrada (FELFILI e REZENDE, 2003).

A frequência absoluta é a proporção do número de unidades amostrais com presença de uma dada espécie em relação ao número total de unidades amostrais e a

frequência relativa é a relação entre a frequência absoluta de uma espécie em relação à soma das frequências absolutas de todas as espécies somadas (MARTINS *et al*., 2011).

De acordo com Matteucci e Colma (1982), a frequência é influenciada pelo tamanho da unidade amostral e o número de indivíduos, ou seja, aumentando-se o tamanho da unidade amostral, bem como o número de indivíduos, consequentemente maior será a frequência. Segundo os mesmos autores, o padrão da distribuição espacial das espécies também rege a estimativa da frequência, onde mantendo-se o mesmo número de indivíduos, mesmo tamanho e quantidade de unidades amostrais, as espécies com distribuição regular apresentam frequência superior às espécies com padrão agregado. Dessa forma, quanto mais agregado é o padrão da espécie, menor é o resultado de sua frequência.

3.4.3. Dominância

Embora definida originalmente como área de projeção da copa por espécie e por unidade de área, utiliza-se a área basal dos fustes, por haver estreita correlação entre ambas e por apresentar uma maior facilidade na obtenção desta informação. Esse parâmetro procura expressar a influência de cada espécie na comunidade, através de sua biomassa (GALVÃO, 1994).

De acordo com Scolforo (1993), os índices de dominância podem ser expressos pela dominância absoluta e relativa. A dominância absoluta corresponde à soma das áreas seccionais dos indivíduos pertencentes a uma mesma espécie, por hectare, e a dominância relativa indica a percentagem de área basal de cada espécie que compõem a área basal total de todas as árvores de todas as espécies por hectare.

3.4.4. Índice de Valor de Importância (IVI)

O índice de valor de importância é um índice composto pelas variáveis, densidade relativa, frequência relativa e dominância relativa, indicando quais espécies têm maior contribuição para a comunidade. Algumas espécies têm muitos indivíduos na comunidade, outras têm indivíduos muito grandes, algumas espécies têm distribuição agregada e restrita a poucos locais, outras são amplamente distribuídas na vegetação. Quando se deseja determinar quais espécies são mais "importantes" na estrutura da comunidade, o IVI é uma tentativa de equalizar a contribuição de espécies mais dispersas

ou menos dispersas e entre espécies mais abundantes ou espécies com indivíduos de maior porte (MORO; MARTINS, 2011).

Cada variável relativa totaliza 100% se forem somadas todas as espécies. Entretanto, ao somar as três variáveis, cada uma totalizando 100%, tem-se um IVI total de 300%. Assim, pode-se dividir o valor do IVI por três [IVI = (densidade relativa + dominância relativa + frequência relativa)/3], a fim de limitar o IVI a um máximo de 100%. Tal procedimento permite ler o IVI diretamente em porcentagem. Por meio do IVI, é possível identificar algumas poucas espécies que são socialmente importantes na estrutura da vegetação (alto IVI) e muitas outras de pequena importância social na comunidade (baixo IVI). O IVI permite distinguir dois grupos de espécies na comunidade: as espécies com maior IVI, de grande importância social na comunidade, e as espécies com pequeno IVI, de menor importância fitossociológica (MORO; MARTINS, 2011).

3.5. Segundo Planalto Paranaense

O segundo planalto ocupa a região situada entre as escarpas do arenito-basáltico (Serra da Esperança) e a escarpa devoniana (Serrinha), possuindo uma área de aproximadamente 35.082 Km². Este planalto pertence a região dos sedimentos paleozoicos e mesozoicos não perturbados por movimentos orogênicos, todavia suavemente inclinado para oeste, sudoeste e noroeste (MAACK, 2002).

De acordo com Camargo (1998), na província geomorfológica do segundo planalto distinguem-se duas grandes formas de relevo: a região ondulada do paleozoico e a região das mesetas do mesozoico. A primeira apresenta uma paisagem suavemente ondulada, constituída por sedimentos paleozoicos do devoniano, carbonífero e do permiano (Figura 1), enquanto a segunda caracteriza-se pelas mesetas isoladas ou cadeias de mesetas, morros testemunhos e platôs alongados, resultantes de sedimentação triássica, dos diques diabásicos, sílex e capa de rochas eruptivas do vulcanismo gonduânico.

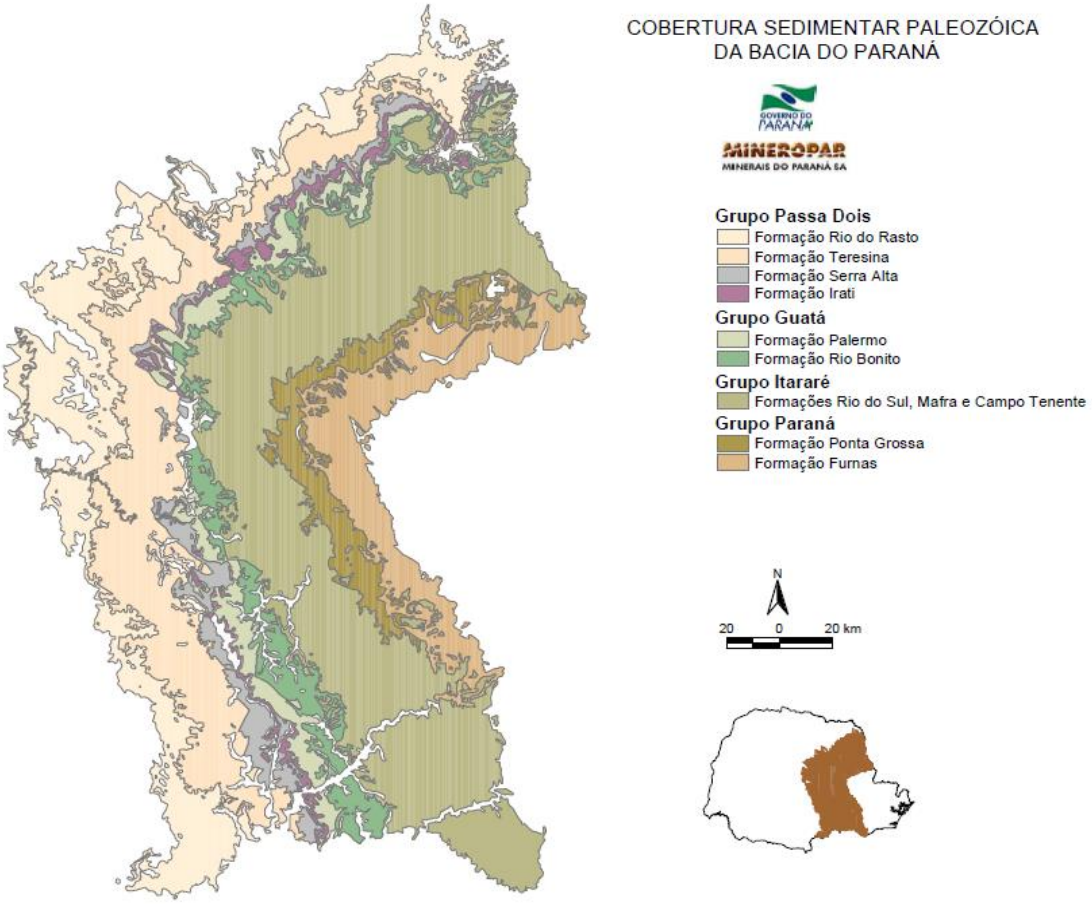

Figura 1: Cobertura sedimentar paleozoica da Bacia do Paraná. Fonte: MINEROPAR (2001).

Os rios que deságuam no segundo planalto, especialmente os rios Iguaçu, Ivaí, Tibagi e das Cinzas, atravessam todas as formações paleozoicas e mesozoicas que afloram nos entalhes dos vales desde o devoniano até o triássico superior (MAACK, 2002).

Para Mazza (2006), a Microregião Colonial de Irati, que engloba os municípios de Fernandes Pinheiro, Imbituva, Irati e Teixeira Soares, está localizada sobre uma base geológica heterogênea, incluindo Depósitos Quaternários e os Grupos Guatá, Itararé, Paraná, Passa Dois e São Bento.

3.6. Solos

Os solos, em sua imensa diversidade, são controlados por fatores de formação, sendo cinco os principais nas diferentes ordens de combinações, que são: clima, organismos, material de origem, relevo e idade da superfície do terreno (LEPSCH, 2011; TROEH e THOMPSON, 2007). Dentre eles existem os fatores “ativos”, os quais são o clima e os organismos, que ao longo do tempo e sob algumas condições de relevo, agem

diretamente sobre o material de origem, que por sua vez, é considerado um fator "passivo" (LEPSCH, 2011).

Para Troeh e Thompson (2007), pode-se dizer, de forma geral, que grande parte dos solos do mundo é controlada principalmente pelo clima, e que o solo local é controlado principalmente pela topografia. A topografia, por sua vez, possui influência direta com as seguintes variáveis: relações de umidade e temperatura, atividade biológica, movimento do solo e movimento da água sob e dentro do solo. Para Kämpf e Curi (2012), o relevo condiciona a distribuição espacial dos solos nas diferentes escalas da paisagem, ou seja, da macro ou subcontinental à micro ou a vertente individual.

Quando se tem um conjunto de solos derivados da ação direta da topografia tem-se uma toposequência, onde ocorrem variações na profundidade dos horizontes. Essas diferenças ocorrem em parte pelo efeito da umidade e temperatura, mas também pela movimentação do solo. Com a influência da gravidade, o solo sofre deslocamento de pontos mais altos para regiões mais baixas, sob influência da textura e teor de água no solo somado à declividade (TROEH; THOMPSON, 2007).

A profundidade do solo é normalmente menor em áreas convexas onde começa o declive no topo do morro, pois o solo e água deixam essa área mais rapidamente. Em contraste, os solos no pé do morro são mais profundos, pois o solo e a água que chegam ao local permanecem ali por mais tempo favorecendo o desenvolvimento dos primeiros horizontes (TROEH; THOMPSON, 2007).

Da mesma forma, o conjunto de solos em que os materiais parentais são similares na topossequência denomina-se *catena*, termo oriundo do latim que significa cadeia (TROEH; THOMPSON, 2007). Para Kämpf e Curi (2012), a mudança gradativa nos solos ao longo da vertente é atribuída a variações na drenagem subsuperficial, ao transporte diferencial e deposição de sedimentos erodidos e, à lixiviação, translocação e redeposição de materiais solúveis via superfície ou subsuperfície. Ainda ao longo de uma catena, o material de origem pode ser uniforme ou não e, os processos em cada solo da catena está interligado com os demais solos posicionados topograficamente acima ou abaixo.

Como resultado dos fatores de formação, o solo é constituído de sólidos que são as partículas minerais e a matéria orgânica, de líquido e de uma mistura de gases. Entre as partículas minerais e as orgânicas associadas a estas existem espaços denominados poros que se encontram ocupados por gases e por uma solução geralmente diluída, denominada solução do solo (BRADY, 1989; MALAVOLTA, 1980).

A água do solo, juntamente com os sais em solução, é um importante veículo que fornece nutrientes aos vegetais em crescimento (BRADY, 1989). Esses nutrientes, os íons, se desprendem de minerais primários das rochas no processo denominado intemperismo, tanto para formar outros minerais como também para ficar adsorvidos nos "pontos de troca" dos coloides do solo, ou ainda, dissolvidos na solução do solo. Deste montante de coloides do solo, principalmente os mais responsáveis pelas trocas iônicas que são as argilas e o húmus, dá-se o nome de "complexo de adsorção" (LEPSCH, 2011).

Dentre os principais íons que nutrem as plantas, destacam-se principalmente os cátions de cálcio, magnésio, potássio e os ânions que possuem fósforo, enxofre e nitrogênio (LEPSCH, 2011). No entanto, cerca de dezessete elementos são considerados essenciais para o crescimento vegetal. Três deles originam-se do ar e da água (carbono, hidrogênio e oxigênio) e quatorze dos sólidos do solo. Dentre os quatorze, seis são considerados macronutrientes, por serem requeridos em montantes relativamente grandes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre). Os demais (ferro, manganês, boro, molibdênio, cobre, zinco, cloro e cobalto) são denominados micronutrientes, por serem necessários apenas em quantidades pequenas, embora sejam tão essenciais para o crescimento vegetal quanto os macronutrientes (BRADY, 1989).

Para Lepsch (2011), a região sul do Brasil, a qual compreende os estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, situa-se em uma zona de transição entre clima tropical e temperado, tanto por estar ao sul do trópico de Capricórnio como por compreender extensas áreas do Planalto Meridional em altitudes próximas a 1000 m, com temperaturas relativamente mais frias.

Os solos de regiões úmidas costumam ser ácidos. Neles, a solução do solo contém mais íons de hidrogênio (H^+) do que hidroxilas (OH^-). No processo de acidificação, onde a precipitação pluviométrica e as temperaturas elevadas favorecem as reações químicas de intemperismo (expressão máxima em regiões tropicais úmidas), resultando em um solo com maior produção de minerais secundários, principalmente óxidos de ferro e de alumínio (LEPSCH, 2011).

Embora a acidez de um solo seja associada à elevada concentração de íons de hidrogênio em uma solução, os íons de alumínio situados nos sítios de troca dos coloides (Al^{3+}) exercem grande influência sobre essa característica. Dessa forma, ao passo que o Al^{3+} dissolvido na solução do solo reage com moléculas de água e, por sua vez, é facilmente hidrolisado, libera íons H^+ para a solução (LEPSCH, 2011).

O crescimento de plantas em solos ácidos minerais pode ser restringido por vários fatores. Em geral, em solos ácidos moderados a absorção de nutrientes como, fósforo (P), magnésio (Mg), potássio (K) ou cálcio (Ca) é frequentemente baixa ou até mesmo deficiente, enquanto que em solos extremamente ácidos o fator limitante mais comum é a toxidade de alumínio (Al) (KELTJENS, 1997).

A atividade biológica atuante no solo possui um papel fundamental na dinâmica do mesmo, sendo responsável por vários processos, como por exemplo, na conversão de formas orgânicas do fósforo e nitrogênio em compostos inorgânicos, sem a qual os vegetais não poderiam realizar a absorção (LEPSCH, 2011). Os responsáveis pela composição da biota do solo podem ser divididos primeiramente em duas grandes classes: a dos animais e a dos vegetais. Posteriormente, inserem-se estes em cinco grupos, os quais são: macrofauna, macroflora, mesofauna, microfauna e microflora. Embora atores que compõe a biota do solo possam ser divididos e classificados, de acordo com o autor estas formas de vida estão tão interligadas que se torna difícil estudá-las separadamente. Em um hectare de solo sob uma floresta natural pode existir algumas espécies de macrofauna (vertebrados), como tatus, tamanduás, cobras, ratos, aproximadamente uma dúzia de vermes, trinta espécies de ácaros, uma centena de espécie de insetos (besouros, cupins, formigas etc.), centenas de espécies de fungos e nematoides e possivelmente milhares de espécies de bactérias.

De acordo com Mazza (2006), os solos predominantes na Microregião Colonial de Irati, são: ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos, LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos, NITOSSOLOS HÁPLICOS Alumínicos e CAMBISSOLOS HÁPLICOS Tb Distróficos. Mas também ocorrem com menor expressividade os solos: CAMBISSOLOS HÁPLICOS Alumínicos, CAMBISSOLOS HÚMICOS Alumínicos, NEOSSOLOS LITÓLICOS Distróficos, NEOSSOLOS LITÓLICOS Eutróficos e GLEISSOLOS MELÂNICOS.

Segundo Embrapa (2013), os Cambissolos são solos constituídos por material mineral, pouco desenvolvidos e que apresentam horizonte B incipiente. Estão distribuídos em todas as classes de relevo e possuem grande variabilidade de características. São em geral pouco profundos com fragmentos de rocha permeando o solo, apresentando transições claras entre os horizontes e minerais primários alteráveis como feldspato, micas e hornblenda. Possuem sequência de horizontes A ou hístico, Bi, C, com ou sem R. Para Lepsch (2011), boa parte dos Cambissolos estão sob vegetação natural, devido ao relevo declivoso e de difícil acesso e manejo, e outros encontram-se sob uma grande

variedade de usos agrícolas, no entanto, a pouca espessura, a pedregosidade e a baixa saturação por bases impõem muitas restrições para a agricultura.

Os Latossolos apresentam um estágio de intemperização avançado e, consequentemente, são virtualmente destituídos de minerais primários ou secundários menos resistentes ao intemperismo. São normalmente muito profundos, friáveis e muito porosos. Neles ocorre o horizonte B latossólico, o qual é altamente intemperizado com predomínio de mineralogia caulinítica e oxídica. Apresentam baixa capacidade de troca catiônica da fração argila (< 17 $cmol_c.kg^{-1}$) e variam entre bem a fortemente drenados (EMBRAPA, 2013). O principal processo de formação é o de dessilicatização (ou latolização), paralelo a uma prolongada bioturbação (LEPSCH, 2011). De acordo com Bognola *et al.* (2002), os Latossolos podem ser considerados os mais importantes do estado do Paraná por ocuparem 30% do território e por serem utilizados largamente devido às ótimas propriedades físicas e posições no relevo bastante favoráveis.

3.7. Análise Multivariada

Segundo Mingoti (2005), diversas áreas do conhecimento tais como, ciências humanas, sociais, exatas, agrárias, entre outras, vem utilizando métodos multivariados para suas investigações. O emprego dessas técnicas em grande escala só foi possibilitado em função do avanço da tecnologia computacional e a gama de aplicativos computacionais disponibilizando módulos de análise multivariada.

A utilização de análises multivariadas em Ecologia busca reduzir uma grande quantidade de variáveis a poucas dimensões com o mínimo de perda de informações, possibilitando detectar os principais padrões de similaridade, de associação e de correlação entre as variáveis em estudo. Dessa forma, faz-se possível uma maior nitidez na detecção de padrões estruturais em ambientes naturais (PALMER, 2005 *apud* FELFILI *et al.* 2011).

De acordo com Felfili *et al*. (2007, 2011), análises multivariadas englobam um vasto número de métodos estatísticos, distribuídos em dois grandes grupos:

1) Classificação (análise de grupos) – conjunto de técnicas analíticas cujo propósito é desenvolver agregações ou divisões significativas, ou grupos, de entidades amostrais, baseado em determinado conjunto de variáveis interdependentes, ou seja, tem por objetivo classificar as entidades amostrais em grupos que compartilham (similaridade) as mesmas características ecológicas (variáveis);

2) Ordenação (análise de gradientes) – definida como um conjunto de técnicas analíticas com propósito de organizar as entidades amostrais ao longo de um contínuo ou gradiente, baseado em inter-relações entre um conjunto de variáveis interdependentes, ou seja, tem por objetivo condensar as informações contidas nas variáveis originais em pequenos conjuntos de dimensões (ex: componentes principais), definidos como combinações lineares das variáveis originais, que descrevem a máxima variação entre as entidades amostrais.

Para Mateucci e Colma (1982), as técnicas de classificação fundamentam-se no agrupamento de espécies ou amostras que tenham atributos em comum, enquanto que as técnicas de ordenação distribuem as espécies ou as amostras ao longo de eixos de variação contínua.

3.7.1. Análise de Cluster

Segundo Valentin (2012), frequentemente o ecólogo busca agrupar amostras de características bióticas ou abióticas semelhantes, para descrever de maneira clara e sintetizada, a estrutura de um ecossistema e definir a composição e a extensão das unidades funcionais. Para tal, busca-se entre os objetos a serem classificados um grau de similaridade suficiente para reuni-los num mesmo conjunto. Para Kent e Coker (1992), neste tipo de técnica não se realiza *a priori* suposições a respeito do número de grupos a serem formados, sendo esses realizados com base em coeficientes (ou índices) de distância ou de similaridade entre as amostras. Para os mesmos autores, em estudo de vegetação podem ser utilizados dados de presença e ausência, abundância, porcentagem de cobertura, entre outros.

Sendo assim, as etapas de uma Análise de Agrupamento (*Cluster Analysis*) são as seguintes (VALENTIN, 2012):

1. Coleta dos dados, que serão reunidos numa tabela com *m* colunas (descritores) e *n* linhas (objetos).
2. Escolha do modo de análise: modo **Q** (agrupamento de objetos) ou modo **R** (agrupamento de descritores), de acordo com o objetivo do trabalho.
3. Escolha do coeficiente de associação (similaridade, distância, dependência).
4. Escolha do método de agrupamento, que depende de critérios baseados no menor grau de distorção (maior coeficiente cofenético), e sua capacidade de evidenciar melhor a estrutura dos dados e a existência de grupos.
5. Elaboração e interpretação do dendrograma.

Segundo Kent e Coker (1992), os coeficientes são agrupados em três categorias, sendo elas: 1) coeficientes baseados em dados qualitativos ou binários (Jaccard, Sørensen, Qui-quadrado, etc.); 2) coeficientes que utilizam dados quantitativos, como densidade (Bray-Curtis, Czekanowski, Distância euclidiana, Distância de Manhattan, Morisita, etc.); 3) e os coeficientes mistos, os quais utilizam dados qualitativos e quantitativos simultaneamente (Gower).

Além do coeficiente de associação a ser selecionado, faz-se necessário a escolha do método de agrupamento, os quais são divididos em hierárquicos e não hierárquicos. Legendre e Legendre (2012), descreveram que nos métodos hierárquicos os membros dos grupos inferiores do *ranking* tornam-se membros em níveis superiores do *ranking* por meio de uma série de partições hierárquicas, ao passo que os métodos não hierárquicos produzem a partição única que otimiza a homogeneidade dentro do grupo. Segundo os autores, os principais métodos de agrupamento, são: Ligação Simples (mínima), Ligação Completa (máxima), Agrupamento por médias não ponderadas (UPGMA), Agrupamento por médias ponderadas (WPGMA), Mínima variância (Método de Ward) e Método flexível.

De acordo com Pohlmann (2009), se um grupo for formado por poucas observações se comparado com os demais, podendo ser *outliers* não detectados durante a análise, o pesquisador deve decidir se ele representa um componente estrutural válido na amostra ou se ele deve ser excluído como não representativo. Quando uma observação é excluída faz-se necessário refazer a análise de agrupamento e iniciar o processo de definição de grupos novamente.

Posteriormente, para avaliação dos agrupamentos obtidos por meio de uma análise de agrupamento, pode ser medido o Coeficiente de Correlação Cofenética, que é o coeficiente de correlação entre os correspondentes elementos da matriz original e a matriz produzida por uma classificação hierárquica (matriz cofenética) (POHLMANN, 2009; FELFILI *et al.*, 2011; LEGENDRE; LEGENDRE, 2012).

A distância cofenética entre dois objetos em um dendrograma é a distância onde eles se tornam membros do mesmo grupo. Dessa forma, a matriz cofenética é a matriz que representa as distâncias cofenéticas entre todos os pares de objetos. Consequentemente, o método que apresentar a maior correlação cofenética pode ser visto como aquele que produziu o melhor modelo de agrupamento para a matriz de distância. No entanto, a correlação cofenética não pode ser averiguada por um teste de significância (BORCARD *et al.*, 2011). Para Shepherd (1995), o valor desse coeficiente serve como

indicador, sendo geralmente sugerido valores superiores a 0,7, no entanto, deve-se utilizar diversos critérios para tomar uma decisão sobre a validade de uma classificação.

Em posse da matriz cofenética é possível confrontá-la com a matriz de distância para verificação da significância. Para tal, aplica-se o teste de Mantel, o qual testa a hipótese nula de não haver relação entre duas matrizes quadradas simétricas (McCUNE; GRACE, 2002). Para estes autores o teste de Mantel foi inicialmente desenvolvido para avaliar o agrupamento espacial e temporal de doenças, tais como a leucemia. Posteriormente, Sokal (1979), introduziu a técnica à biogeografia quantitativa e Douglas e Endler (1982) reproduziram os detalhes matemáticos de uma forma mais compreensível.

3.7.2. Análise de Espécies Indicadoras

Frequentemente o objetivo de estudos ecológicos é detectar e descrever espécies indicadoras de determinadas condições ambientais. Quando as diferenças ambientais são conceituadas como grupos de unidades amostrais, podendo ser variáveis ambientais categóricas, níveis de perturbação, tratamentos experimentais, presença e ausência de uma determinada espécie, o método ISA (*Indicator Species Analysis*) criado por Dufrêne e Legendre (1997), calcula valores indicativos de espécies dentro de um conjunto de unidades amostrais (McCUNE; GRACE, 1992; BORCARD *et al*., 2011).

O método combina informações de concentração de abundância de espécies em um grupo particular e a fidelidade de ocorrência das espécies neste mesmo grupo. Um indicador perfeito de um determinado grupo deve ser fiel ao grupo, ou seja, sempre presente, assim como também, ser exclusivo a ele e nunca ocorrer em outros grupos. A análise produz valores indicadores para cada espécie em cada grupo, com base nesses padrões de indicador perfeito, esses valores são testados estatisticamente utilizando a técnica de randomização de Monte Carlo (McCUNE; GRACE, 1992).

3.7.3. Análise de Correspondência Distendida

A Análise de Correspondência Distendida (*Detrended correspondence analysis* – DCA) é uma técnica de ordenação baseada em análise de correspondência voltada para dados ecológicos. Como a CA (*Correspondence analysis*), a DCA ordena simultaneamente as espécies e as unidades amostrais (McCUNE; GRACE, 1992). Esta

análise desenvolvida por Hill e Gauch (1980) foi criada para solucionar duas distorções que ocorriam na CA: o efeito de arco e o efeito da compressão (FELFILI *et al.*, 2011).

O efeito de arco, que ocorre quase inevitavelmente com mais de uma dimensão na CA, é oriundo nesta análise quando o segundo eixo, não correlacionado com o primeiro, não se torna independente dele, o que faz com que o segundo eixo e os subsequentes apresentem distorções, de tal modo que não possam ser interpretados separadamente (HILL; GAUCH, 1980). Na DCA, esse efeito é achatado por meio da divisão do primeiro eixo em segmentos e recalculado os valores (escores) do segundo eixo, de forma que eles passem a ter média igual a zero (HILL; GAUCH, 1980; McCUNE; GRACE, 1992; FELFILI *et al.*, 2011). Isso é análogo ao cortar a ordenação em tiras, em seguida, deslizá-las verticalmente para igualar a média dentro de cada faixa. De acordo com McCune e Grace, o número padrão de segmentos numa DCA é de 26.

Na Figura 2 pode–se observar o eixo de ordenação de uma CA sendo dividido em números arbitrários de segmentos (neste caso 5), posteriormente, os escores dentro dos segmentos são centrados em zero deslizando-os uns com os outros.

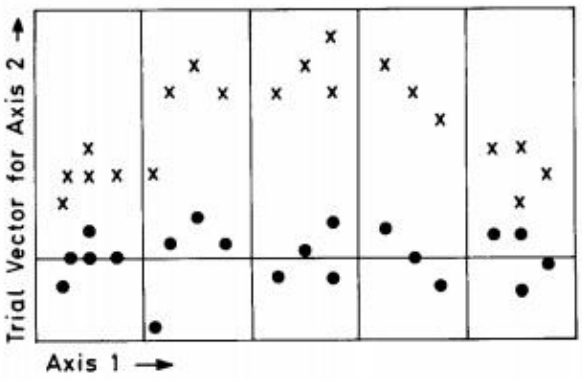

Figura 2: Distensão por segmento. Fonte: Hill; Gauch (1980).

Outra falha da CA, que também é corrigida na DCA, é o efeito da compressão, a qual é uma distorção das distâncias relativas entre as amostras (e espécies) em seus eixos. Este efeito ocorre quando amostras que diferem ecologicamente por quantidades ou valores idênticos são separadas por diferentes distâncias na ordenação, ocasionando desvios dos valores das extremidades do eixo menores que os do centro (HILL; GAUCH, 1980; FELFILI *et al.*, 2011). A DCA corrige esta distorção distendendo o primeiro eixo da ordenação, expandindo os segmentos das extremidades desse eixo e contraindo os segmentos do seu meio, produzindo uma situação em que a entrada e a saída de espécies ao longo do gradiente do eixo tornam-se quase uniformes, assim como minimizando a contração das extremidades (FELFILI *et al.*, 2011).

Pode-se observar na Figura 3 que as setas indicam as fronteiras dos segmentos e os círculos são as espécies. Para cada segmento, a DCA calcula a variância para as espécies e, posteriormente, os comprimentos dos segmentos são então esticados para igualar as variâncias dentro destes.

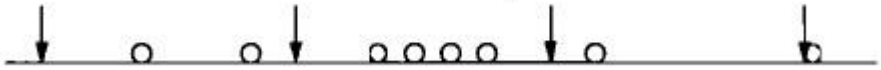

Figura 3: Segmentando uma ordenação de espécies como base em um reescalonamento de uma DCA. Fonte: McCune & Grace (1992).

Borcard *et al.* (2011) sugerem a utilização da DCA como estimativa de comprimento de gradiente por meio do primeiro eixo de ordenação, o qual é expresso em unidades de desvios padrão de substituição de espécies, onde, em um gradiente maior que 4 DS (*deviation standart*) indica que algumas espécies possuem resposta unimodal ao longo do eixo. Uma mudança de 50% na composição da amostra ocorre em aproximadamente 1 SD ou um pouco mais (HILL; GAUCH, 1980).

3.7.4. Análise de Redundância

A Análise de redundância (*Redundancy analysis* - RDA) é a extensão direta de regressão múltipla para a modelagem de dados de resposta multivariada, sendo o termo "redundância" sinônimo de variância explicada (LEGENDRE; LEGENDRE, 2012). Segundo estes autores, a análise é assimétrica, onde Y é a tabela das variáveis respostas e X é a tabela das variáveis explicativas (preditoras). Nesta análise, em uma perspectiva descritiva, pode-se dizer que a ordenação de Y é restringida de tal forma que o resultado dos vetores de ordenação é combinação linear das variáveis em X.

A RDA pode ser vista como uma extensão da Análise de Componentes Principais - PCA, porque os vetores de correlação canônica são combinações lineares das variáveis respostas em Y, significando que cada vetor de ordenação é a projeção unidimensional da distribuição dos objetos no espaço que preserva a distância euclidiana entre eles. Dessa forma, os vetores de ordenação da RDA divergem dos componentes principais, pois podem ser computados na tabela de dados Y, onde são restringidos a serem combinações lineares das variáveis em X (LEGENDRE; LEGENDRE, 2012). De acordo com Borcard *et al.* (2011), a PCA permite que a matriz de dados expresse relações entre objetos e variáveis sem restrições, obtendo-se assim uma abordagem exploratória e

descritiva. Por outro lado, a ordenação canônica, explora explicitamente as relações entre duas matrizes, sendo uma matriz de resposta e, a outra, uma matriz explicativa.

> Conceitualmente, a RDA é uma regressão linear múltipla seguido de uma PCA da tabela de valores ajustados. Ela funciona como descrita a seguir, em uma matriz Y de variáveis respostas centradas e uma matriz X de variáveis preditoras centradas ou também padronizadas (BORCARD *et al.*, 2011):
>
> - Regressão de cada variável (centrada) Y em função da tabela exploratória X e cálculo do ajuste ($\hat{y}$) e os vetores residuais (*y*res). Reunir todos os vetores $\hat{y}$ em uma matriz $\hat{Y}$ de valores ajustados;
> - Calcular uma PCA da matriz $\hat{Y}$ de valores ajustados; essa análise produz um vetor de autovalores canônicos e uma matriz U de autovetores canônicos;
> - Utilizar a matriz U para calcular dois tipos de scores de ordenação de local: utilizar a matriz original Y para obter uma ordenação espacial das variáveis originais Y (ou seja, calculando YU, obtêm-se scores de locais denominados "*Site scores* (soma ponderada dos escores locais)"), ou usar a matriz $\hat{Y}$ de valores ajustados para obter uma ordenação espacial da variável X (ou seja, calcular $\hat{Y}$U, a qual produz scores de local ajustados denominados "*Site constraints* (combinação linear de variáveis restringidas");
> - Os valores residuais da regressão múltipla (Yres = Y – $\hat{Y}$) podem ser também submetidos a uma PCA para obter uma ordenação não restringida dos resíduos.

3.7.5. Aplicações da análise multivariada na ciência florestal

Nos últimos anos muitos estudos vêm sendo realizados nos diferentes ecossistemas brasileiros visando fornecer informações relevantes para fins de preservação, conservação, como também para o manejo. Para tal, o pesquisador em posse de um banco de dados com grandes quantidades de informações, se apropria de análises que contemplem conjuntamente aspectos vegetacionais e ambientais. Assim, os dados são interpretados de uma forma integrada e as inter-relações são exploradas com maior profundidade (FERREIRA, 2008).

Longhi (1997) utilizou a análise de agrupamento e discriminante em comunidades florestais na sub-bacia hidrográfica do rio Passo Fundo, no estado do Rio Grande do Sul, com o objetivo de proporcionar subsídios em programas de recuperação e utilização racional da vegetação.

Rode (2008) utilizou a análise de agrupamentos para formação de grupos florísticos mais homogêneos na vegetação arbórea de um povoamento de araucária e em uma Floresta Ombrófila Mista localizada na Floresta Nacional de Irati, Paraná, posteriormente, empregou a análise discriminante para determinar as espécies

características dos grupos formados. Também na Floresta Nacional de Irati, Roik (2012) utilizou a análise de agrupamentos na estratificação dos dados para a modelagem do incremento em diâmetro de espécies da Floresta Ombrófila Mista.

Rodrigues (2012), analisando a dinâmica de uma Floresta Ombrófila Mista Aluvial no município de Guarapuava, aplicou a técnica de ordenação CCA (análise de correspondência canônica) para avaliar a influência de variáveis ambientais sobre a vegetação arbórea ao longo de um gradiente ambiental.

Marcon *et al.* (2014), empregou o escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) para verificar variações florísticas e estruturais associadas à heterogeneidade ambiental em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana, posteriormente, aplicou a análise de espécies indicadoras sobre os grupos florísticos-estruturais determinados.

Rorato *et al.* (2015), estudando fragmentos de Floresta Ombrófila Mista Montana Aluvial e Montana submeteu dados da vegetação à análise de agrupamentos (TWINSPAN), posteriormente, os dados referentes ao solo superficial (0-20 cm de profundidade) e declividade foram correlacionados com a vegetação por meio da análise de correspondência canônica.

Morel *et al.* (2015), no município de Itamonte, estado de Minas Gerais, utilizaram a análise de correspondência distendida (DCA) e análise de correspondência canônica (CCA) para correlacionar a estrutura de duas comunidades localizadas em diferentes altitudes associadas às variáveis abióticas, bióticas e escritores da vegetação.

Negrini *et al.* (2014) analisaram as variações espaciais, florísticas e estruturais do componente arbóreo de fragmentos de Floresta Ombrófila Mista no Planalto Catarinense por meio da análise de correspondência distendida (DCA), para ordenação da vegetação, e análise de espécies indicadoras, para verificar diferenças florístico-estruturais entre os fragmentos.

Maçaneiro (2015), por meio da análise de redundância investigou a influência ambiental e espacial nas variações florísticas e estruturais em um remanescente de Floresta Pluvial Subtropical, no estado de Santa Catarina.

3.8. Efeito do espaço na estruturação da vegetação

Recentemente, uma abordagem ecológica tem reconhecido a estruturação espacial das comunidades vegetais e de fatores ambientais, compreendendo assim, a influência da estrutura espacial sobre as variações na composição de espécies em comunidades florestais (LEGENDRE *et al*., 2009).

A estrutura espacial pode ser originada por processos ecológicos contagiosos, sendo assim, denominada como autocorrelação espacial (COTTENIE, 2005). Para Legendre e Gauthier (2014), além de variáveis ambientais preditoras na composição e estrutura da vegetação existem outros tipos de processos, denominados *processos neutros de população* ou *dinâmica de comunidades*, que não necessariamente podem estar correlacionadas às variações nas condições do ambiente, mas são os efeitos da estrutura temporal produzida pelos agrupamentos próprios das espécies, gerando autocorrelação nas variáveis resposta (espécies).

Neste contexto, pesquisadores buscam determinar quanto das variações florísticas e estruturais correspondem a frações do ambiente, do espaço, ou ainda, do ambiente espacialmente estruturado (PERES-NETO, 2006). De acordo com Legendre & Legendre (2012), quando não se considera a estrutura espacial nos padrões florísticos relacionada ao ambiente em um estudo, este está sujeito à conclusões imprecisas.

Dentre os trabalhos que investigaram a influência do componente espacial sobre o ambiente e a distribuição da vegetação podem ser citados Machado *et al.* (2008), Mélo *et al.* (2013) e Maçaneiro (2015).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização da área de estudo

4.1.1. Localização

A Floresta Nacional (FLONA) de Irati (Figura 4) é uma unidade de conservação administrada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio de âmbito federal. De acordo com o artigo 17 da lei 9985/2000 do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), que define as Florestas Nacionais, classifica-as como unidades de conservação de uso sustentável e tem por objetivo compatibilizar a conservação da natureza com o uso racional de parcela dos seus recursos naturais (BRASIL, 2000).

A unidade está localizada entre as coordenadas geográficas E = 538.217,9 m a E = 549.784,5 e N = 7.188.444,2 m a N = 7.201.876,4 m do sistema UTM / Fuso 22. Situa-se entre a margem direita do rio das Antas e esquerda do rio Imbituva, pertencentes à bacia hidrográfica do rio Tibagi, a uma altitude média de 820 metros acima do nível do mar (MAZZA, 2006).

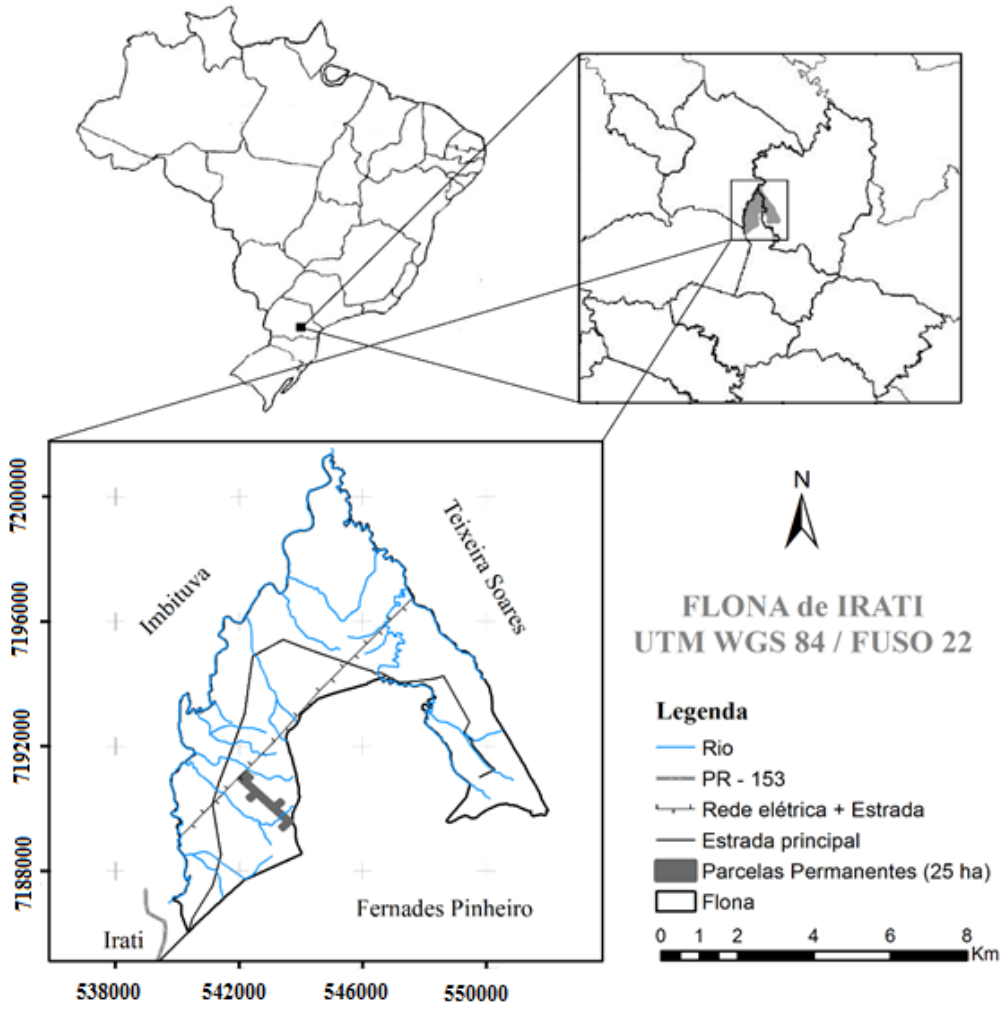

Figura 4: Localização da Floresta Nacional de Irati, PR.

A FLONA de Irati possui área de 3.748,91 hectares e está inserida nos municípios de Fernandes Pinheiro (78 %) e Teixeira Soares (22 %), sendo Irati e Imbituva municípios limítrofes a ela. A unidade está compreendida da seguinte forma (Figura 5): zona primitiva (641,97 ha), zona de manejo florestal sustentável (1.580,90 ha), zona de recuperação (1.329,23 ha), zona de uso especial (13,95 ha), zona de uso público (135,24 ha) e zona de uso conflitante (47,62 ha) (ICMBio, 2013).

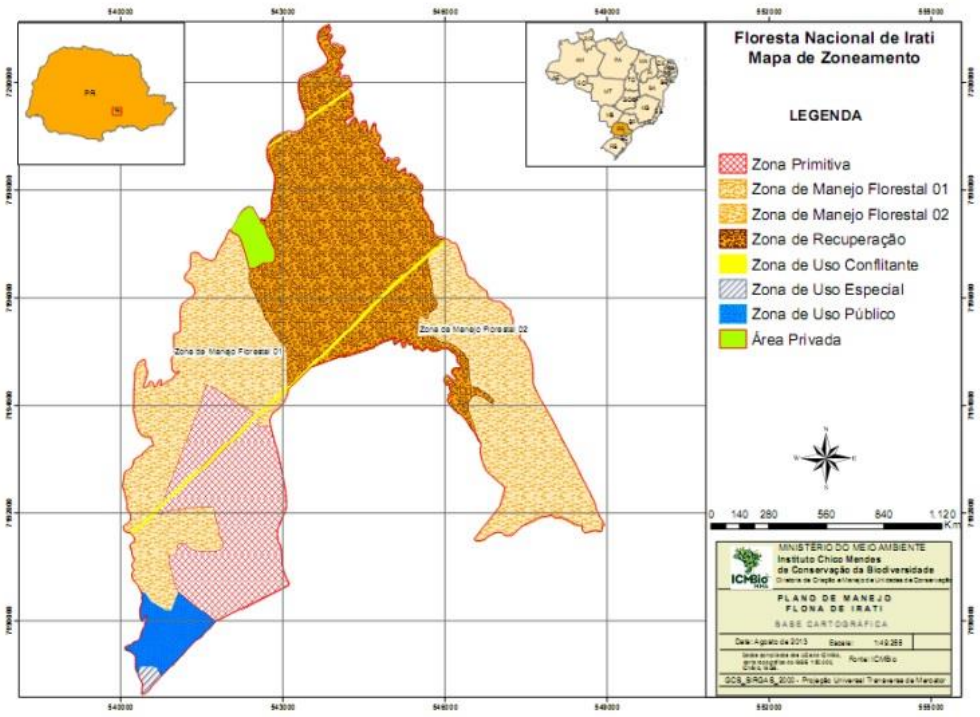

Figura 5: Zoneamento da Unidade de Conservação Floresta Nacional de Irati. Fonte: ICMBio, 2013.

De acordo com Amaral (1971), embora a Floresta Nacional de Irati (*Irati*, do tupi, que significa "rio de mel") contenha o nome da cidade, a unidade apenas faz divisa com o município, que possui afloramentos rochosos da formação Irati, caracterizado pelos folhelhos pretos desta formação geológica. Dessa forma, possivelmente o nome da unidade faz menção a essa formação pouco expressiva, embora pesquisada em função do pirobetume dos folhelhos (atualmente sendo extraído pela Petrobrás no município de São Mateus do Sul, Paraná), da extração do calcário para corretivo do solo, assim como também devido à presença relativamente frequente de fósseis, como por exemplo, o *Mesossauros brasiliensis*.

4.1.2. Clima

De acordo com a classificação climática de Köppen, a área de estudo localiza-se na região Cfb (mesotérmico, úmido, com precipitação uniformemente distribuída durante o ano e verão brando) (Figura 6). Para Alvares *et al.* (2013), o clima Cfb é observado em apenas 2,6% do território brasileiro, onde a maior ocorrência é do sul de Minas Gerais (Serra da Mantiqueira) e parte do Rio de Janeiro e Espírito Santo até o estado do Rio

Grande do Sul, recobrindo as regiões mais frias do Brasil, como Urupema, Urubici e São Joaquim no estado de Santa Catarina, onde existem picos excedendo 1.800 m de altitude.

Figura 6: Classificação climática do Paraná de acordo com Köppen. Fonte: IAPAR (2016).

O estado do Paraná com 199,315 km² possui 37% da área sob influência desse tipo climático, apresentando verões frescos, geadas severas e frequentes e sem estação seca (ALVARES *et al.*, 2013).

De acordo com base de dados (1963 – 2010) da Estação Meteorológica do Instituto Agronômico do Paraná - IAPAR situada no município de Fernandes Pinheiro, a região apresenta média anual de precipitação de 1605,7 mm. As temperaturas médias para os meses de verão e inverno são 23,9 e 12,8 ºC respectivamente. As temperaturas máximas e mínimas já registradas na estação durante o período de avaliação foram de 36,6 ºC (17/11/85) e -5,7 ºC (18/07/75).

4.1.3. Geologia e solos

A FLONA de Irati situa-se no Segundo Planalto Paranaense, exibindo uma paisagem suave ondulada, composta por sedimentos paleozoicos do devoniano, carbonífero e do permiano (MAACK, 2002). Para Kersten *et al.* (2008), esta região é caracterizada geologicamente por uma cobertura sedimentar originária no oceano Pantalassa, o qual recobriu grande extensão da América do Sul.

De acordo com o *Relatório técnico de levantamento e classificação de solos das parcelas permanentes da Floresta Nacional de Irati* elaborado pelas pesquisadoras Aline Marques Genú e Kátia Cylene Lombardi, professoras dos Departamentos de Agronomia

e de Engenharia Florestal da UNICENTRO, as classes de solo predominantes na área (Figura 7), são: Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd), Cambissolo Háplico Ta distrófico típico (CXvdt), Cambissolo Háplico Ta distrófico léptico (CXvdl) e Cambissolo Háplico alítico típico (CXal). Informações mais detalhadas constam no relatório técnico de Figueiredo Filho (2011), elabora para o CNPq (não publicado).

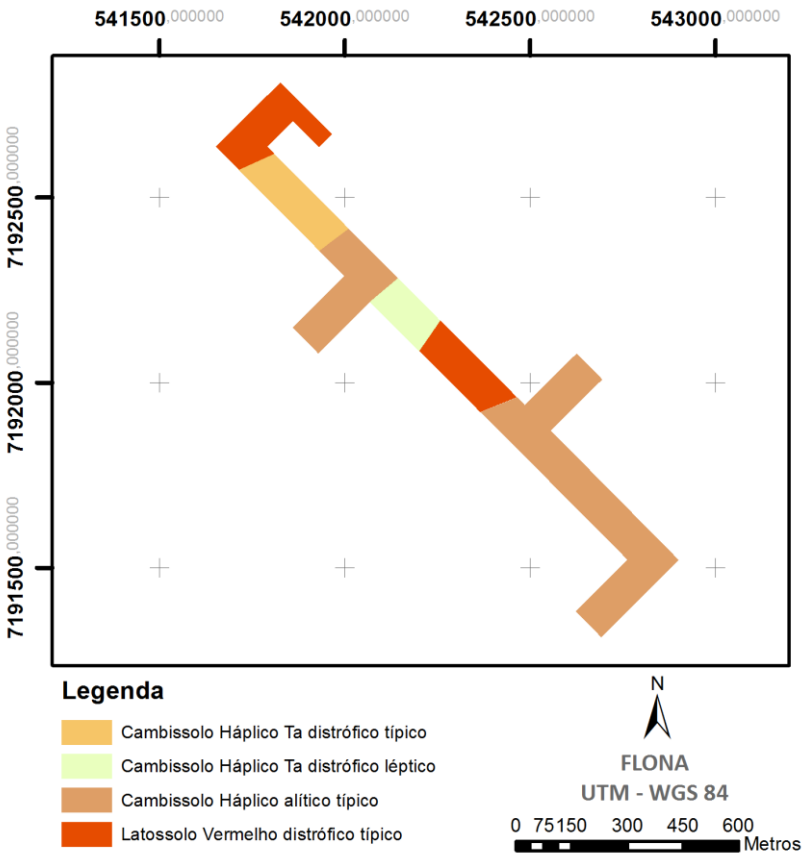

Figura 7: Mapa detalhado das classes de solo presentes na área de estudo localizada na Floresta Nacional de Irati.

A metodologia utilizada na classificação do solo do local é apresentada a seguir:

> Para a realização do mapeamento foram abertas dezesseis trincheiras distribuídas sistematicamente ao longo da área. Em cada trincheira foi realizada a descrição morfológica dos solos de acordo com Santos *et al.* (2005) e, para cada horizonte descrito, foram coletadas amostras para caracterização química e física. As análises químicas determinaram os teores de cálcio, magnésio, potássio, sódio, alumínio, hidrogênio + alumínio, pH em $CaCl_2$ e matéria orgânica (Embrapa, 1997) e a física para granulometria pelo método da pipeta (Embrapa, 1997). Posteriormente com base na descrição morfológica e nas análises químicas e físicas, os solos foram classificados de acordo com Embrapa (2006) (FIGUEIREDO FILHO, 2011).

Na área de estudo foram registradas duas ordens de solo, sendo elas: Cambissolo e Latossolo (Figura 8). O Cambissolo, com maior representatividade, é subdividido em três variações: Cambissolo Háplico Ta distrófico típico, Cambissolo Háplico Ta distrófico léptico e Cambissolo Háplico alítico típico. O Latossolo foi representado pela variação Latossolo Vermelho distrófico típico.

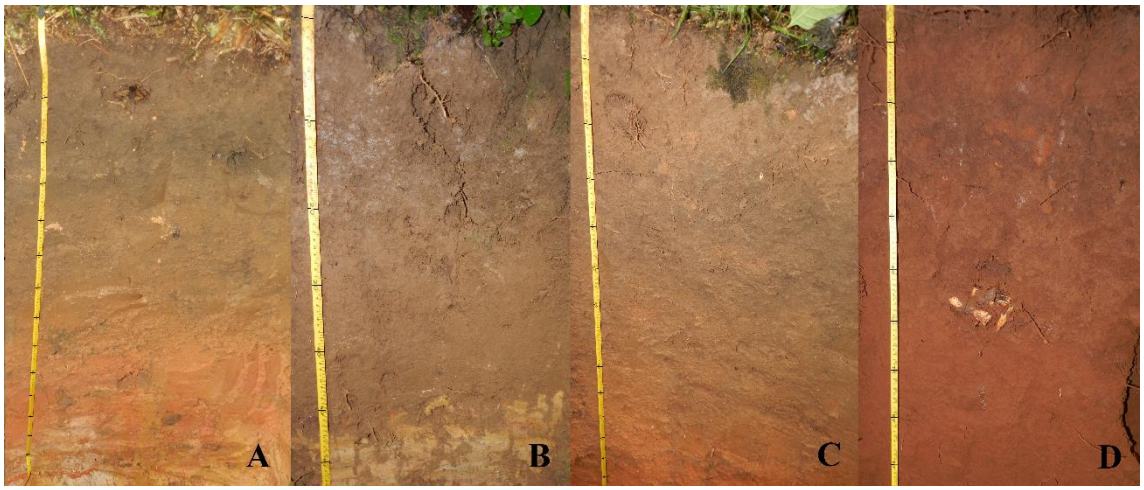

Figura 8: Perfis diagnósticos representativos das variações de solo presentes na área de estudo, onde: A) Cambissolo Háplico Ta distrófico típico (CXvdt); B) Cambissolo Háplico Ta distrófico léptico (CXvdl); C) Cambissolo Háplico alítico típico (CXal); D) Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd).

As descrições dos solos encontrados na área de estudo são apresentadas a seguir (EMBRAPA, 2013):

- CXvdt: representado por solos de textura média, com argila de atividade alta e saturação por bases baixa (V < 50%), ambos na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA).

- CXvdl: possuem as mesmas características do Cambissolo A, no entanto, apresentam textura argilosa e contato lítico entre 50 a 100 cm da superfície do solo.

- CXal: solos de textura média a argilosa, com carácter alítico na maior parte dos 100 cm do horizonte B (inclusive BA), ou seja, condição em que o solo se encontra dessaturado e apresenta teor de alumínio extraível ≥ 4 cmolc.Kg-¹ de solo, associado à atividade de argila ≥ 20 cmolc.kg-¹ de argila e saturação por alumínio ≥ 50%.

- LVd: solos argilosos com tonalidade avermelhadas (matiz 2,5 YR ou mais vermelho) na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA), com saturação por base nessa faixa menor que 50%.

4.1.4. Vegetação

De acordo com o sistema Fisionômico-Ecológico de classificação da vegetação brasileira (IBGE, 2012), a tipologia vegetacional presente no local de estudo é a Floresta Ombrófila Mista (Figura 9) formação Montana, a qual ocorre numa variação altitudinal de 400 a 1000 m.s.n.m. Nesta formação, o estrado emergente é formado exclusivamente pelas copas da Araucária, possuindo dossel formado predominantemente por elementos latifoliados, sendo tipicamente caracterizado pelas espécies *Podocarpus lambertii* Klotz., *Drimys brasiliensis* Miers, *Nectandra grandiflora* Ness, *Ilex paraguariensis* St. Hil., *Cupania vernalis* Camb., *Matayba elaeagnoides* Radlk., *Capsicodendron dinisii* Schwancke, *Campomanesia xanthocarpa* Berg., dentre várias outras espécies de Myrtaceae e Aquifoliaceae.

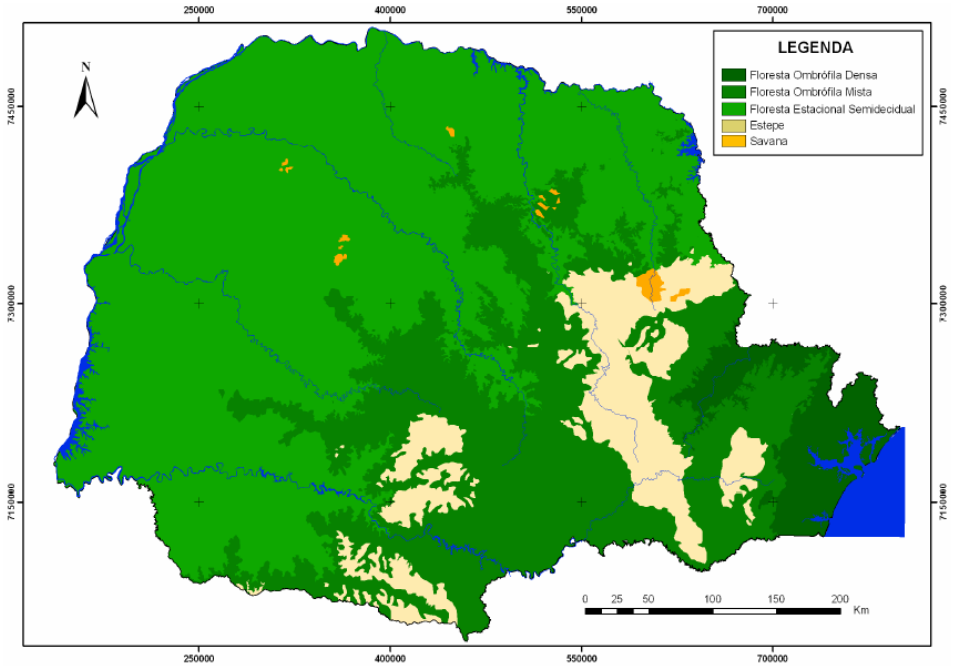

Figura 9: Vegetação original do estado do Paraná. Fonte: Maack (1950), modificado por Galvão e Augustin (2011).

4.2. Coleta de Dados

4.2.1. Vegetação

Os dados utilizados no presente estudo provêm de uma rede de parcelas permanentes de 25 hectares (Figura 4), localizadas na FLONA de Irati na área de zona

primitiva (Figura 5), referentes ao ano de 2014. As parcelas foram instaladas no ano de 2002 e, desde então, vem sendo remedidas trienalmente (2002, 2005, 2008, 2011 e 2014).

Os 25 hectares estão representados por 25 blocos, onde cada bloco possui 1 hectare (100 m x 100 m), como apresentado na Figura 10. O bloco, consecutivamente, é subdivido em 4 parcelas de 2500 m² (50 m x 50 m) (Figura 10 – B). Para facilitar o processo de remedição dos indivíduos arbóreos, como também ter uma maior precisão na plotagem dos mesmos em um plano cartesiano, as parcelas ainda são subdivididas em 5 subparcelas ou faixas de caminhamento de 500 m² (10 m x 50 m) (Figura 10- C). Na Figura 10 - D é apresentada a unidade amostral, presente em todas as parcelas, localizada na porção central da terceira subparcela.

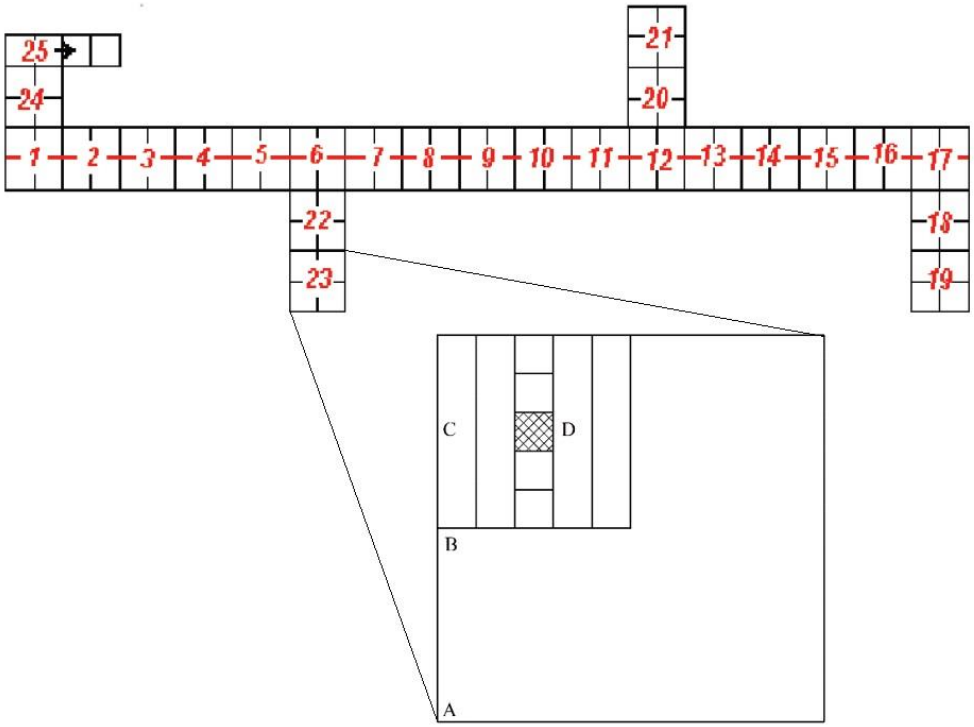

Figura 10: Representação dos 25 blocos (25 hectares) presentes nas parcelas permanentes com suas subdivisões: parcela (B – 50 m x 50 m) e subparcela ou faixa de caminhamento (C – 10 m x 50 m). A letra D (10 m x 10 m, área hachurada) representa a unidade amostral utilizada na metodologia do presente estudo.

4.2.1.a) Amostragem

O método de amostragem empregado foi o de área fixa, o qual seleciona as árvores de acordo com a área da unidade de amostragem e a frequência dos indivíduos presentes (PÉLLICO NETTO e BRENA, 1997). O processo de amostragem utilizado foi o sistemático (estágio único), onde foram distribuídas 100 unidades amostrais de 100 m²

(10 m x 10 m) ao longo do experimento, sendo que a distância entre os centroides das parcelas foi igual a 50 m.

Visando evitar possíveis impactos causados na vegetação em áreas próximas as trilhas, como o pisoteio causado em remedições passadas do experimento, foi determinado como unidade amostral o centroide de cada parcela (50 x 50 m).

A partir desse ponto, para evitar conflito conceitual, o termo "parcela" utilizado nesse trabalho será referente à unidade amostral de 10 m x 10 m e não a "parcela" de 50 m x 50 m original das parcelas permanentes.

A distribuição espacial e a numeração das parcelas alocadas na área estão presentes na Figura 11.

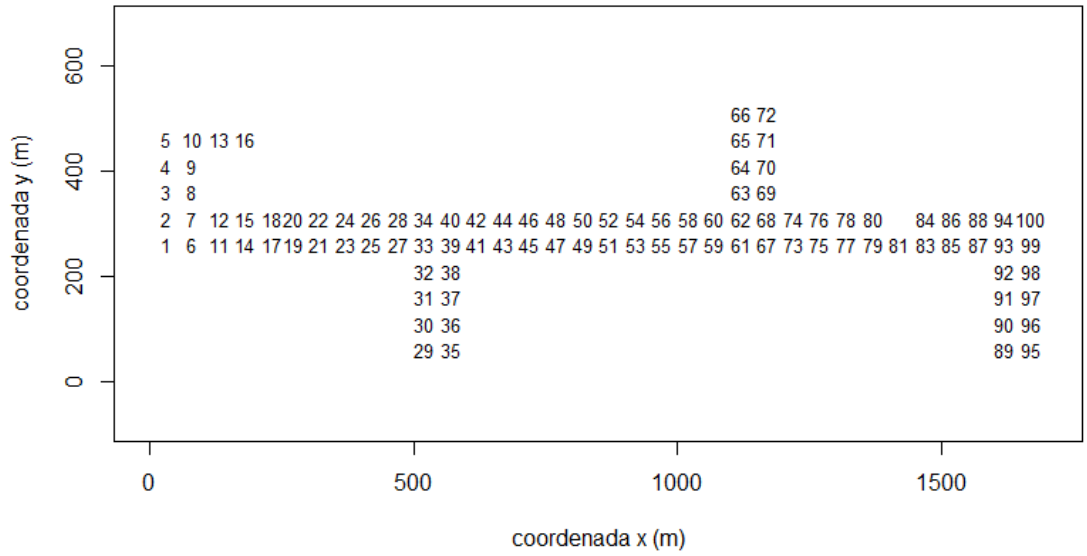

Figura 11: Numeração das unidades amostrais (10m x 10m) presentes na área de estudo.

Na unidade amostral foram contabilizados todos os indivíduos arbóreos com diâmetro à altura do peito igual ou superior a 10 cm (DAP ≥ 10 cm), exclusive fetos arborescentes. A identificação, já realizada no experimento, foi procedida anteriormente por meio de coleta de material botânico, herborização e incorporação ao Herbário da Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná (HUCO). Posteriormente, foram realizadas consultas a especialistas, a bibliografia e também ao material do acervo disponível no Herbário HUCO. Nesta pesquisa, as espécies foram agrupadas em famílias seguindo o sistema proposto pelo A*ngiosperm Phylogeny Group* (APG III, 2009).

4.2.1.b) Suficiência Amostral

A suficiência amostral foi calculada para as variáveis densidade (N) e área basal (G) afim de verificar o número mínimo de unidades amostrais requeridas, assim como a verificação do erro de amostragem relativo, considerando um erro admissível de 20% a um nível de 95% de probabilidade de confiança.

Foi elaborada também a curva de rarefação pelo contínuo sorteio aleatório das parcelas com base na média de 99.999 repetições calculadas. De acordo com Kersten e Galvão (2011), esse procedimento evita a variação causada pela aleatoriedade da ordem das unidades amostrais na construção da curva, além de possibilitar o cálculo de intervalos de confiança.

4.2.1.c) Análise da Estrutura Horizontal

Para descrição da estrutura fitossociológica da vegetação foram utilizados os parâmetros fitossociológicos clássicos de Mueller-Dombois e Ellenberg (1974), os quais são: densidade, dominância e frequência absolutas e relativas e os índices de valor de importância e de cobertura para cada espécie. Os cálculos foram realizados no *software* FITOPAC 2.1.2 (SHEPHERD, 2010).

4.2.2. Solo

4.2.2 Características química e textural do solo superficial

No interior de cada parcela foi coletada uma amostra composta de solo superficial (0-20 cm de profundidade) com cerca de 500 g, conforme recomendações de Santos *et al.* (2013). As coletas foram realizadas na primeira quinzena de agosto de 2015. Cada amostra composta foi constituída de cinco subamostras coletadas no centro e próximo aos vértices de cada parcela com a utilização de um trado holandês (Figura 12), as quais após misturadas e homogeneizadas compuseram a amostra composta por unidade amostral.

Figura 12: Lado esquerdo: utilização do trado holandês para coleta de solo superficial (0 – 20 cm de profundidade); lado direito: localização aproximada dos pontos de coleta das amostras simples no interior da parcela (10 m x 10 m).

As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e encaminhadas para o Laboratório de Análise de Solos do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná (UNICENTRO / Irati) para a obtenção das seguintes variáveis químicas: pH (em CaCl), matéria orgânica (por digestão úmida), fósforo (P), sódio (Na), potássio (K) com solução de mehlich-I, teores de cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), acidez trocável (Alumínio, Al^{3+}) extraídos com KCl, acidez potencial ($H^{+} + Al^{3+}$); e granulometria pelo método da pipeta.

Posteriormente, com a obtenção das variáveis do solo, foram calculadas a Capacidade de Troca de Cátions efetiva (CTC), a Soma de Bases (SB), Saturação por Alumínio (m %) e Saturação por Bases (V %), conforme Embrapa (1997).

4.2.3 Modelo Digital do Terreno

Os dados referentes à altimetria do terreno foram disponibilizados por Pesck (2011). A espacialização dos pontos seguia um padrão de 10 m em *x* e *y*, variando apenas a altitude, formando uma malha detalhada do terreno.

Para a confecção do Modelo Digital do Terreno – MDT foram selecionados os pontos referentes à área de interesse, assim como as áreas próximas adjacentes, gerando dados no formato DWG (*drawing*). Posteriormente, ao serem importados pelo software

ARCGIS 10.2.2 foram convertidos em formato *shapefile* e configurados na projeção UTM SAD69 fuso 22 S, para que o MDT fosse gerado no mesmo *datum*.

Na rotina do *software*, na guia *ArcToolbox*, as seguintes etapas foram seguidas: *3D Analyst Tools*, *Data Management*, *TIN* e *Create TIN*. Classes de altitude distinguidas por cores foram atribuídas ao relevo para a diferenciação das feições geomorfológicas da área de estudo.

Na sequência da criação do modelo digital do terreno, as coordenadas geográficas referentes ao centroide de cada parcela foram inseridas neste, as quais foram obtidas por meio do *GPS* de navegação da marca Garmin modelo *eTrex Vista HCx*.

4.3. Processamento dos dados

Com o objetivo de detectar agrupamentos florísticos representados pelo conjunto de parcelas, foi aplicada uma Análise de Agrupamento (*Cluster Analysis*) a partir de uma matriz de abundância de espécies com o auxílio do pacote "vegan" no Ambiente R (R Core Team, 2015). Em função do grande conjunto de dados de espécies foi realizada uma redução da matriz deixando apenas as espécies mais abundantes na comunidade (FELFILI *et al.*, 2007), remanescendo aquelas com cinco ou mais indivíduos por hectare. Para esta matriz foi aplicada a distância de Bray-Curtis,por ser recomendada para dados quantitativos e também por não considerar as duplas ausências (McCUNE; GRACE, 2002). O método de agrupamento empregado foi o *arithmetic average clustering* ou UPGMA, o qual utiliza como critério para ligação dos grupos a média de distância ou semelhança de todos os pares de objetos com um em cada grupo (SHEPHERD, 1995). Dessa forma, um objeto se junta a um agrupamento apenas quando ele está ligado a todos os objetos já pertencentes ao grupo, como também dois agrupamentos podem se fundir apenas quando todos os objetos do primeiro estão ligados a todos os objetos do segundo, e vice-versa (LEGENDRE; LENGENDRE, 2012). Ressalta-se a exclusão da parcela 82 nesta análise devido a inexistência de indivíduos arbóreos. O coeficiente de similaridade de Jaccard foi empregado para determinar a similaridade dos agrupamentos em termos de composição de espécies.

Posteriormente, no Ambiente R, foi calculado o coeficiente de correlação cofenética, que mede o grau em que os resultados dos agrupamentos correspondem a matriz de distância original. Assim, quando o agrupamento corresponde perfeitamente aos coeficientes da matriz original, a correlação cofenética é igual a 1 (LEGENDRE;

LENGENDRE, 2012). Foi verificada a significância estatística entre a matriz de distância e a matriz cofenética por meio do teste de Mantel.

Para verificar as espécies diferenciais dos grupos formados pela Análise de Agrupamento foi empregado a Análise de Espécies Indicadoras (*Indicator Species Analysis*) pelo método quantitativo de Dufrêne & Legendre (1997) no PC-ORD 6.0 (McCUNE; MEFFORD, 2011). Foi testada a significância estatística de cada valor indicador por meio do teste de Monte Carlo com 9999 permutações.

A Análise de Correspondência Distendida (DCA) foi empregada para sumarizar a estrutura da vegetação, adotando-se o algoritmo de Hill com a correção de tendência (*detrending*), com partição em 50 segmentos para recálculo com 999 interações (LEGENDRE; LEGENDRE, 2012). Para a análise foi estruturada uma matriz contendo a densidade absoluta das espécies (*p*) em cada parcela (*n*). Nesta matriz foram excluídas as espécies que apresentaram baixa densidade (< 5 indivíduos.ha^{-1}), pois essas contribuem pouco para a estrutura da comunidade e podem dificultar a análise dos dados (GAUCH-JUNIOR, 1982). Obteve-se, dessa forma, uma matriz [n = 99; p = 31]. Para esta análise foi utilizado o software PC-ORD 6.0 (McCUNE; MEFFORD 2011). Em seguida foi aplicada a transformação de Hellinger sobre a matriz de abundância como sugerido por Legendre e Gallagher (2001).

Em uma DCA prévia notou-se um gradiente fortemente influenciado pelo estado sucessional da vegetação causado pela alta abundância e exclusividade da espécie *Mimosa scabrella*, a qual pertence ao grupo ecológico "pioneiras". Para contornar isso e verificar a presença de um gradiente ambiental e não vegetacional condicionado por um distúrbio local, optou-se em retirar esta espécie, assim como as parcelas onde ela ocorria com exclusividade, resultando em uma matriz [n = 97; p = 26], e posteriormente processou-se novamente a análise.

A etapa seguinte foi a avaliação dos efeitos das variáveis preditoras (ambientais) diretamente sobre cada eixo da DCA. Para tal, foi empregado o modelo de regressão linear múltipla (*Ordinary Least Squares* – OLS). Nos modelos gerados, cada eixo representou a variável resposta ou dependente, enquanto os descritores ambientais (variáveis descritas no tópico 4.2.2.a juntamente com a variável altitude) representaram as variáveis preditoras ou independentes. Inicialmente foi gerada uma matriz de correlação de Pearson (r) para averiguar as correlações das variáveis preditoras com o vetor de cada espécie. Nesta etapa, as variáveis com r significativo com o vetor ($p < 0,05$) foram selecionadas. Em seguida, estas foram submetidas à análise de multicolinearidade

mediante o cálculo do Fator de Inflação da Variância (*Variance Inflation Factor* – VIF) das variáveis preditoras remanescentes de cada vetor, onde permaneceram apenas as que obtiveram valores inferiores a 10 (QUINN; KEOUGH, 2002).

A matriz de dados ambientais foi padronizada, resultando em descritores ambientais com média igual a zero e variância igual a um, corrigindo-se assim, o efeito das diferentes escalas das unidades de medida dentre as variáveis selecionadas (ZAR, 2010). Uma terceira matriz contendo as coordenadas geográficas (UTM) do centroide de cada parcela foi criada para gerar uma matriz binária de conectividades a partir de uma triangulação Delaunay. A aplicação de uma PCoA (análise de coordenadas principais) gerou uma nova matriz de variáveis espaciais constituída por MEMs (*Moran Eigenvector Maps*), também denominadas como filtros espaciais, que possibilitam uma compreensão mais ampla do papel do espaço em diferentes escalas (DRAY *et al.*, 2006).

Na etapa seguinte foi realizada individualmente a seleção das variáveis ambientais e espaciais que fossem significativas para os modelos, por meio da seleção progressiva (*forward selection*), mediante o algoritmo de duplo critério desenvolvido por Blanchet *et al.* (2008). A significância estatística do modelo gerado foi testada por meio da Análise de Variância (*Analysis of Variance* – ANOVA) para cada porção individual do modelo (ambiental e espacial).

De posse das variáveis ambientais e espaciais selecionadas anteriormente, foi realizado o particionamento da variância a fim de saber quanto o ambiente "puro" [a], o ambiente espacialmente estruturado [b], o espaço "puro" [c] e variáveis indeterminadas [d] explicam a variação da abundância das espécies no conjunto de dados. Somente as frações puras foram testadas por meio da ANOVA.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Erro de amostragem e Suficiência amostral

Na Tabela 1 são apresentados os resultados para a amostragem sistemática, a qual não segue o princípio de aleatorização na seleção da unidade amostral, ocasionam em aproximações de estimativas e estatísticas.

Tabela 1: Estatísticas utilizadas para o cálculo da suficiência amostral para as variáveis densidade e área basal.

	Densidade (Ind.ha^{-1})	Área basal (m².ha^{-1})
Média	644,4	36,6
Variância	75147,3	633,9
Desvio-padrão	274,1	25,1
Coeficiente de variação (%)	42,5	68,6
Variância da média	729	6,1
Erro-padrão da média	27	2,4
Erro admitido absoluto	128,8	7,3
Erro de amostragem absoluto	53,5	4,9
Erro de amostragem relativo (%)	8,3	13,4
Intervalo de confiança	590,8 ≤ média ≤ 697,9	31,7 ≤ média ≤ 41,5

Por meio da comparação entre o erro admitido absoluto e o erro de amostragem absoluto verificou-se a suficiência amostral para as variáveis densidade e área basal, ou seja, os erros de amostragem foram inferiores aos admitidos. Este resultado também pode ser verificado por meio dos erros de amostragem relativos, inferiores à 20% para ambas as variáveis.

Como sugerido por Cain e Castro (1959), para efeito da suficiência florística, a análise da curva de rarefação (Figura 13) demonstrou tendência à assíntota horizontal, apresentando um acréscimo inferior à 5% de novas espécies amostradas com o aumento de 10% na área amostral.

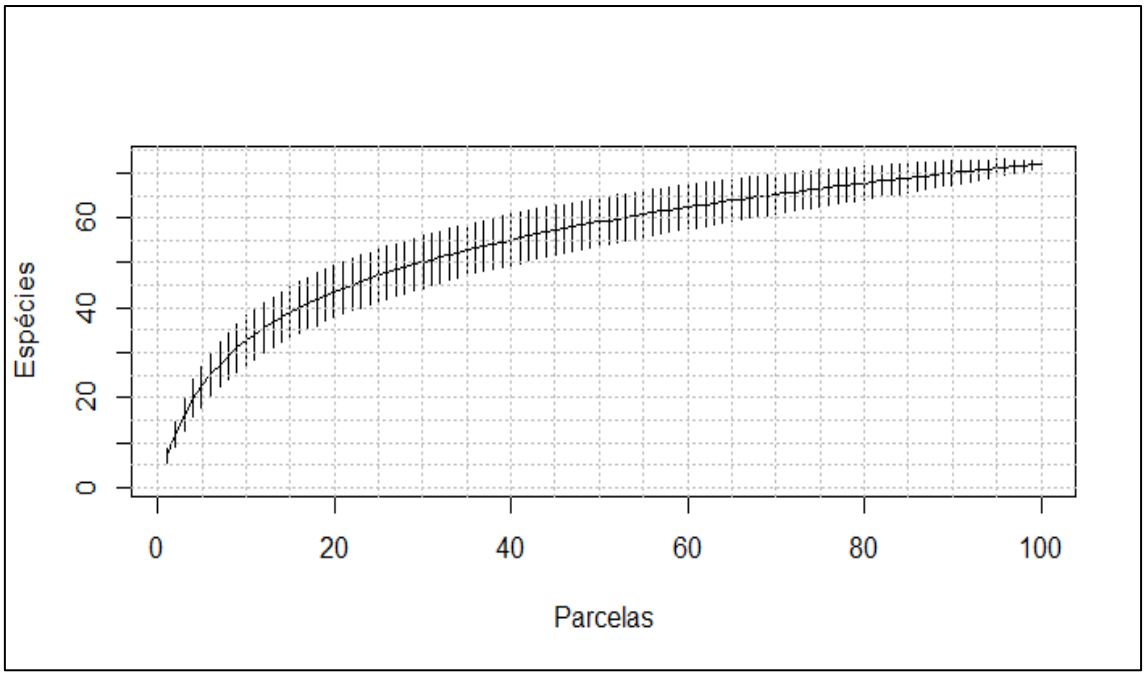

Figura 13: Curva de rarefação após 99.999 permutações, com intervalo de confiança igual a 95%.

Para Kersten e Galvão (2011), em regiões de alta diversidade, quanto mais se emprega esforços para a amostragem de indivíduos, maior será o número de espécies encontradas, tornando-se assim difícil um estabelecimento de um limite definido para o esforço amostral. Tal afirmação pode ser observada na Tabela 2 por meio da comparação de dois trabalhos realizados no mesmo local e com o mesmo valor de limite de inclusão de diâmetro: Roik (2012), com dados referentes a medições de 2011, encontrou 120 espécies em 25 hectares; no presente estudo foram encontradas 72 espécies em 1 hectare. Embora Roik (2012) tenha detectado uma riqueza superior, 48 espécies a mais, esse valor representa as espécies raras, ou seja, com baixa densidade, ao passo que as dez espécies mais importantes da comunidade permaneceram as mesmas em ambos os trabalhos, embora não estejam na mesma hierarquia.

Tabela 2: Comparação das espécies mais representativas da comunidade pelo Índice de Valor de Importância entre dois trabalhos realizados na mesma área, com o mesmo diâmetro de inclusão, no entanto, com áreas amostrais diferentes.

Presente estudo [1 ha]	**IVI**	**Roik (2012) [25 ha]***	**IVI**
Araucaria angustifolia	13,12	*Araucaria angustifolia*	13,12
Ocotea odorifera	7,59	*Ilex paraguariensis*	6,68
Ilex paraguariensis	6,65	*Ocotea odorifera*	6,31
Ocotea porosa	5,38	*Nectandra grandiflora*	5,49
Nectandra grandiflora	4,97	*Ocotea porosa*	5,2
Coussarea contracta	4,45	*Casearia decandra*	4,22
Cedrela fissilis	3,7	*Cedrela fissilis*	3,71
Casearia decandra	3,61	*Nectandra megapotamica*	3,36
Nectandra megapotamica	3,25	*Ocotea puberula*	3,27
Ocotea puberula	2,86	*Coussarea contracta*	3,16

* Dados referentes às medições no ano de 2011.

5.2 Composição Florística e diversidade

Ao todo foram amostrados 638 indivíduos, dentre os quais 23 estavam mortos (3,60%). O número de espécies encontrado foi de 72, distribuídas em 55 gêneros e 29 famílias botânicas (Tabela 3), com área basal de 36,27 $m^2.ha^{-1}$.

Tabela 3: Composição florística do componente arbóreo na Floresta Ombrófila Mista da Floresta Nacional de Irati, Paraná, Brasil.

Família	**Nome Científico**	**Nome Popular**
	Ilex dumosa Reissek	Cauninha
Aquifoliaceae	*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.	Erva-mate
	Ilex theezans Mart. ex Reissek	Caúna
Araliaceae	*Schefflera morototoni* (Aubl.) Maguire. Steyerm. & Frodin	Mandiocão
Araucariaceae	*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze	Araucária
Arecaceae	*Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman	Jerivá
	Vernonanthura diffusa (Less.) H.Rob.	Cambará-açu
	Vernonanthura discolor (Spreng.) H. Rob.	Cambará-guaçu
Asteraceae	*Vernonanthura petiolaris* (DC.) H. Rob.	Vassourão
	Piptocarpha angustifolia Dusén ex Malme	Vassourão-branco
	Piptocarpha axillaris (Less.) Baker	Vassourão-cambará
Bignoniaceae	*Jacaranda micrantha* Cham.	Caroba-rosa
Canellaceae	*Cinnamodendron dinisii* Schwacke	Pau-para-tudo
Celastraceae	*Maytenus muelleri* Schwacke	Espinheira-santa
Clethraceae	*Clethra scabra* Pers.	Carne-de-vaca

continua...

Tabela 3: Composição florística do componente arbóreo na Floresta Ombrófila Mista da Floresta Nacional de Irati, Paraná, Brasil.

Família	Nome Científico	Nome Popular
Elaeocarpaceae	*Sloanea hirsuta* (Schott) Planch. ex Benth.	Sapopema
Fabaceae	*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan	Angico-branco
	Dalbergia brasiliensis Vogel	Jacarandá
	Machaerium stipitatum (DC.) Vogel	Sapuva
	Mimosa scabrella Benth.	Bracatinga
	Parapiptadenia rigida (Benth.) Brenan	Monjoleiro
Lauraceae	*Cinnamomum sellowianum* (Nees & Mart.) Kosterm.	Canela-alho-graúda
	Nectandra grandiflora Nees & Mart. ex Nees	Canela-amarela
	Nectandra megapotamica (Spreng.) Mez	Canela-imbuia
	Nectranda angustifolia (Schrada.) Ness	Canela
	Ocotea diospyrifolia (Meisn.) Mez	Canela-pimenta
	Ocotea odorifera (Vell.) Rohwer	Sassafrás
	Ocotea porosa (Nees & Mart.) Barroso	Imbuia
	Ocotea puberula (Rich.) Nees	Canela-guaicá
	Persea willdenovii Kosterm.	Pau-de-andrade
Loganiaceae	*Strychnos brasiliensis* (Spreng.) Mart.	Pula-pula
Meliaceae	*Cedrela fissilis* Vell.	Cedro
Myrtaceae	*Blepharocalyx salicifolius* (Kunth) O. Berg	Murteira
	Campomanesia xanthocarpa Mart. ex O. Berg	Guavirova
	Curitiba prismatica (D. Legrand) Salywon & L. R. Landrum	Murta
	Eugenia involucrata DC.	Cerejeira
	Myrcia guianensis (Aubl.) DC.	Guamirim-vermelho
	Myrcia hebepetala DC.	Aperta-guéla
	Myrcia splendens (Sw.) DC.	Guamirim-miúdo
	Myrciaria cauliflora (Mart.) O. Berg	Jaboticabeira
	Myrciaria floribunda (West ex Willd.) O.Berg	Cambuí-vermelho
	Myrciaria tenella (DC.) O. Berg	Camboim
Primulaceae	*Myrsine umbellata* Mart.	Capororocão
Proteaceae	*Roupala montana* Aubl.	Carvalho
Rosaceae	*Prunus myrtifolia* (L.) Urb.	Pessegueiro-bravo
Rubiaceae	*Coussarea contracta* (Walp.) Müll.Arg.	Cinzeiro-preto
	Psychotria vellosiana Benth.	Jasmim-verdadeiro
	Rudgea jasminoides (Cham.) Müll.Arg.	Véu-de-noiva
Rutaceae	*Citrus aurantium* L.	Laranjeira
	Zanthoxylum kleinii (R.S.Cowan) P.G. Waterman	Juvevê
	Zanthoxylum rhoifolium Lam.	Mamica-de-cadela
Salicaceae	*Casearia decandra* Jacq.	Guaçatunga-branca
	Casearia lasiophylla Eichler	Guaçatunga-da-graúda
	Casearia obliqua Spreng.	Guaçatunga-vermelha

continua...

Tabela 3: Composição florística do componente arbóreo na Floresta Ombrófila Mista da Floresta Nacional de Irati, Paraná, Brasil.

Família	Nome Científico	Nome Popular
Salicaceae	*Casearia sylvestris* Sw.	Guaçatunga-preta
	Prockia crucis P.Browne ex L.	Cambroé
	Xylosma pseudosalzmanii Sleumer	Sucará
Sapindaceae	*Allophylus petiolulatus* Radlk.	Vacum-de-folha-larga
	Allophylus edulis (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Hieron. ex Niederl.	Vacunzeiro
	Cupania vernalis Cambess.	Cuvatã
	Diatenopteryx sorbifolia Radlk.	Maria-preta
	Matayba elaeagnoides Radlk.	Mataíba-branco
Sapotaceae	*Chrysophyllum gonocarpum* (Mart. & Eichler ex Mig.) Engl.	Aguaí-da-serra
	Chrysophyllum marginatum (Hook. & Arn.) Radlk.	Guatambu-leite
Simaroubaceae	*Picrasma crenata* Engl. in Engl. & Prantl	Pau-amargo
Solanaceae	*Solanum bullatum* Vell.	Joá-da-mata
	Solanum pseudoquina A. St.- Hil.	Joá-de-árvore
	Solanum sanctaecatharinae Dunal	Joa-manso
Styracaceae	*Styrax leprosus* Hook. & Arn.	Canela-raposa
Symplocaceae	*Symplocos tenuifolia* Brand.	Maria-mole
Theaceae	*Laplacea fruticosa* (Schrad.) Kobuski	Santa-rita
Winteraceae	*Drimys brasiliensis* Miers	Cataia

O Índice de Diversidade de Shannon obtido (H’ = 3,59) representa uma alta diversidade florística da floresta. De acordo com Durigan (1999), o índice de Shannon usualmente situa-se entre 1,5 e 3,5 e raramente ultrapassa 4,5, além do mais, a autora recomendou cautela nas comparações entre índices, em vista dos diferentes métodos de amostragem, critério de inclusão de indivíduos e outros fatores como clima e solo.

Durigan (1999) encontrou uma diversidade de Shannon igual a 3,51 para um remasenscente de Floresta Ombrófila Mista Montana localizada no município de São João do Triunfo, Paraná, com área amostral igual a 8 hectares (8 parcelas de 100 m x 100 m) e diâmetro de inclusão igual ou maior a 10 cm. Herrera *et al.* (2009), utilizando o mesmo limite de inclusão de diâmetro, obteve Índice de Diversidade de Shannon semelhante (H´ = 3,58) em uma Floresta Ombrófila Mista localizada no município de Caçador, Santa Catarina, onde amostrou 2,4 hectares (48 parcelas de 500 m²). Rode (2008), nas parcelas permanentes de 25 hectares localizadas na FLONA de Irati, Paraná, encontrou um Índice de Diversidade de Shannon igual a 3,55, para DAP maior ou igual a 10 cm.

5.3 Estrutura Fitossociológica

Na Tabela 4 apresenta-se o resultado dos parâmetros fitossociológicos calculados para as espécies encontradas na área, onde as dez primeiras espécies mais importantes da comunidade estão presentes na porção superior da linha de corte.

Tabela 4: Parâmetros fitossociológicos das espécies amostradas na Floresta Ombrófila Mista da Floresta Nacional de Irati, Paraná, Brasil, em ordem decrescente do índice de valor de importância. DA = densidade absoluta; DR = densidade relativa; FA = frequência absoluta; FR = frequência relativa; DoA = dominância absoluta; DoR = dominância relativa; IVI = índice de valor de importância e IVC = índice de valor de cobertura.

Espécies	**DA**	**DR**	**FA**	**FR**	**DoA**	**DoR**	**IVI**	**IVC**
	N.ha-¹	%	%	%	m².ha-¹	%	(0 - 100 %)	(0 - 100 %)
Araucaria angustifolia	43	6,74	32	6,18	9,59	26,4	13,11	16,57
Ocotea odorifera	59	9,25	39	7,53	2,17	5,97	7,58	7,61
Ilex paraguariensis	52	8,15	40	7,72	1,48	4,07	6,65	6,11
Ocotea porosa	21	3,29	16	3,09	3,54	9,74	5,37	6,52
Nectandra grandiflora	32	5,02	24	4,63	1,91	5,26	4,97	5,14
Coussarea contracta	39	6,11	29	5,6	0,59	1,63	4,45	3,87
Cedrela fissilis	18	2,82	17	3,28	1,82	5	3,70	3,91
Casearia decandra	29	4,55	23	4,44	0,67	1,84	3,61	3,20
Nectandra megapotamica	21	3,29	19	3,67	1,01	2,79	3,25	3,04
Ocotea puberula	12	1,88	11	2,12	1,66	4,57	2,86	3,23
Matayba elaeagnoides	14	2,19	13	2,51	1,19	3,28	2,66	2,74
Syagrus romanzoffiana	17	2,66	15	2,9	0,71	1,97	2,51	2,32
Casearia sylvestris	20	3,13	15	2,9	0,43	1,19	2,41	2,16
Myrcia hebepetala	19	2,98	15	2,9	0,35	0,96	2,28	1,97
Ocotea diospyrifolia	11	1,72	10	1,93	0,98	2,71	2,12	2,22
Myrsine umbellata	16	2,51	14	2,7	0,32	0,87	2,03	1,69
Ilex theezans	16	2,51	15	2,9	0,24	0,67	2,03	1,59
Eugenia involucrata	15	2,35	13	2,51	0,31	0,84	1,90	1,60
Cinnamodendron dinisii	12	1,88	10	1,93	0,65	1,8	1,87	1,84
Myrciaria floribunda	15	2,35	13	2,51	0,26	0,71	1,86	1,53
Sloanea hirsuta	10	1,57	8	1,54	0,55	1,51	1,54	1,54
Campomanesia xanthocarpa	9	1,41	8	1,54	0,53	1,46	1,47	1,44
Prunus myrtifolia	11	1,72	8	1,54	0,35	0,97	1,41	1,35
Clethra scabra	7	1,1	6	1,16	0,48	1,32	1,19	1,21
Mimosa scabrella	14	2,19	4	0,77	0,21	0,57	1,18	1,38
Anadenanthera colubrina	1	0,16	1	0,19	1,03	2,84	1,06	1,50
Dalbergia brasiliensis	6	0,94	6	1,16	0,18	0,51	0,87	0,73
Casearia obliqua	6	0,94	6	1,16	0,18	0,5	0,87	0,72
Allophylus edulis	7	1,1	5	0,97	0,13	0,37	0,81	0,74
Cinnamomum sellowianum	3	0,47	3	0,58	0,46	1,28	0,78	0,88
Psychotria vellosiana	5	0,78	5	0,97	0,16	0,45	0,73	0,62

continua...

Tabela 4: Parâmetros fitossociológicos das espécies amostradas na Floresta Ombrófila Mista da Floresta Nacional de Irati, Paraná, Brasil, em ordem decrescente do índice de valor de importância. DA = densidade absoluta; DR = densidade relativa; FA = frequência absoluta; FR = frequência relativa; DoA = dominância absoluta; DoR = dominância relativa; IVI = índice de valor de importância e IVC = índice de valor de cobertura.

Espécies	**DA**	**DR**	**FA**	**FR**	**DoA**	**DoR**	**IVI**	**IVC**
	N.ha^{-1}	%	%	%	m^2.ha^{-1}	%	(0 - 100 %)	(0 - 100 %)
Picrasma crenata	5	0,78	5	0,97	0,06	0,18	0,64	0,48
Rudgea jasminoides	5	0,78	5	0,97	0,04	0,12	0,62	0,45
Myrcia splendens	4	0,63	4	0,77	0,07	0,18	0,53	0,41
Xylosma pseudosalzmanii	4	0,63	4	0,77	0,05	0,15	0,52	0,39
Piptocarpha angustifolia	3	0,47	3	0,58	0,13	0,36	0,47	0,42
Vernonanthura diffusa	4	0,63	3	0,58	0,04	0,11	0,44	0,37
Jacaranda micrantha	3	0,47	3	0,58	0,09	0,25	0,43	0,36
Machaerium stipitatum	3	0,47	3	0,58	0,09	0,25	0,43	0,36
Styrax leprosus	4	0,63	2	0,39	0,1	0,28	0,43	0,46
Cupania vernalis	3	0,47	3	0,58	0,08	0,22	0,42	0,35
Roupala montana	2	0,31	2	0,39	0,18	0,5	0,40	0,41
Casearia lasiophylla	3	0,47	3	0,58	0,03	0,08	0,38	0,28
Chrysophyllum gonocarpum	2	0,31	2	0,39	0,15	0,42	0,37	0,37
Parapiptadenia rigida	1	0,16	1	0,19	0,25	0,69	0,35	0,43
Drimys brasiliensis	2	0,31	2	0,39	0,07	0,18	0,29	0,25
Piptocarpha axillaris	2	0,31	2	0,39	0,05	0,14	0,28	0,23
Myrciaria cauliflora	2	0,31	2	0,39	0,03	0,08	0,26	0,20
Vernonanthura discolor	2	0,31	2	0,39	0,02	0,07	0,26	0,19
Curitiba prismatica	2	0,31	2	0,39	0,02	0,05	0,25	0,18
Zanthoxylum rhoifolium	1	0,16	1	0,19	0,12	0,34	0,23	0,25
Persea willdenovii	1	0,16	1	0,19	0,11	0,31	0,22	0,24
Laplacea fruticosa	1	0,16	1	0,19	0,06	0,16	0,17	0,16
Vernonanthura petiolaris	1	0,16	1	0,19	0,04	0,12	0,16	0,14
Zanthoxylum kleinii	1	0,16	1	0,19	0,04	0,11	0,15	0,14
Ilex dumosa	1	0,16	1	0,19	0,03	0,09	0,15	0,13
Chrysophyllum marginatum	1	0,16	1	0,19	0,02	0,06	0,14	0,11
Allophylus petiolulatus	1	0,16	1	0,19	0,02	0,04	0,13	0,10
Schefflera morototoni	1	0,16	1	0,19	0,01	0,04	0,13	0,10
Solanum bullatum	1	0,16	1	0,19	0,01	0,04	0,13	0,10
Strychnos brasiliensis	1	0,16	1	0,19	0,01	0,04	0,13	0,10
Solanum sanctaecatharinae	1	0,16	1	0,19	0,01	0,04	0,13	0,10
Solanum pseudoquina	1	0,16	1	0,19	0,01	0,03	0,13	0,10
Citrus aurantium	1	0,16	1	0,19	0,01	0,03	0,13	0,10
Myrcia guianensis	1	0,16	1	0,19	0,01	0,03	0,13	0,10
Symplocos tenuifolia	1	0,16	1	0,19	0,01	0,03	0,13	0,10
Diatenopteryx sorbifolia	1	0,16	1	0,19	0,01	0,03	0,13	0,10
Myrciaria tenella	1	0,16	1	0,19	0,01	0,03	0,13	0,10
Maytenus muelleri	1	0,16	1	0,19	0,01	0,02	0,12	0,09

continua...

Tabela 4: Parâmetros fitossociológicos das espécies amostradas na Floresta Ombrófila Mista da Floresta Nacional de Irati, Paraná, Brasil, em ordem decrescente do índice de valor de importância. DA = densidade absoluta; DR = densidade relativa; FA = frequência absoluta; FR = frequência relativa; DoA = dominância absoluta; DoR = dominância relativa; IVI = índice de valor de importância e IVC = índice de valor de cobertura.

Espécies	**DA**	**DR**	**FA**	**FR**	**DoA**	**DoR**	**IVI**	**IVC**
	N.ha^{-1}	%	%	%	m^2.ha^{-1}	%	(0 - 100 %)	(0 - 100 %)
Prockia crucis	1	0,16	1	0,19	0,01	0,02	0,12	0,09
Nectranda angustifolia	1	0,16	1	0,19	0,01	0,02	0,12	0,09
Blepharocalyx salicifolius	1	0,16	1	0,19	0,01	0,02	0,12	0,09
Total	638	100	518	100	36,27	100	100	100

As espécies mais importantes da comunidade em ordem decrescente do Índice de Valor de Importância foram: *Araucaria angustifolia* (13,12), *Ocotea odorifera* (7,59), *Ilex paraguariensis* (6,65), *Ocotea porosa* (5,38), *Nectandra grandiflora* (4,97), *Coussarea contracta* (4,45), *Cedrela fissilis* (3,70), *Casearia decandra* (3,61), *Nectandra megapotamica* (3,25) e *Ocotea puberula* (2,86).

Conforme Kageyama e Gandara (1994), a presença de um indivíduo por hectare representa inexpressividade da espécie na comunidade, podendo assim, ser denominada "rara" no ambiente. Assim sendo, considerando a amostragem realizada, das 72 espécies encontradas no estudo, 33,3% (24 espécies) foram consideradas raras, em vista que apresentaram densidade igual a um indivíduo por hectare.

Com grande expressividade, *Araucaria angustifolia* atinge essa importância em função de sua dominância, onde em termos relativos, apresentou 4,4 vezes maior ocupação na área do que a segunda espécie mais importante (*Ocotea odorifera*). Da mesma maneira, a importância de *Ocotea porosa*, que assumiu a quarta posição, deve-se ao fato de ocupar uma área basal representativa na comunidade, ao passo que sua densidade e frequência são iguais ou inferiores a 9ª posição *Nectandra megapotamica*.

Esse fenômeno pode ser verificado na Figura 14, que apresenta a distribuição diamétrica para as espécies com maior IVI, sendo que os diâmetros foram representados pelo centro da classe, a qual varia a cada 10 centímetros, iniciando a partir do diâmetro 10 cm, contendo intervalo fechado à esquerda e aberto à direita. Observa-se que as espécies *Araucaria angustifolia* e *Ocotea porosa* apresentaram constância na distribuição do número de indivíduos ao longo das classes diamétricas, alcançando dessa maneira valores elevados de dominância, enquanto que as espécies *Ocotea odorifera* e *Ilex paraguariensis* expressam densidade elevada nas primeiras classes diamétricas,

entretanto, raramente atingem classes superiores. Figueiredo Filho *et al.* (2010), analisando a dinâmica florestal nas Parcelas Permanentes (25 ha), concluiram que as espécies que apresentaram incrementos diamétricos mais expressivos foram *Araucaria angustifolia* (0,45 cm.ano-¹) e *Ocotea porosa* (0,42 cm.ano-¹), corroborando com os altos valores de dominância dessas espécies no presente estudo.

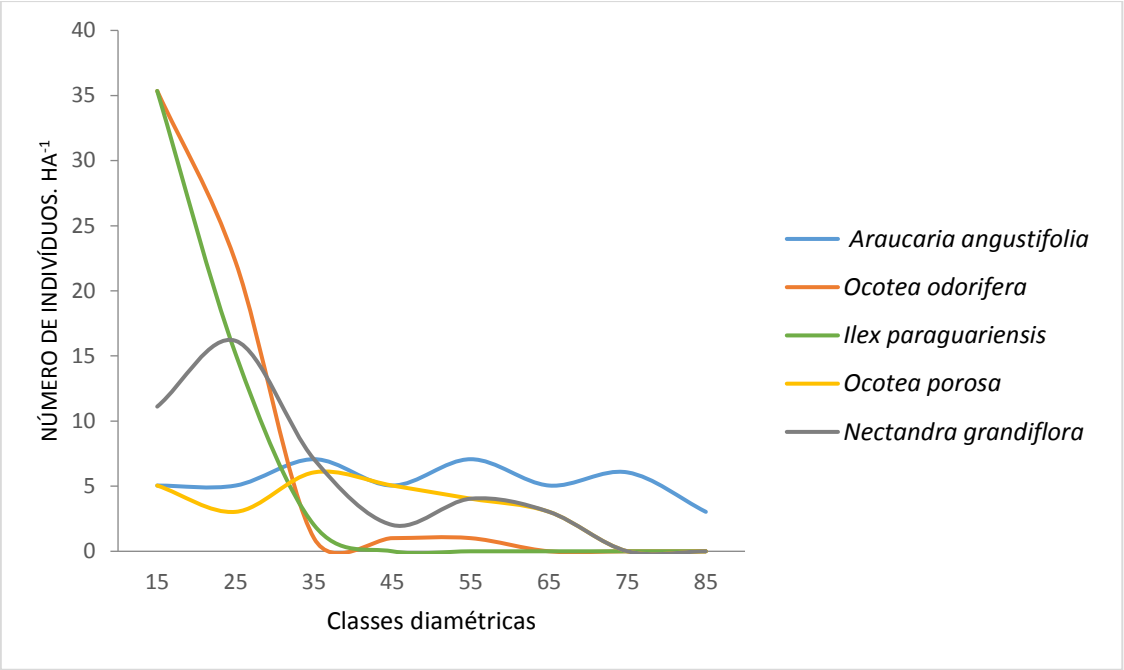

Figura 14: Distribuição diamétrica para as cinco espécies com maiores valores de importância em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista na Floresta Nacional de Irati, Paraná.

Para Cubas (2011), analisando a estrutura das Parcelas Permanentes (26 ha) na Floresta Nacional de Três Barras, estado de Santa Catarina, concluiu que os blocos (1 ha) que apresentaram os maiores valores em área basal, foram devido à alta dominância das espécies *Araucaria angustifolia* e *Ocotea porosa*.

Analisando o elevado número de indivíduos de *Ocotea odorifera* pertencentes às primeiras classes de diâmetro e a redução destes, ao passo em que os indivíduos assumem portes maiores, constata-se o padrão de ocupação denominado como "J-invertido". Dalmaso *et al.* (2013), em estudo dos padrões espaciais na regeneração de *Ocotea odorifera* na Floresta Nacional de Irati, Paraná, verificaram que a espécie apresenta boa capacidade de se regenerar naturalmente, refutando a hipótese da espécie estar ameaçada de extinção por causas naturais. Ainda, os autores verificaram a mudança do padrão espacial agregado para um padrão aleatório, com o aumento do porte dos indivíduos, sendo possivelmente determinada por fatores bióticos, como a competição instraespecífica e a mortalidade dependente de densidade. Péllico Netto *et al.* (2007),

também constataram uma configuração diamétrica decrescente para a Sassafrás em algumas áreas na região metropolitana de Curitiba, PR.

De acordo com Hessel *et al.* (2004), espécies que formam banco de plântulas, como é o caso de *Ocotea odorifera*, descrita por Reitz (1988) como esciófila quando jovem, podem sobreviver no sub-bosque por longos períodos e, para isso, é fundamental que possuam substâncias nutritivas armazenadas. Por possuírem suas reservas nutritivas protegidas pelo tegumento da semente e por estarem sob o solo, exibem maior capacidade de armazenamento e proteção durante o processo de germinação e estabelecimento. Para Mello (2002), ao longo do desenvolvimento das plântulas, estas vão sofrendo diferentes taxas de mortalidade, modificando assim o padrão espacial dos indivíduos adultos, o qual foi originado com a dispersão de sementes.

Em termos de Densidade e Frequência, as espécies *Ocotea odorifera* e *Ilex paraguariensis* demonstraram eficácia na ocupação da floresta. Segundo Backes e Irgang (2002), *Ilex paraguariensis* é uma espécie folhosa muito frequente na estrutura da floresta, constituinte da floresta clímax do planalto. Da mesma forma, as espécies *Coussarea contracta* e *Casearia decandra* apresentaram altos valores desses parâmetros, no entanto, são representadas por indivíduos de diâmetros menores, refletindo na redução de suas Dominâncias Relativas e consequentemente nos valores de IVI.

Para fins de comparação estão apresentados na Tabela 5 alguns trabalhos de fitossociologia realizados na Floresta Ombrófila Mista Montana que adotaram o mesmo critério de diâmetro de inclusão dos indivíduos, com excessão para Ribeiro (2004).

Tabela 5: Resultados de parâmetros obtidos em estudos realizados na Floresta Ombrófila Mista no sul do Brasil.

Variáveis	**Fontes**								
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
N/ha	644	586	484	611	852	896	920	709	561
Espécies	72	69	71	66	130	35	39	72	120
Gêneros	55	44	54	46	79	26	35	53	81
Famílias	29	29	33	30	45	17	23	29	42
Diâmetro min. de inclusão (cm)	10	10	10	10	9,5	10	10	10	10
Área experimental (ha)	1	4	2,6	3,5	10	0,29	0,56	26	25
G (m^2/ha)	36,6	36,9	31,4	33,1	45,7	76,9	35,6	33,5	30,5

Fontes: 1) Autor, 2016 (Irati, PR); 2) Durigan, 1999 (São João do Triunfo, PR); 3) Herrera *et al*., 2009 (Caçador, SC); 4) Pizatto, 1999 (São João do Triunfo, PR); 5) Ribeiro, 2004 (São Francisco de Paula, RS); 6) Sonego *et al.*, 2007 (São Francisco de Paula, RS); 7) Valério *et al.*, 2008 (Irati, PR); 8) Cubas, 2011 (Três Barras, SC); 9) Roik, 2012 (Irati, PR).

De acordo com Durigan (1999), em quatro hectares na Estação Experimental de São João do Triunfo, dentre as principais espécies encontradas destacaram-se *Araucaria angustifolia, Matayba elaeagnoides, Nectandra grandiflora, Nectandra* sp. e *Campomanesia xanthocarpa,* totalizando aproximadamente 40% do total de indivíduos por hectare. As famílias com maior importância foram Lauraceae (8 espécies), Araucariaceae (1 espécie), Sapindaceae (3 espécies) e Myrtaceae (12 espécies).

Herrera *et al.* (2009), encontraram 71 espécies em 2,6 hectares no município de Caçador, estado de Santa Catarina, onde as mais importantes foram *Cupania vernalis, A. angustifolia, Ocotea porosa, Capsicodendron dinisii, Prunus brasiliensis* e *Ocotea pulchella.* Dentre as famílias mais importantes destacaram-se Myrtaceae, Lauraceae, Fabaceae, Flacourtiaceae, Asteraceae e Aquifoliaceae. Para esses autores, os motivos que propiciaram os maiores IVIs da floresta obtidos pela *Araucaria angustifolia e Cupania vernalis* foram a alta Dominância Relativa e Densidade Relativa, respectivamente. A floresta analisada apresentou indícios de intervenção antrópica no passado, onde constataram que dentre as 21 espécies, que representaram 75% do número total dos indivíduos amostrados, várias são indicadoras de ambientes perturbados, tais como: *Lithraea brasiliensis, Piptocarpha angustifolia, Schinus terebinthifolius* e *Vernonia discolor*.

Pizzato (1999), também no município de São João do Triunfo, destacou que muitas espécies importantes, como *Ocotea porosa*, apresentaram altos valores de Dominância, porém Densidade e Frequência reduzidas. No presente estudo, essa espécie apresentou essa mesma tendência. Diante disto, em termos de manejo, torna-se arriscado a tomada de decisão com base no índice de importância, sendo este então considerado como uma ferramenta auxiliar.

Para Ribeiro (2004), analisando a estrutura fitossociológica do componente arbórea na Floresta Nacional de São Francisco de Paula (FOM), as espécies mais importantes da comunidade foram *Araucaria angustifolia, Blepharocalyx salicifolius, Ilex brevicuspis, Chryptocarya aschersoniana, Sebastiania commersoniana, Ilex paraguariensis, Sebastiania brasiliensis, Ocotea pulchella e Nectandra megapotamica,* as quais representaram 42,07% do Valor de Importância e 55,36% do Valor de Cobertura total das espécies da floresta. De forma divergente, no presente estudo não foram encontrados indivíduos de *Ilex brevicuspis, Chryptocarya aschersoniana, Ocotea pulchella, Sebastiania commersoniana, Sebastiania brasiliensis,* embora as duas últimas espécies citadas sejam características de ambientes de influência fluvial.

Sonego *et al.* (2007), também na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, amostraram 260 indivíduos em 0,29 hectares (896 ind.ha-¹) com critério de diâmetro de inclusão igual ou superior 10 cm. Dentre as espécies mais importantes (IVI%) ressalta-se *A. angustifolia* (34,12) com dominância relativa de 63,76%, *Blepharocalyx salicifolius* (9,71), *Ocotea pulchella* (6,79), *Casearia decandra* (6,54), *Myrceugenia mesomischa* (5,17) e *Ilex paraguariensis* (4,05). As 35 espécies encontradas no estudo em questão, pertencem a 26 gêneros distribuídos em 17 famílias. Dentre as famílias com maior riqueza, destacaram-se Myrtaceae e Lauraceae. Dentre as famílias com maiores números de indivíduos destacaram-se Myrtaceae e Araucariacea.

Valério *et al.* (2008), no município de Irati, estado do Paraná, observaram a presença de 920 indivíduos arbóreos por hectare distribuídos em 39 espécies, 35 gêneros e 23 famílias botânicas. As famílias que apresentaram maiores riqueza foram Fabaceae (5), Sapindaceae, Mimosaceae e Aquifoliaceae (3). Dentre as espécies, as que apresentaram maiores valores de importância, foram: *Luehea divaricata* (35,43), *Cupania vernalis* (33,96), *Nectandra megapotamica* (27,98), *Ocotea puberula* (27,08) e *Lonchocarpus muehlbergianus* (25,60).

Para comparar a estrutura florística e fitossociológica da FOM, adicionou-se dois estudos com áreas expressivas, os de Cubas (2011) e Roik (2012) com 26 e 25 hectares respectivamente. O primeiro autor encontrou 72 espécies, sendo as mais importantes *A. angustifolia*, *Ocotea porosa*, *Cupania vernalis*, *Ocotea puberula* e *Ilex paraguariensis*. Por outro lado, embora o segundo autor tenha detectado riqueza superior (120 espécies), este encontrou as mesmas três espécies entre as mais importantes da comunidade, sendo elas *Araucaria angustifolia* (1º IVI), *Ilex paraguariensis* (2º) e *Ocotea porosa* (5º). A justificativa para a baixa riqueza observada por Cubas (2011) pode estar relacionada aos distúrbios ocorridos no passado designado por ação antrópica na Floresta Nacional de Três Barras, gerando um baixo grau de conservação da floresta e consequentemente, sendo um fator relevante na influência sob a riqueza na comunidade.

Dentre os estudos analisados é possível observar a complexidade das variações florísticas e fitossociológicas entre as florestas Ombrófilas Mista do sul do Brasil. De acordo com Figueiredo Filho *et al.* (2010), as variações no número de árvores, espécies e famílias presentes na Floresta Ombrófila Mista é influenciada por diversos fatores, podendo ser citados entre os mais importantes, as diferentes condições ambientais, o estágio de sucessão, diferentes amostragens entre os trabalhos comparados, entre outros. Para Veloso *et al.* (1991), estas diferenças são causadas pela imensa variação de fatores

ecológicos e biogeográficos. Klein (1960) ressalta que embora a FOM possa parecer homogênea à primeira vista, esta é formada por múltiplas associações e agrupamentos, os quais se encontram em vários estágios de sucessão.

Na Tabela 6 pode-se observar os parâmetros fitossociológicos calculados para as famílias observadas no estudo.

Tabela 6: Parâmetros fitossociológicos das famílias amostradas na Floresta Ombrófila Mista da Floresta Nacional de Irati, Paraná, Brasil, em ordem decrescente do Índice de Valor de Importância. NSpp = número de espécies; DA = densidade absoluta; DR = densidade relativa; FA = frequência absoluta; FR = frequência relativa; DoA = dominância absoluta; DoR = dominância relativa; IVI = índice de valor de importância e IVC = índice de valor de cobertura.

Famílias	**NSpp**	**DA**	**DR**	**FA**	**FR**	**DoA**	**DoR**	**IVI**	**IVC**
		N.ha-¹	%	%	%	m².ha-¹	%	%	%
Lauraceae	9	162,60	25,24	79,80	18,33	11,97	32,65	25,41	28,94
Araucariaceae	1	43,40	6,74	32,32	7,42	9,68	26,40	13,52	16,57
Aquifoliaceae	3	69,70	10,82	51,52	11,83	1,77	4,83	9,16	7,82
Myrtaceae	10	69,70	10,82	44,44	10,21	1,60	4,36	8,46	7,59
Salicaceae	6	63,60	9,87	42,42	9,74	1,39	3,79	7,80	6,83
Rubiaceae	3	49,50	7,68	34,34	7,89	0,81	2,21	5,93	4,95
Sapindaceae	5	26,30	4,08	20,20	4,64	1,45	3,96	4,23	4,02
Fabaceae	5	25,30	3,93	15,15	3,48	1,78	4,86	4,09	4,39
Meliaceae	1	18,20	2,82	17,17	3,94	1,83	4,99	3,92	3,91
Arecaceae	1	17,20	2,67	15,15	3,48	0,72	1,96	2,70	2,32
Primulaceae	1	16,20	2,51	14,14	3,25	0,32	0,87	2,21	1,69
Canellaceae	1	12,10	1,88	10,10	2,32	0,66	1,80	2,00	1,84
Elaeocarpaceae	1	10,10	1,57	8,08	1,86	0,55	1,50	1,64	1,53
Rosaceae	1	11,10	1,72	8,08	1,86	0,36	0,98	1,52	1,35
Asteraceae	5	12,10	1,88	8,08	1,86	0,30	0,82	1,52	1,35
Clethraceae	1	7,10	1,10	6,06	1,39	0,49	1,34	1,28	1,22
Simaroubaceae	1	5,10	0,79	5,05	1,16	0,06	0,16	0,71	0,48
Sapotaceae	2	3,00	0,47	3,03	0,70	0,17	0,46	0,54	0,46
Rutaceae	3	3,00	0,47	3,03	0,70	0,17	0,46	0,54	0,46
Bignoniaceae	1	3,00	0,47	3,03	0,70	0,09	0,25	0,47	0,36
Styracaceae	1	4,00	0,62	2,02	0,46	0,10	0,27	0,45	0,45
Solanaceae	3	3,00	0,47	3,03	0,70	0,04	0,11	0,42	0,29
Proteaceae	1	2,00	0,31	2,02	0,46	0,18	0,49	0,42	0,40
Winteraceae	1	2,00	0,31	2,02	0,46	0,07	0,19	0,32	0,25
Theaceae	1	1,00	0,16	1,01	0,23	0,06	0,16	0,18	0,16
Araliaceae	1	1,00	0,16	1,01	0,23	0,01	0,03	0,14	0,09
Loganiaceae	1	1,00	0,16	1,01	0,23	0,01	0,03	0,14	0,09
Symplocaceae	1	1,00	0,16	1,01	0,23	0,01	0,03	0,14	0,09
Celastraceae	1	1,00	0,16	1,01	0,23	0,01	0,03	0,14	0,09
Total	72	644,3	100	435,3	100	36,7	100	100	100

Ao todo foram encontradas 29 famílias botânicas, entre elas, as dez mais importantes com base no IVI, foram: Lauraceae (25,41), Araucariaceae (13,52), Aquifoliaceae (9,16), Myrtaceae (8,46), Salicaceae (7,80), Rubiaceae (5,93), Sapindaceae (4,23), Fabaceae (4,09), Meliaceae (3,92) e Arecaceae (2,70). Em consonância com afirmação de Leite e Klein (1990), a estrutura florística com presença da espécie Araucária associada às famílias Aquifoliaceae, Lauraceae e Myrtaceae caracterizam a fitofisionomia da Floresta Ombrófila Mista.

A família Lauraceae, com IVI igual a 25,4%, foi representada por 163 indivíduos por hectare distribuídos em nove espécies, ocorreu em 79,8% das parcelas amostradas e, por possuir elevada riqueza, assim como também um elevado número de indivíduos, superou a Dominância da família Araucariaceae, obtendo Dominância de 11,97 m² por hectare (Dominância relativa igual a 32,6%).

Em termos de riqueza, a família Myrtaceae foi a que apresentou o maior número de espécies, abrangendo dez espécies representantes. Klein (1984) ressaltou a importância da família Myrtaceae na FOM devido ao alto número de indivíduos entre as espécies de menor porte. Para Nascimento *et al.* (2001), a formação Floresta Ombrófila Mista representa um importante núcleo de dispersão da família Myrtaceae. Posteriormente, em ordem decrescente de riqueza, seguiram as famílias Lauraceae (9), Salicaceae (6), Sapindaceae (5) e Fabaceae (5). Dentre as 29 famílias, 18 apresentaram apenas uma espécie como representante.

5.4 Análise de agrupamentos

Aplicando a análise de agrupamentos, em busca da redução e exploração dos dados da vegetação, observou-se a presença de quatro grupos florísticos distintos (Figura 15) a partir da matriz de abundância. O coeficiente de correlação cofenética obtido foi igual a 0,60, indicando que 60% da matriz de dados original foi representada na forma de dendrograma. Foi verificado correlação significativa entre a matriz de distância e a matriz cofenética (Mantel, $p < 0,001$).

Para determinação dos grupos foi estabelecida a linha *fenon* na distância (Bray-Curtis) de 0,83, definida com base na distinção dos grandes grupos, ou seja, momento em que os agrupamentos sequenciais aglomerativos formaram grupos mais robustos. Após análise gráfica do dendrograma foi observado uma baixa similaridade entre os agrupamentos estabelecidos, assim como entre os elementos pertencentes aos mesmos grupos, revelando um ambiente diversificado e com ausência de um gradiente ambiental expressivo.

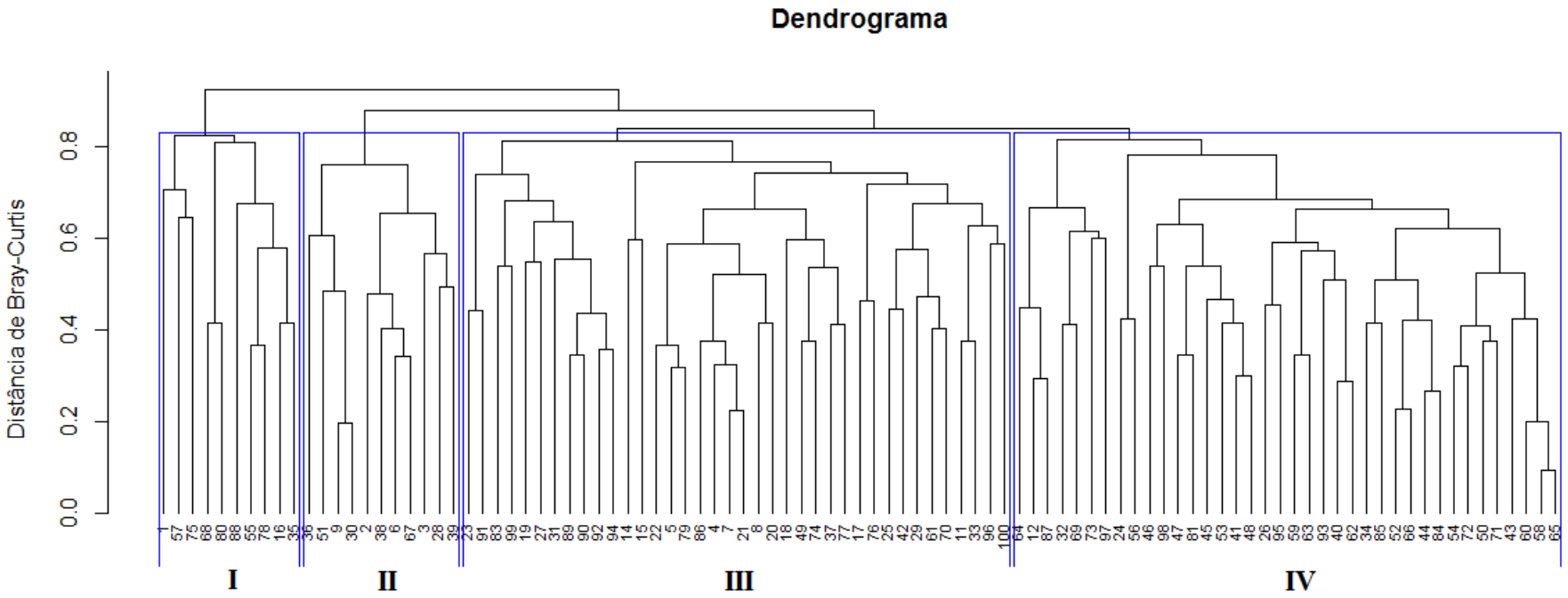

Figura 15: Dendrograma de classificação construído por meio de uma matriz de abundância de espécies a partir de 99 parcelas em uma Floresta Ombrófila Mista Montana, PR, Brasil.

Na Tabela 7 estão apresentadas as espécies com as respectivas ocorrências nos agrupamentos.

Tabela 7: Ocorrência das famílias e espécies nos agrupamentos formados na Floresta Ombrófila Mista da Floresta Nacional de Irati, Paraná.

Família	Nome Científico	Agrupamentos			
		I	II	III	IV
Aquifoliaceae	*Ilex dumosa* Reissek				x
	Ilex paraguariensis A. St.-Hil.			x	x
	Ilex theezans Mart. ex Reissek	x		x	x
Araliaceae	*Schefflera morototoni* (Aubl.) Maguire. Steyerm. & Frodin			x	
Araucariaceae	*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze	x	x	x	x
Arecaceae	*Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman	x	x	x	x
Asteraceae	*Vernonanthura diffusa* (Less.) H.Rob.		x	x	x
	Vernonanthura discolor (Spreng.) H. Rob.	x		x	
	Vernonanthura petiolaris (DC.) H. Rob.			x	
	Piptocarpha angustifolia Dusén ex Malme		x	x	
	Piptocarpha axillaris (Less.) Baker	x		x	
Bignoniaceae	*Jacaranda micrantha* Cham.	x	x		x
Canellaceae	*Cinnamodendron dinisii* Schwacke			x	x
Celastraceae	*Maytenus muelleri* Schwacke				x
Clethraceae	*Clethra scabra* Pers.			x	x
Elaeocarpaceae	*Sloanea hirsuta* (Schott) Planch. ex Benth.	x	x	x	x
Fabaceae	*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan				x
	Dalbergia brasiliensis Vogel			x	x
	Machaerium stipitatum (DC.) Vogel			x	x
	Mimosa scabrella Benth.	x		x	
	Parapiptadenia rigida (Benth.) Brenan			x	
Lauraceae	*Cinnamomum sellowianum* (Nees & Mart.) Kosterm.		x	x	
	Nectandra grandiflora Nees & Mart. ex Nees		x	x	x
	Nectandra megapotamica (Spreng.) Mez	x	x	x	x
	Nectranda angustifolia (Schrada.) Ness			x	
	Ocotea diospyrifolia (Meisn.) Mez	x	x	x	x
	Ocotea odorifera (Vell.) Rohwer		x	x	x
	Ocotea porosa (Nees & Mart.) Barroso		x	x	x
	Ocotea puberula (Rich.) Nees	x		x	x
	Persea willdenovii Kosterm.				x
Loganiaceae	*Strychnos brasiliensis* (Spreng.) Mart.		x		
Meliaceae	*Cedrela fissilis* Vell.		x	x	x
Myrtaceae	*Blepharocalyx salicifolius* (Kunth) O. Berg			x	
	Campomanesia xanthocarpa Mart. ex O. Berg			x	x
	Curitiba prismatica (D. Legrand) Salywon & L. R. Landrum				x
	Eugenia involucrata DC.		x	x	x

continua...

Tabela 7: Ocorrência das famílias e espécies nos agrupamentos formados na Floresta Ombrófila Mista da Floresta Nacional de Irati, Paraná.

Família	Nome científico	Agrupamentos			
		I	II	III	IV
	Myrcia guianensis (Aubl.) DC.			x	
	Myrcia hebepetala DC.	x	x	x	x
	Myrcia splendens (Sw.) DC.	x		x	x
	Myrciaria cauliflora (Mart.) O. Berg		x		x
	Myrciaria floribunda (West ex Willd.) O.Berg	x	x	x	x
	Myrciaria tenella (DC.) O. Berg				x
Primulaceae	*Myrsine umbellata* Mart.		x	x	x
Proteaceae	*Roupala montana* Aubl.	x			x
Rosaceae	*Prunus myrtifolia* (L.) Urb.		x	x	x
Rubiaceae	*Coussarea contracta* (Walp.) Müll.Arg.	x	x	x	x
	Psychotria vellosiana Benth.			x	x
	Rudgea jasminoides (Cham.) Müll.Arg.		x	x	x
Rutaceae	*Citrus aurantium* L.			x	
	Zanthoxylum kleinii (R.S.Cowan) P.G. Waterman			x	
	Zanthoxylum rhoifolium Lam.			x	
Salicaceae	*Casearia decandra* Jacq.		x	x	x
	Casearia lasiophylla Eichler			x	x
	Casearia obliqua Spreng.	x		x	x
	Casearia sylvestris Sw.	x		x	x
	Prockia crucis P.Browne ex L.	x			
	Xylosma pseudosalzmanii Sleumer	x		x	x
Sapindaceae	*Allophylus petiolulatus* Radlk.		x		
	Allophylus edulis (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Hieron. ex Niederl.	x		x	x
	Cupania vernalis Cambess.				x
	Diatenopteryx sorbifolia Radlk.			x	
	Matayba elaeagnoides Radlk.	x		x	x
Sapotaceae	*Chrysophyllum gonocarpum* (Mart. & Eichler ex Mig.) Engl.	x			x
	Chrysophyllum marginatum (Hook. & Arn.) Radlk.			x	
Simaroubaceae	*Picrasma crenata* Engl. in Engl. & Prantl	x	x	x	x
Solanaceae	*Solanum bullatum* Vell.		x		
	Solanum pseudoquina A. St.- Hil.		x		
	Solanum sanctaecatharinae Dunal			x	
Styracaceae	*Styrax leprosus* Hook. & Arn.		x	x	
Symplocaceae	*Symplocos tenuifolia* Brand.				x
Theaceae	*Laplacea fruticosa* (Schrad.) Kobuski			x	
Winteraceae	*Drimys brasiliensis* Miers			x	

O primeiro grupo é representado por 10 parcelas. O número médio de indivíduos por hectare foi igual a 500 e área basal média de 29,65 $m^2.ha^{-1}$. Foi observado uma riqueza

de 25 espécies, com índice de Shannon de 2,9 e equabilidade de Pielou de 0,91. As principais espécies que caracterizaram a estrutura deste grupo foram *Nectandra megapotamica*, *Ocotea diospyrifolia*, *Ocotea puberula*, *Sloanea hirsuta* e *Araucaria angustifolia* (Tabela 8), sendo que a primeira delas se apresentou importante principalmente pelos altos valores de densidade e frequência. Ainda, *Nectandra megapotamica* mostrou-se como espécie indicadora do agrupamento (

Tabela 9), com valor indicativo de 59% (p = 0,001).

O segundo grupo, representado por 11 parcelas, apresentou uma média de 628 indivíduos por hectare e área basal de 40,58 $m^2.ha^{-1}$. O número de espécies encontradas foi de 27, índice de Shannon igual a 2,91 e equabilidade de Pielou de 0,88. As principais espécies que caracterizaram este grupo foram *Ocotea porosa*, *Araucaria angustifolia*, *Syagrus romanzoffiana*, *Casearia decandra* e *Cedrela fissilis* (Tabela 8). *Ocotea porosa* obteve o maior valor de importância principalmente pela frequência e dominância apresentados neste grupo. Da mesma forma, esta espécie mostrou-se indicadora do agrupamento (

Tabela 9), com valor indicativo de 77,1% (p = 0,001). Outras espécies que se apresentaram como indicadoras neste agrupamento foram *Casearia decandra* (VI = 25,8; p = 0,027) e *Syagrus romanzoffiana* (VI = 33,1; p = 0,005).

O terceiro grupo foi representado por 38 parcelas, com densidade média de 711 indivíduos por hectare e área basal de 42,35 $m^2.ha^{-1}$. Neste, 55 espécies foram amostradas. O índice de Shannon calculado foi igual a 3,4 e equabilidade de Pielou de 0,84. As principais espécies que caracterizaram a estrutura do agrupamento foram *Araucaria angustifolia*, *Ilex paraguariensis*, *Nectandra grandiflora*, *Ocotea porosa* e *Matayba elaeagnoides* (Tabela 8). A importância da *Araucaria angustigolia* neste agrupamento refletiu principalmente os altos valores de dominância. *Casearia obliqua* representou a espécie indicadora deste grupo (

Tabela 9), muito embora o valor indicativo calculado para a espécie tenha sido baixo (VI = 4,7; p = 0,047).

O quarto agrupamento reuniu 38 parcelas, onde foi calculado uma densidade média de 632 indivíduos por hectare e área basal média de 33,29 $m^2.ha^{-1}$. Para este agrupamento foram amostradas 47 espécies e gerado um índice de Shannon igual a 3,17 e equabilidade de Pielou igual a 0,82. As espécies mais importantes do grupo foram *Ocotea odorifera*, *Araucaria angustifolia*, *Coussarea contracta*, *Ilex paraguariensis* e *Cedrela fissilis* (Tabela 8). Constatou-se que *Ocotea odorifera* apresentou altos valores

de densidade e frequência, os quais elevaram a importância da espécie no agrupamento. Da mesma forma, a espécie apresentou um alto valor indicativo para o grupo (

Tabela 9), igual a 77,1% (p = 0,001).

Tabela 8: Parâmetros fitossociológicos calculados para as espécies com maiores valores de importância nos quatro agrupamentos definidos para a Floresta Ombrófila Mista da Floresta Nacional de Irati, Paraná, Brasil. N = número de indivíduos; DA = densidade absoluta ($N.ha^{-1}$); DR = densidade relativa (%); FA = frequência absoluta (%); FR = frequência relativa (%); DoA = dominância absoluta ($m^2.ha^{-1}$); DoR = dominância relativa (%); IVI = índice de valor de importância (%) e IVC = índice de valor de cobertura (%).

Espécies	**N**	**DA**	**DR**	**FA**	**FR**	**DoA**	**DoR**	**IVI**	**IVC**
				Grupo I					
Nectandra megapotamica	10	100	20	80	18,6	4,64	15,65	18,09	17,82
Ocotea diospyrifolia	4	40	8	30	6,98	5,3	17,85	10,94	12,93
Ocotea puberula	2	20	4	20	4,65	3,27	11,02	6,56	7,51
Sloanea hirsuta	2	20	4	20	4,65	2,82	9,5	6,05	6,75
Araucaria angustifolia	1	10	2	10	2,33	4,09	13,8	6,04	7,90
Myrcia hebepetala	3	30	6	30	6,98	0,69	2,34	5,11	4,17
Ilex theezans	3	30	6	30	6,98	0,58	1,95	4,98	3,98
Casearia sylvestris	3	30	6	20	4,65	0,6	2,02	4,22	4,01
Total	50	500	100	430	100	29,65	100	100	100
				Grupo II					
Ocotea porosa	13	118,18	18,84	90,91	17,54	14,51	35,76	24,05	27,30
Araucaria angustifolia	5	45,45	7,25	27,27	5,26	10,23	25,22	12,58	16,24
Syagrus romanzoffiana	7	63,64	10,14	54,55	10,53	3,03	7,47	9,38	8,81
Casearia decandra	6	54,55	8,7	54,55	10,53	1,8	4,44	7,89	6,57
Cedrela fissilis	4	36,36	5,8	36,36	7,02	1,44	3,55	5,46	4,68
Nectandra grandiflora	4	36,36	5,8	18,18	3,51	1,87	4,6	4,64	5,20
Coussarea contracta	4	36,36	5,8	27,27	5,26	0,87	2,14	4,4	3,97
Cinnamomum sellowianum	2	18,18	2,9	18,18	3,51	2,74	6,75	4,38	4,82
Total	69	627,24	100	518,16	100	40,57	100	100	100
				Grupo III					
Araucaria angustifolia	23	60,53	8,52	52,63	8,97	13,4	31,65	16,38	20,08
Ilex paraguariensis	39	102,63	14,44	71,05	12,11	2,45	5,79	10,78	10,11
Nectandra grandiflora	24	63,16	8,89	47,37	8,07	3,66	8,65	8,54	8,77
Ocotea porosa	4	10,53	1,48	7,89	1,35	4,19	9,9	4,24	5,69
Matayba elaeagnoides	9	23,68	3,33	21,05	3,59	2,1	4,96	3,96	4,14
Coussarea contracta	15	39,47	5,56	28,95	4,93	0,51	1,2	3,9	3,38
Cinnamodendron dinisii	11	28,95	4,07	23,68	4,04	1,51	3,57	3,89	3,82
Cedrela fissilis	5	13,16	1,85	10,53	1,79	2,21	5,22	2,96	3,53
Total	270	710,47	100	586,78	100	42,32	100	100	100

continua...

Tabela 12: Parâmetros fitossociológicos calculados para as espécies com maiores valores de importância nos quatro agrupamentos definidos para a Floresta Ombrófila Mista da Floresta Nacional de Irati, Paraná, Brasil. N = número de indivíduos; DA = densidade absoluta (N.ha^{-1}); DR = densidade relativa (%); FA = frequência absoluta (%); FR = frequência relativa (%); DoA = dominância absoluta (m².ha^{-1}); DoR = dominância relativa (%); IVI = índice de valor de importância (%) e IVC = índice de valor de cobertura (%).

Espécies	**N**	**DA**	**DR**	**FA**	**FR**	**DoA**	**DoR**	**IVI**	**IVC**
				Grupo IV					
Ocotea odorifera	53	139,47	22,08	89,47	17,62	5,22	15,68	18,46	18,88
Araucaria angustifolia	14	36,84	5,83	21,05	4,15	7,79	23,4	11,13	14,61
Coussarea contracta	19	50	7,92	36,84	7,25	0,77	2,31	5,83	5,11
Ilex paraguariensis	13	34,21	5,42	34,21	6,74	1,44	4,32	5,49	4,87
Cedrela fissilis	9	23,68	3,75	23,68	4,66	2,15	6,46	4,96	5,10
Casearia decandra	15	39,47	6,25	26,32	5,18	0,92	2,77	4,73	4,51
Ocotea puberula	6	15,79	2,5	13,16	2,59	2,37	7,13	4,07	4,81
Casearia sylvestris	11	28,95	4,58	23,68	4,66	0,73	2,19	3,81	3,38
Total	240	631,51	100	507,82	100	33,28	100	100	100

Tabela 9: Lista com as espécies indicadoras por agrupamento na Floresta Ombrófila Mista da Floresta Nacional de Irati, Paraná, Brasil.

Grupo	**Espécies**	**VI (%)**	**valor *p***
I	*Nectandra megapotamica*	59,0	0,001
II	*Casearia decandra*	25,8	0,027
	Ocotea porosa	77,1	0,001
	Syagrus romanzoffiana	33,1	0,005
III	*Casearia obliqua*	4,7	0,047
IV	*Ocotea odorifera*	77,1	0,001

A estrutura fitossociológica dos agrupamentos apresentou uma forte associação entre a presença marcante da *Araucaria angustifolia* e algumas espécies da família Lauraceae, como citado por Klein (1960), Leite (1994) e Roderjan (2002). No primeiro grupo, as Lauraceas *Nectandra megapotamica*, *Ocotea diospyrifolia* e *Ocotea puberula* se destacaram. No grupo II, *Ocotea porosa* juntamente com *Syagrus romanzoffiana* (Arecaceae) e *Casearia decandra* (Salicaceae). No grupo III, a Lauraceae que se destacou foi *Nectandra grandiflora* juntamente com *Ilex paraguariensis* (Aquifoliaceae). Para o grupo IV, *Ocotea odorifera* apresentou elevado valor de importância.

Para verificar a similaridade florística entre os agrupamentos foi calculado o coeficiente de Jaccard. Como apresentado na Tabela 10 notou-se um baixo grau de compartilhamento de espécies entre os grupos, onde os que apresentaram maiores coeficientes de Jaccard foram o III e IV, os quais compartilharam 35 espécies, sendo 20

exclusivas do grupo III e 12 exclusivas do grupo IV. Estes mesmos grupos apresentaram índices de Shannon superiores, efeito da maior amostragem, ambos com 38 parcelas. No entanto, o grupo III gerou um índice de 3,4, apresentando uma maior riqueza para uma mesma área.

Tabela 10: Similaridade de Jaccard e índice de diversidade de Shannon (H´) entre os quatro grupos florísticos na Floresta Ombrófila Mista da Floresta Nacional de Irati, Paraná, Brasil.

Coeficiente de Jaccard					
	Grupo I	**Grupo II**	**Grupo III**	**Grupo IV**	**H'**
Grupo I	1	-	-	-	2,9
Grupo II	0,23	1	-	-	2,9
Grupo III	0,33	0,36	1	-	3,4
Grupo IV	0,38	0,39	0,52	1	3,17

Os grupos que apresentaram menor coeficiente de Jaccard foram I e II, sendo igual a 0,23, apresentando 10 espécies em comum, onde 15 espécies foram exclusivas do grupo I e 17 exclusivas do grupo II.

Na Figura 16 é apresentado a distribuição das unidades amostrais em seus respectivos grupos.

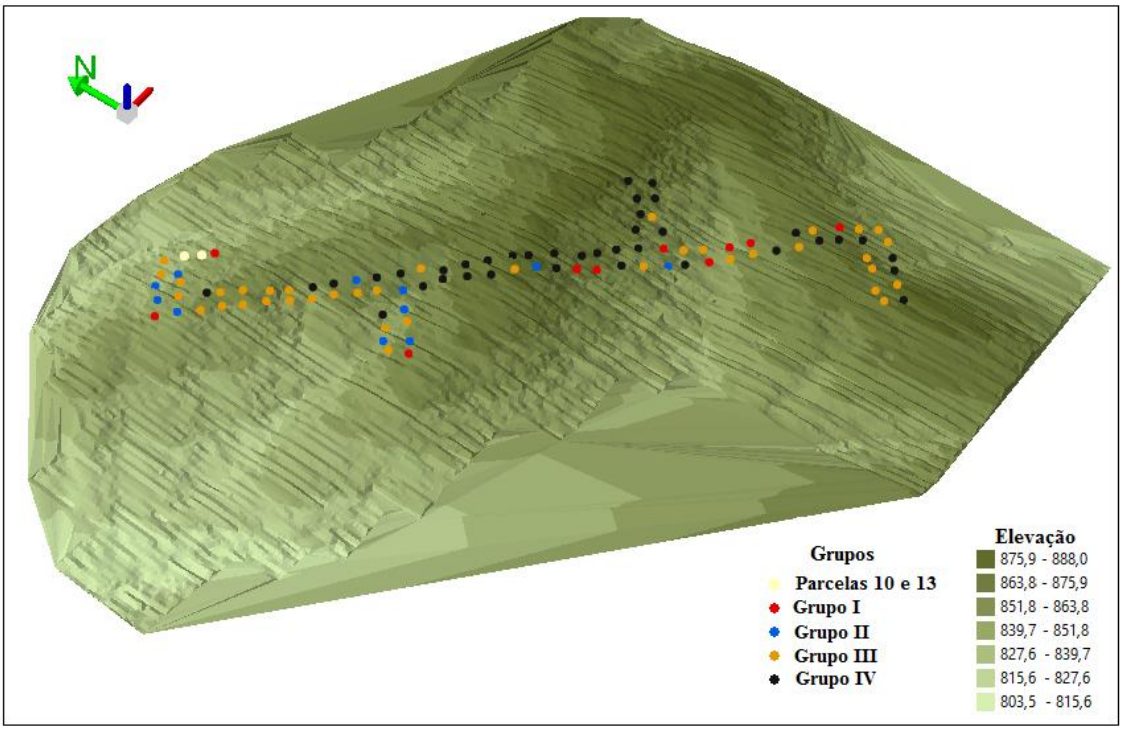

Figura 16: Distribuição espacial das unidades amostrais em seus respectivos agrupamentos.

A distribuição das unidades amostrais não seguiu uma sequência espacial contínua, como também demostrado pelo dendrograma de classificação, sugerindo que o meio físico exerça pouco influência sobre a estruturação da vegetação.

Ressalta-se o posicionamento das parcelas classificadas no agrupamento IV nos ambientes mais elevados, pressupondo uma preferência ambiental das espécies mais expressiva do grupo por estes locais, principalmente por meio da espécie *Ocotea odorifera*, a qual apresentou valor indicador de 77,1% neste agrupamento.

5.4 Análise de Correspondência Distendida

Após a aplicação da Análise de Correspondência Distendida obteve-se a sumarização da matriz de dados de abundância. Os autovalores obtidos para os três primeiros eixos foram de 0,77, 0,40 e 0,33 e comprimento de gradiente igual a 2,59, 4,49 e 3,88 respectivamente. Os *p* valores foram todos significativos (p = 0,001 para os eixos I e II e 0,007 para o eixo III).

Após análise gráfica dos eixos da ordenação (Figura 17), concluiu-se que o gradiente obtido, em específico o gerado pelo primeiro eixo, está fortemente influenciado pelo estado sucessional da vegetação presente naquele local, onde há uma alta abundância principalmente da espécie *Mimosa scabrella*, a qual pertence ao grupo ecológico das "pioneiras". Este fato representa uma alteração na composição florística condicionada por uma perturbação e não por um gradiente ambiental referente ao meio abiótico.

Possivelmente, o que ocorrera neste ambiente foi a exposição do solo à luminosidade, após o término de um ciclo biológico representado pela seca da taquara (2002-2005), consequentemente, após este distúrbio, espécies mais adaptadas à estas condições se estabeleceram em um primeiro momento. Assim sendo, aproximadamente 10 anos após o evento (ultima remedição da floresta foi realizada em 2014-2015), os indivíduos da espécie *Mimosa scabrella* cresceram o suficiente para ultrapassar os 10 centímetros de diâmetro mínimos para serem incluídas na medição e apresentarem altos valores de incremento, como também de ingresso.

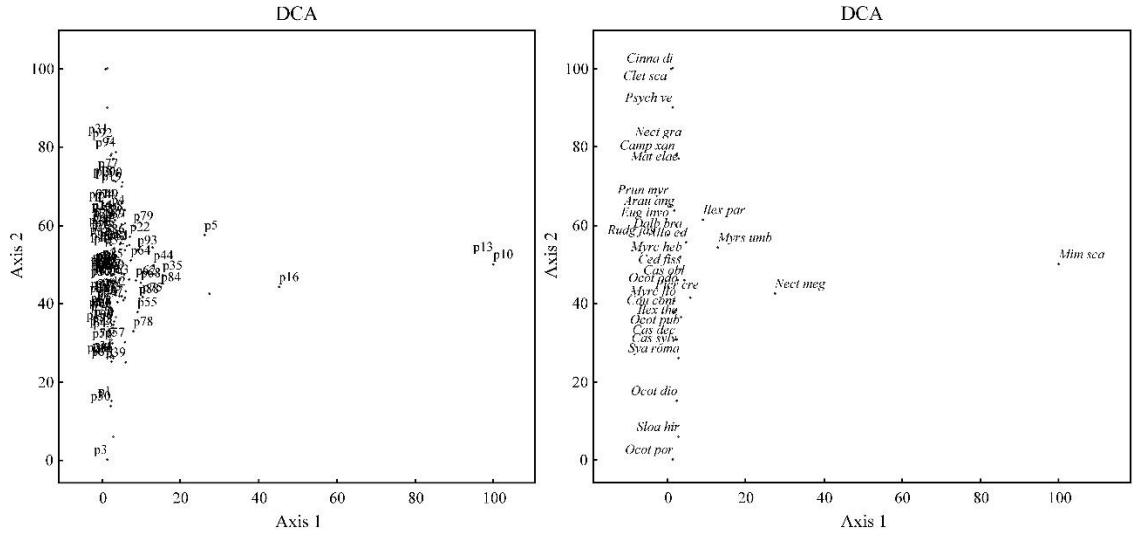

Figura 17: Análise de Correspondência Distendida para a matriz de abundância. Ordenação das parcelas (esquerda) e das espécies (direita) utilizando os *escores* dos dois primeiros eixos da ordenação.

Posteriormente, com a retirada da espécie *Mimosa scabrella* e das parcelas onde a espécie foi exclusiva, resultando em uma matriz de dimensão n = 97 e p = 26, obteve-se para os eixos I, II e III autovalores iguais a 0,45, 0,35 e 0,29 e comprimento do gradiente igual a 5,34, 3,80 e 4,67 respectivamente. A significância dos eixos (p valor) I, II e III foram de 0,002, 0,03 e 0,13. Os comprimentos dos gradientes obtidos são considerados elevados (HILL; GAUCH, 1980; McCUNE; GRACE, 2002), sendo superiores a 4 SD, ocorrendo dessa forma a substituição da composição das espécies nas parcelas ao longo do gradiente.

Com a aplicação dos modelos de regressão linear múltipla para o primeiro eixo, não houve seleção de variáveis ambientais, aquelas representadas por características edáficas e pela altitude. No entanto, foram selecionadas variáveis espaciais, representadas pelo MEM 9, MEM 33 e o MEM 70, como apresentado na Tabela 11.

Tabela 11: Variáveis espaciais selecionadas para o primeiro eixo no ajuste do modelo OLS.

Variável	R^2 ajustado (acumulado)	F	p valor
MEM 9	0,0715	7,32	0,011
MEM 33	0,1357	6,98	0,016
MEM 70	0,1855	5,68	0,024

A seleção de variáveis espacias para o primeiro eixo da ordenação representa o espaço modelando a distribuição das espécies presentes na comunidade, com aproximadamente 18% de poder explicativo (R^2 ajustado), no entanto, essas variáveis não podem ser compreendidas quanto à origem, principalmente por não estarem estruturadas

no ambiente, ou ao menos, não estruturadas nas variáveis ambientais explicativas do modelo. Para Peña-Claros *et al*. (2012), variações nos padrões florísticos de uma comunidade, identificadas pelo componente espacial, podem ser atribuídas à processos bióticos e estocásticos. No caso dos processos bióticos, o componente espacial pode estar sendo influenciado pela dispersão, facilitação e competição entre as espécies (Lewis *et al*., 2014). Para o segundo eixo não houve seleção de variáveis ambientais e espaciais.

Na análise gráfica dos dois primeiros eixos da DCA (Figura 18) foi observado que não ocorreu uma polarização na ordenação (scores) para as espécies, como também para as parcelas. Por meio dos ajustes dos modelos OLS para as variáveis ambientais é possível concluir que as alterações florístico-estruturais presentes ao longo destes gradientes, expressos pelos eixos, não são causadas por variações inerentes às variáveis ambientais preditoras. Entretanto, o primeiro eixo, com maior comprimento de gradiente (5,34), é influenciado por variáveis estruturadas no espaço, embora, essas variações estejam distribuídas aleatoriamente no ambiente, como observado pela ordenação das parcelas na Figura 18. De acordo com Legendre *et al.* (2009), a fração espacial pode ser causada por variáveis ambientais não mensuradas, assim como processos neutros, ou seja, o componente espacial representa a contribuição de variáveis não observadas, que não são correlacionadas com as variáveis preditoras amostradas em campo, mas estão espacialmente estruturadas, adicionando, ainda, o efeito estruturante da dinâmica espacial da comunidade, incluindo habitats e mecanismos ecológicos como a direção de dispersão dos propágulos.

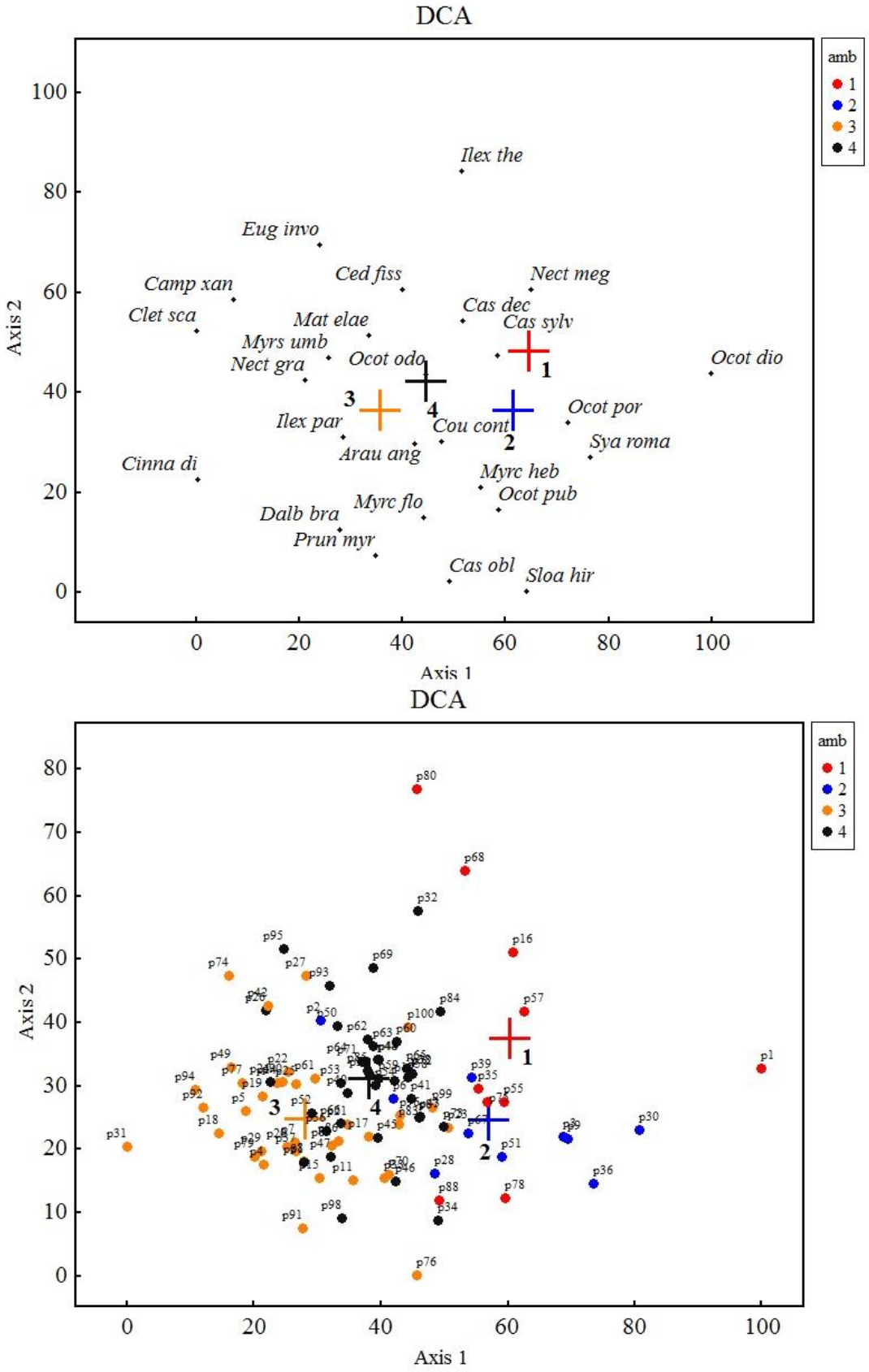

Figura 18: Diagrama de ordenação da análise de correspondência distendida (DCA) na área de Floresta Ombrófila Mista da Floresta Nacional de Irati, Paraná, Brasil. Na legenda, o termo "amb" (ambiente) representa os grupos.

Para o terceiro eixo da ordenação foi selecionada a variável ambiental matéria orgânica e a variável espacial MEM 56, como apresentado na Tabela 12, muito embora o eixo não tenha sido significativo (p = 0,13).

Tabela 12: Resultados dos modelos OLS para o terceiro eixo da análise de correspondência distendida (DCA).

Variáveis Preditoras	**Modelo ambiental (β)**	*p*	**Modelo espacial (β)**	*p*
Interceptação	173,66	< 0,001	242,69	< 0,001
Matéria orgânica	0,214	0,035	-	-
MEM 56	-	-	0,243	0,016
R^2 ajustado	0,036	-	0,049	-
F	4,568	< 0,035	5,963	0,016
Syx%	60,29%	-	59,87%	-

Na Tabela 13 são apresentados os scores das espécies referentes a cada eixo de ordenação da DCA. De forma sincrônica, a ordenação reforça a variação estrutural representada pela análise de classificação. *Ocotea diospyrifolia*, *Nectandra megapotamica* e *Sloanea hirsuta* foram as espécies que apresentaram *scores* mais elevados no primeiro eixo, assim como foram as espécies mais importantes no grupo I. Ressalta-se também *Nectandra grandiflora* como espécie indicadora deste agrupamento. *Ocotea porosa* e *Syagrus romanzoffiana* também apresentaram valores elevados no primeiro eixo, destacando importância na estruturação da vegetação, sendo responsáveis pelos maiores valores de importância e valores indicadores (VI) para o agrupamento II.

A espécie *Casearia obliqua*, indicadora para o agrupamento III, obteve maior *escore* no primeiro eixo de ordenação, apresentando valores negativos para os demais eixos. *Ocotea odorifera*, espécie indicadora e com maior valor de importância no agrupamento IV, também apresentou maior *score* no eixo 1. *Casearia decandra*, indicadora do grupo II, apresentou maior influência no terceiro eixo de ordenação.

Tabela 13: Scores das espécies nos respectivos eixos de ordenação da análise de correspondência distendida (DCA).

Espécies	**Eixo 1**	**Eixo 2**	**Eixo 3**
Araucaria angustifolia	189	92	135
Campomanesia xanthocarpa	-21	259	203
Casearia decandra	244	234	340
Casearia obliqua	229	-67	-18
Casearia sylvestris	284	194	243
Cedrela fissilis	174	271	339
Cinnamodendron dinisii	-62	50	185
Clethra scabra	-64	223	281
Coussarea contracta	219	94	265
Dalbergia brasiliensis	102	-8	188
Eugenia involucrata	79	322	357
Ilex paraguariensis	106	99	265
Ilex theezans	243	408	221
Matayba elaeagnoides	135	217	84
Myrcia hebepetala	265	41	311
Myrciaria floribunda	200	6	226
Myrsine umbellata	90	192	241
Nectandra grandiflora	62	166	187
Nectandra megapotamica	324	271	0
Ocotea diospyrifolia	533	174	88
Ocotea odorifera	202	172	122
Ocotea porosa	366	116	451
Ocotea puberula	287	15	117
Prunus myrtifolia	144	-37	299
Sloanea hirsuta	319	-79	225
Syagrus romanzoffiana	392	76	302

Em síntese, pode-se inferir que a comunidade apresentou variações em sua composição e estrutura, representadas pelos valores elevados dos gradientes, implicando na substituição das espécies ao longo dos extremos dos gradientes. No entanto, estas alterações não podem ser fundamentadas nas variações dos fatores ambientais preditores desta pesquisa. Ainda que no ajuste do modelo ambiental para o terceiro eixo a matéria orgânica tenha sido selecionada, este eixo não apresentou significância na randomização do *eigenvalue*, embora o autovalor e comprimento do gradiente obtido para este eixo sejam considerados elevados.

Negrini *et al.* (2014) analisando variações florístico-estrutural do componente arbórea de quatro fragmentos de Floresta Ombrófila Mista no estado de Santa Catarina,

por meio da análise de correspondência distendida, verificaram que a organização estrutural destes não ocorreram de forma homogênea, havendo diferenças na estrutura das comunidades, sendo causada segundo os autores, pela heterogeneidade associada a diferentes históricos de perturbação.

6. CONCLUSÕES

Por meio da amostragem sistemática da vegetação em estudo foi possível atingir a suficiência amostral para as variáveis, área basal e densidade, considerando um erro admissível de 20% a um nível de 95% de probabilidade de confiança.

As espécies mais importantes da comunidade, ou seja, aquelas que caracterizam a estrutura da floresta analisada foram: *Araucaria angustifolia*, *Ocotea odorifera*, *Ilex paraguariensis*, *Ocotea porosa*, *Nectandra grandiflora*, *Coussarea contracta*, *Cedrela fissilis*, *Casearia decandra*, *Nectandra megapotamica* e *Ocotea puberula*. Dentre as espécies mais importantes, a *Araucaria angustifolia* e *Ocotea porosa* apresentaram um IVI altamente influenciado pela dominância, ao passo que *Ocotea odorifera* e *Ilex paraguariensis* possuem IVIs elevados fundamentados em altos valores de Densidade e Frequência.

Para as famílias botânicas, as mais importantes baseadas no valor de IVI, foram Lauraceae, Araucariaceae, Aquifoliaceae, Myrtaceae e Salicacea. As que apresentaram maiores riquezas foram Myrtaceae, Lauraceae e Salicaceae.

Por meio da análise de agrupamentos definiram-se quatro grupos florísticos, os quais refletiram as variações na composição e estrutura da vegetação. Para todos os agrupamentos houve uma forte associação entre *Araucaria angustifolia* e espécies da família Lauraceae.

Corroborando com a análise de classificação, a análise de ordenação indicou variações florísticas e estruturais na vegetação, representadas pelos elevados comprimentos dos gradientes. No entanto, estas variações não puderam ser atribuídas às variáveis ambientais preditoras avaliadas.

Também foi verificado influência de variações na estrutura e composição da vegetação por meio de variáveis estruturadas no espaço, as quais representam variáveis não mensuradas nesta pesquisa. Supõe-se que estas variáveis sejam atribuídas, principalmente, ao efeito estruturante da dinâmica espacial da comunidade, incluindo mecanismos ecológicos como a direção de dispersão dos propágulos.

7. RECOMENDAÇÕES

Dentre as espécies amostradas, cinco constam na Lista Oficial das Espécies Ameaçadas de Extinção (MMA, 2014), sendo a *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucária), *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer (Sassafrás), *Ocotea porosa* (Nees & Mart.) Barroso (Imbuia) incluídas na categoria "em perigo" e *Cedrela fissilis* Vell. (Cedro) e *Rudgea jasminoides* (Cham.) Müll. Arg. (Véu-de-noiva) consideradas "vulneráveis". Embora a espécie *Dicksonia sellowiana* Hook (Xaxim-verdadeiro) não tenha sido considerada no presente estudo, esta foi observada em campo e encontra-se na categoria "em perigo". Diante disso, ressaltasse a importância de Unidades de Conservação, prioritariamente a existência da Zona Primitiva em um FLONA, na preservação de espécies consideradas ameaçadas.

8. REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais quaternários. In: **Paleoclimas**, São Paulo, IG-USP, nº 3, p. 1-19, 1977.

AB'SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M. de; SPAROVEK, G. Köppen´s climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, vol. 22, nº. 6, p. 711–728, 2013.

AMARAL, S. E. do. **Geologia e petrologia da formação Irati (Permiano) no Estado de São Paulo**. Bol. IGA: vol. 2, p. 03-81, 1971.

APG III - The Angiosperm Phylogeny Group III. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the ordens and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.161, p. 105-121, 2009.

ASSIS, M. C.; IVANAUSKAS, N. M. Formações Florestais Brasileiras. In: MARTINS, S. V. (Editor) 2.ed. **Ecologia de florestas tropicais do Brasil**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 371 p., 2012.

AUGUSTYNCZIK, A. L. D. **Avaliação do Tamanho de Parcelas e Intensidades de Amostragem para a Estima de Estoque e Estrutura Horizontal em um Fragmento de Floresta Ombrófila Mista**. Curitiba.165f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

BACKES, P.; IRGANG, B. ***Árvores do sul:*** **guia de identificação & interesse ecológico**. Santa Maria: Palloti, 326 p., 2002.

BEHLING, H. South and southeast Brazilian grasslands during Late Quaternary times: a synthesis. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecolgy**, v. 177, p. 19-27, 2002.

BITENCOURT, A. L. V.; KRAUSPENHAR, P. M. Possible prehistoric anthropogenic effect on *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze expansion during the late Holocene. **Revista Brasileira de Paleontologia** 9 (1), p. 15-26, jan./abr., 2006.

BLANCHET, F.G., LEGENDRE, P. & BORCARD, D. Forward selection of explanatory variables. **Ecology 89**: 2623-2632, 2008.

BORCARD, D.; GILLET, F.; LEGENDRE, P. **Numerical Ecology with R**. New York: Dordrecht London Heidelberg, 306 p., 2011.

BOGNOLA, I. A.; FASOLO, P. J.; CARVALHO, A. P.; POTTER, R. O.; BHERING, S. B. **Levantamento de reconhecimento dos solos da região centro-leste do Estado do Paraná (área 10)**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 110 p., 2002.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos.** Trad. Antônio B.; Neiva Figueiredo F. 7ª Ed. Rio de Janeiro: Freitas bastos, 898 p., 1989.

BRASIL, Lei nº 9985. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC)**. Brasília: 2000.

CAIN, S. A.; CASTRO, G. M. O. **Manual of vegetation analysis**. New York, Harper & Brothers. 1959.

CAMARGO, J. B. **Geografia física, Humana e Econômica**. 2º Ed. Editora Clichetec, Maringá, 207 p., 1998.

CARVALHO, P. E. R. Levantamento Florístico da Região de Irati-PR (primeira aproximação). EMBRAPA/CNPF **Circular Técnica, n. 3**, p. 1-44, 1980.

CORLETT, R. T. Tropical secondary forest. **Progress in Physical Geography**, v. 19, nº2, p.159-172, 1995.

COTTENIE, K. Integrating environmental and spatial processes in ecological community dynamics. **Ecology Letters 8**: 1175-1182. 2005.

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

CUBAS, R. **Florística, estrutura e dinâmica em uma Floresta Ombrófila Mista no norte do Estado de Santa Catarina**. 133f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, 2011.

DALMASO, C. A.; INOUE, M. T.; OLIVEIRA FILHO, P. C.; MARCELINO, V. R. Padrões espaciais na regeneração de *Ocotea odorifera* na Floresta Nacional de Irati, PR. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 43, n.2, p. 301 – 312, abr./jun. 2013.

DRAY, S.; LEGENDRE, P.; PERES-NETO, P.R. Spatial modelling: a comprehensive framework for principal coordinate analysis of neighbour matrices (PCNM). **Ecological Modelling 196**: 483-493, 2006.

DURIGAN, M. E. **Florística, dinâmica e análise proteica de uma Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo – PR**. 138f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasília, 353 p., 2013.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa - CNPS, 212 p., 1997.

FELFILI, J. M.; REZENDE, R. P. **Conceitos e métodos em fitossociologia**. Brasília: Ed. UNB, 68p., 2003.

FELFILI, J. M.; CARVALHO, F. A.; LIBANO, A. M.; VENTUROLI, F.; PEREIRA, B. A. S. da. **Análise multivariada em estudos de vegetação**. Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, Comunicações técnicas florestais. v. 9, n. 1. 60p., 2007.

FELFILI, J. M.; CARVALHO, F. A.; LIBANO, A. M.; VENTUROLI, F.; PEREIRA, B. A. S.; MACHADO, E. L. M. Análise Multivariada: princípios e métodos em estudos de vegetação. In: FELFILI, M. J. *et al*. Org. **Fitossociologia no Brasil: Métodos e estudos de casos**. Viçosa: Editora UFV, p. 123 – 155, 2011.

FERREIRA, D. F. **Estatística Multivariada**. Lavras, MG: Editora UFLA. 662p. 2008.

FIGUEIREDO FILHO, A.; DIAS, A. N.; WATZLAWICK, L. F. **Inventário das florestas naturais na Floresta Nacional de Irati, Estado do Paraná.** Irati, PR, 188p., 2006.

FIGUEIREDO FILHO, A. **Relatório técnico: Comparação da dinâmica de uma Floresta Ombrófila Mista e uma vegetação arbórea estabelecida sob um plantio de** *Araucaria angustifolia* **no Centro Sul do estado do Paraná.** 36 p., 2011. Não publicado.

FIGUEIREDO FILHO, A.; DIAS, A. N.; STEPKA, T. F.; SAWCZUK, A. R. Crescimento, Mortalidade, Ingresso e Distribuição Diamétrica em Floresta Ombrófila Mista. **Floresta**, Curitiba, v. 40, nº 4, p. 763-776, 2010.

GALVÃO, F.; AUGUSTIN, C. A ciência a serviço da sustentabilidade ambiental - As unidades fitoambientais como alternativa aos impasses do novo código florestal. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 41, nº 3, p. 667-678, jul./set., 2011.

GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; RODERJAN, C. V. Levantamento fitossociológico das principais associações arbóreas da Floresta Nacional de Irati - PR. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 19, n. 1 e 2, p. 30-49, 1989.

GAUCH-JUNIOR, H. G. **Multivariate Analysis in Community Ecology**. Cambridge University Press, Cambridge, 298 p., 1982.

GROMBONE, M.T.; BERNACCI, L. C.; MEIRA NETO, J. A. A.; TAMASHIRO, J. Y.; LEITÃO FILHO, H. de F. Estrutura fitossociológica da floresta semidecídua de altitude do Parque Nacional da Grota Funda (Atibaia - Estado de São Paulo). **Acta Bot. Bras.**, São Paulo, vol. 4, nº 2, p. 47 – 64, 1990.

HAIR, J. F.; BLACK, B.; BABIN, B. ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise Multivariada de Dados**. 6ª Ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 687p., 2009.

HERRERA, H. R.; ROSOT, N. C.; ROSOT, M. A. D.; OLIVEIRA, Y. M. de M. Análise florística e fitossociológica do componente arbóreo da Floresta Ombrófila Mista presente na reserva florestal. **Floresta**, Curitiba, v. 39, p. 485- 500, 2009.

HILL, M. O.; GAUCH, H. G. Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique. **Vegetation**, vol. 42, p. 47-58, 1980.

HUECK, K. **As florestas da América do Sul: ecologia, composição e importância econômica**. São Paulo: Polígono, Ed. Universidade de Brasília, 1972.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR. **Cartas climáticas do Paraná**. Disponível em: < http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597>. Acesso em: 18 jul. 2016.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Histórico**. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/acesso-a-informacao/historico>. Acesso em: 01 dez. 2015.

IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2ª ed. n. 1, 271 p., 2012.

ICMBio. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Plano de manejo da Floresta Nacional de Irati**. Fernandes Pinheiro: ICMBio, 2013.

INDA JUNIOR, A. V.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C. Composição da fase sólida mineral do solo. In: MEURER, E. J. (ed). **Fundamentos de química do solo**. 3ª Ed. Porto Alegre: Evangraf, p. 3-53, 2006.

ISERNHAGEN, I. **Fitossociologia Florestal no Paraná: Listagem Bibliográfica Comentada**. 175f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

IPEF – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. **Identificação de Espécies Florestais**. Disponível em: <http://www.ipef.br/identificacao/mimosa.scabrella.asp>. Acesso em: 21 mar. 2016.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B. **Dinâmica de populações de espécies arbóreas: implicações para o manejo e a conservação**. Aciesp, São Paulo, v.2, 1994 p.1-9.

KÄMPF, N.; CURI, N. Formação e evolução do solo (pedogênese). In: KER, J.C.; CURI, N.; SCHAEFER, C.E.G.R.; VIDAL-TORRADO, P. (Eds.). **Pedologia: fundamentos.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012. p. 207-302.

KANIESKI, M. R. **Caracterização florística, diversidade e correlação ambiental na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS**. 101f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

KELTJENS, W. G. Plant adaptation and tolerance to acid soils; its possible Al avoidance – A review**.** In: **Plant-Soil Interactions at low pH: Sustainable Agriculture and Forestry Production**. Belo Horizonte: Brazilian Soil Science Society, 1997, p.109 – 117.

KENT, M.; COKER, P. Vegetation description and analysis: a practical approach. London: Blackwell, 1992.

KERSTEN, R. A.; GALVÃO, F.; LOPES, O. F. **A formação das paisagens paranaenses**. Curitiba: Editado pelos autores, 12 p., 2008.

KLEIN, R. M. O aspecto dinâmico do pinheiro brasileiro. A *Araucaria angustifolia* (Pinheiro), como espécie pioneira no atual ciclo climático. **Sellowia**, Itajaí, n. 12, p. 17 - 51, 1960.

KLEIN, R. M.; HATSCHBACH, G. Fitofisionomia e notas sobre a vegetação para acompanhar a planta fitogeográfica do município de Curitiba e arredores (PR). **Boletim da Universidade do Paraná**. **Geografia Física**, vol. 4, p. 1 - 29, 1962.

KLEIN, R. M. Importância sociológica das mirtáceas nas florestas rio-grandenses. In: **Anais do XXXIV Congresso Nacional de Botânica**. Porto Alegre, p. 367-375, 1984.

LEGENDRE, P.; GALLAGHER, E.D. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. **Oecologia 129**: 271-280, 2001.

LEGENDRE, P.; MI, X.; REN, H.; MA, K.; YU, M.; SUN, I. F.; HE, F. Partitioning beta diversity in a subtropical broad-leaved forest of China. **Ecology 90**: p. 663-674, 2009.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical ecology**. Amsterdam: Elsevier, 853 p., 2012.

LEGENDRE, P.; GAUTHIER, O. Statistical methods for temporal and space-time analysis of community data. **Proc Biol Sci**. Royal Society, v. 281 (1778). 2014.

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

LEITE, P. F. **As diferentes unidades fitoecológicas da Região Sul do Brasil. Proposta de classificação**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 160 p., 1994.

LEPSCH, I. F. **19 lições de pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 456 p., 2011.

LEWIS, R.J.; PAKEMAN, R.J.; MARRS, R.H. Identifying the multi-scale spatial structure of plant community determinants of an important national resource. **Journal of Vegetation Science 25**: 184-197. 2014.

LONGHI, S. J. **Agrupamento e análise fitossociológica de comunidades florestais na sub-bacia hidrográfica do Rio Passo Fundo-RS**. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. 198 p., 1997.

LUCHESE, E. B.; FAVERO, L. O. B.; LENZI, E. **Fundamentos da química do solo: teoria e prática**. 2ª Ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 182 p., 2002.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 3ª Ed. Curitiba: Imprensa Oficial, 440 p., 2002.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. M. Roesner, Curitiba, 350 p., 1968.

MAÇANEIRO, J. P. **Variações florísticas e estruturais e suas correlações com variáveis ambientais e espaciais em um remanescente de Floresta Atlântica**

Subtropical. 2015. 73f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Regional de Blumenau - FURB. Blumenau, 2015.

MACHADO, E.L.M., OLIVEIRA-FILHO, A.T., VAN DEN BERG, E., CARVALHO, W.A.C., SOUZA, J.S., MARQUES, J.J.G.S.M. & CALEGÁRIO, N. Efeitos do substrato, bordas e proximidade espacial na estrutura da comunidade arbórea de um fragmento florestal em Lavras, MG. **Revista Brasileira de Botânica 31**: 287-302. 2008.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 251 p., 1980.

MARCON, A. K.; SILVA, A. C.; HIGUCHI, P.; FERREIRA, T. S.; MISSIO, F. F.; SALAMI, B.; ROSA, A. D.; NEGRINI, M.; BENTO, M. A.; JÚNIOR, F. B. Variações florístico-estrutural em resposta à heterogeneidade ambiental em uma floresta nebular em Urubici, Planalto Catarinense. **Sci. For.**, Piracicaba, v. 42, n. 103, p. 439-450, set., 2014.

MARTINS, R.; MORO, M. F. Métodos de Levantamento do Componente Arbóreo-arbustivo. In: FELFILI, M. J. *et al*. Organizadora. **Fitossociologia no Brasil: Métodos e estudos de casos.** Viçosa: Editora UFV, p. 175-212, 2011.

MARTINS, F. R. Fitossociologia de florestas no Brasil: um histórico bibliográfico. **Pesquisas - série Botânica**, São Leopoldo, nº 40, p. 103-164, 1989.

MARTINS, R. **Livro das árvores do Paraná**. Curitiba: Empresa Gráfica Paranaense, 274 p., 1944.

MATTEUCCI, S. C.; COLMA, A. **Metodologia para el estudio de la vegetacion**. Washington: Secretaria General de la Organizción de los Estados Americanos - Programa Regional de Desarrolo Científico y Tecnológico, 169 p., 1982.

MAZZA, C. A. S. **Caracterização ambiental da paisagem da Microregião Colonial de Irati e zoneamento ambiental da Floresta Nacional de Irati, PR**. 147f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

McCUNE, B.; GRACE, J.B. **Analysis of ecological communities**. MjM, Gleneden Beach, 304 p., 2002.

McCUNE, B.; MEFFORD, M. J. **PC-ORD, Multivariate analysis of ecological data**, **Version 6**. MjM Software Design. Gleneden Beach. Oregon. USA. 2011.

MÉLO, M.A., BUDKE, J.C.; HENKE-OLIVEIRA, C. Relationships between structure of the tree component and environmental variables in a subtropical seasonal forest in the upper Uruguay River valley, Brazil. **Acta Botanica Brasilica 27**: 751-760. 2013.

MELLO, M. A. R. de. **Distribuição espacial de plantas em florestas Neotropicais.** 15 f. Monografia (Disciplina: Ecologia de Populações de Plantas - NT238) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

MINEROPAR. Minerais do Paraná. **Atlas Geológico do Paraná. Mineralogia do Paraná**. Curitiba: Mineropar, CD-ROM, 2001.

MINEROPAR, 2016. **Mapas geológicos para download**. Disponível em: <http://www.mineropar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=154>. Acesso: mai. 2016.

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

MMA. **Mata atlântica: manual de adequação ambiental**. Brasília, DF. SBF, 96p., 2010.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Portaria nº 443, de 17 de dezembro de 2014**. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/documentos/lista-de-especies-ameacadas-de-extincao>. Acesso em: 26 nov. 2015.

MOREL, J. D.; SANTOS, R. M.; FONTES, M. A. L.; GARCIA, P. O.; SOUZA, F. M. de. Floristic comparison between two tree communities associated with habitat descriptor variables. **Cerne**, v. 21, n. 4, p. 601-616, 2015.

MORO, M. F.; MARTINS, F. R. Métodos de Levantamento do Componente Arbóreo-Arbustivo. In: FELFILI, M. J. *et al*. Org. **Fitossociologia no Brasil: Métodos e estudos de casos**. Viçosa: Editora UFV, p. 174 – 212, 2011.

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

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**, vol. 11, nº 1, p. 105-119, 2001.

NEGRINI, M.; HIGUCHI, P.; SILVA, A. C.; SPIAZZI, F. R.; JUNIOR, F. B.; VEFAGO, M. B. Heterogeneidade florístico-estrutural do componente arbóreo em um sistema de fragmentos florestais no Planalto sul catarinense. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 38, n. 5, p 779-786, 2014.

PÉLLICO NETO, S.; BRENA, D. A. **Inventário florestal**. Curitiba, PR: Ed. Autores, 316 p., 1997.

PÉLLICO NETO, S.; FABROWSKI, F. J.; WEBER, S. H. Análise da estrutura diamétrica do Sassafrás (Ocotea odorifera (Vell.) Rohwer) em fragmentos florestais no município de Fazenda Rio Grande, Paraná. **Ambiência**, Guarapuava, v. 3, nº 2, p. 167 - 181, 2007.

PENÃ-CLAROS, M.; POORTER, L.; ALARCÓN, A.; BLATE, G.; CHOQUE, U.; FREDERICKSEN, T.S.; JUSTINIANO, M.J.; LEAÑO, C.; LICONA, J.C.; PARIONA, W.; PUTZ, F.E.; QUEVEDO, L.; TOLEDO, M. Soil effects on forest structure and diversity in a moist and a dry Tropical Forest. **Biotropica 44**: 276-283. 2012.

PERES-NETO, P.R. A unified strategy for estimating and controlling spatial, temporal and phylogenetic autocorrelation in ecological models. **Oecologia Brasiliensis 10**: 105-119. 2006.

PESCK, V. A. **Classificação orientada ao objeto de imagem Quickbird-2 para a identificação da Araucária**. 76f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, 2011.

PILLAR, V. D. 1994. **Dinâmica temporal da vegetação**. UFRGS, Departamento de Botânica. Disponível em: <http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br>. Acesso: mar. 2016.

PIZATTO, W. **Avaliação biométrica da estrutura e da dinâmica de uma Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo - PR: 1995 a 1998**. 172 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) **–** Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

POLLACK, H. **Um mundo sem gelo**. São Paulo, SP: Rosari, 256 p., 2011.

POTTKER, G. S. **Distribuição espacial de espécies da Floresta Ombrófila Mista na FLONA de Irati, Paraná**. 96f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, 2012.

PROBIO. Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira. **Subprojeto conservação do bioma Floresta com Araucária:** relatório final. Curitiba: FUPEF, 2v. (CD), 2001.

QUINN, G.P.; KEOUGH, M.J. **Experimental Design and Data Analysis for Biologists**. Press, Cambridge University, Cambridge, 537 p., 2002.

R Core Team. 2015. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>.

REITZ, R.; KLEIN, R. M. Araucariaceae. In: REITZ, R. (Ed.). **Flora Ilustrada Catarinense**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, p. 1-65, 1966.

REITZ, R. **Projeto madeira do Rio Grande do Sul: estudo da matéria prima: levantamento das espécies florestais nativas com possibilidades de incremento e desenvolvimento**. Porto Alegre: Sudesul, 525 p., 1988.

RESSEL, K.; GUILHERME, F. A. G.; SCHIAVINI, I.; OLIVEIRA, P. E. Morfologia morfofuncional de plântulas de espécies arbóreas da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, Minas Gerais. **Revista Brasil**. **Bot**., vol. 27, nº 2, p. 311-323, abr.-jun. 2004.

RIBEIRO, S. B. **Classificação e ordenação da comunidade arbórea da Floresta Ombrófila Mista da FLONA de São Francisco de Paula, RS**. 181f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

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. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 159 p., 2008.

RODE, R.; FIGUEIREDO, A. F.; 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.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. G. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná. **Ciência & Ambiente**, vol. 24, nº 1, p. 75-92, jan./jun. 2002.

RODRIGUES, A. L. **Dinâmica e correlações ambientais em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista Aluvial em Guarapuava, PR**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Centro Oeste, Irati, PR. 118f. 2012.

ROIK, M. **Dinâmica (2002-2011) e modelagem do incremento diamétrico em fragmento de Floresta Ombrófila Mista na Floresta Nacional de Irati, Paraná**. 141f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, 2012.

RORATO, D. G.; ARAUJO, M. M.; TABALDI, L. A.; TONETTO, T. S.; ROVEDDER, A. P. M.; DUTRA, A. F. Influência dos fatores ambientais no componente arbóreo de fragmentos florestais em São Francisco de Paula – Rio Grande do Sul. **Cerne**. V. 21, n. 4, p. 561-568. 2015.

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C.; SHIMIZU, S.H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Viçosa: SBCS, 2005.

SANTOS, S. C.; BUDKE, J. C.; MULLER, A. Regeneração de espécies arbóreas sob a influência de *Merostachys multiramea* Hack. (Poaceae) em uma floresta subtropical. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, v. 26, n. 1, p. 218-229, jan./mar., 2012.

SCHAEFER, C. E. G. R., MENDONÇA, B. A. F., JÚNIOR, W. G. F., VALENTE, E. L., CORRÊA, G. R. Relações Solo-Vegetação em Alguns Ambientes brasileiros: Fatores Edáficos e Florística. In: Sebastião Venâncio Martins. **Ecologia de Florestas Tropicais do Brasil**. Viçosa, MG, Editora UFV, p. 143-144, 2009.

SHEPHERD, G.J. FITOPAC 1. **Manual de usuário**. Departamento de Botânica, UNICAMP, 1995.

SHEPHERD, G.J. **FITOPAC 2.1**. Departamento de Botânica, Universidade Estadual de Campinas, 2010.

SONEGO, R.C.; BACKES, A.; SOUZA, A.F. Descrição da estrutura de uma Floresta Ombrófila Mista, RS, Brasil, utilizando estimadores não-paramétricos de riqueza e rarefação de amostras. **Acta bot. bras**. Feira de Santana, v. 21, nº 4, p. 943-955, 2007.

SOUZA, A. L. **Manejo de florestas inequiâneas**. Viçosa, MG: UFV, 1997.

TER BRAAK, C. J. F. The analysys of vegetation enviroment relationships by canonical correspondesse analysis. **Vegetatio**, The Hage, v. 69, n. 3, p. 69-77, 1987.

TROEH, F. R., THOMPSON, L. M. Solos e fertilidade do solo. 6.ed. São Paulo: Andrei, 2007.

THUILLER, W. On the importance of edaphic variables to predict plant species distributions – limits and prospects. **Journal of Vegetation Science**, (24), p. 591-592, 2013.

VALENTIN, J. L. **Ecologia Numérica. Uma introdução à analise multivariada de dados ecológicos**. 2. ed. Interciência, Rio de Janeiro, 153 p., 2012.

VALÉRIO, A.F.; WATZLAWICK, L.F.; SAUERESSING, D.; PUTON, V.; PIMENTEL, A. Análise da composição florística e da estrutura horizontal de uma Floresta Ombrófila Mista Montana, município de Irati, PR – Brasil. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, vol. 6, nº 2, p. 137-147, abr./jun. 2008.

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, 123 p., 1991.

ZAR, J.H. **Biostatistical Analysis**. New Jersey: Upper Saddle River, 2010.

WATZLAWICK, L. F.; SANQUETTA, C. R.; VALÉRIO, A. F.; SILVESTRE, R.; Caracterização da Composição Florística e Estrutura de uma Floresta Ombrófila Mista, no Município de General Carneiro - PR. **Ambiência**, Guarapuava, PR, vol. 1, nº 2, p. 229-237, 2005.