

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE, UNICENTRO-PR

**DINÂMICA E CORRELAÇÕES AMBIENTAIS EM UM
REMANESCENTE DE FLORESTA OMBRÓFILA
MISTA ALUVIAL EM GUARAPUAVA, PR**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

AURÉLIO LOURENÇO RODRIGUES

IRATI, PR

2012

AURÉLIO LOURENÇO RODRIGUES

**DINÂMICA E CORRELAÇÕES AMBIENTAIS EM UM REMANESCENTE DE
FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL EM GUARAPUAVA, PR**

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.

Prof. Dr. Luciano Farinha Watzlawick

Orientador

Prof. Dr. André Felipe Hess

Co-orientador

IRATI, PR

2012

Catálogo na Fonte
Biblioteca da UNICENTRO

R696d RODRIGUES, Aurélio Lourenço.
Dinâmica e correlações ambientais em um remanescente de
Floresta Ombrófila Mista Aluvial em Guarapuava, PR. / Aurélio
Lourenço Rodrigues. – Irati, PR : UNICENTRO, 2012.

119f
ISBN

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Centro-
Oeste, PR. Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais,
área de concentração em Manejo Florestal.
Orientador: Prof Dr. Luciano Farinha Watzlawick
Coorientador: Prof. Dr. André Felipe Hess

1. Engenharia Florestal – dissertação. 2. Araucária. 3. Gradiente
ambiental. I. Watzlawick, Luciano Farinha. II. Hess, André Felipe.
III. Título.

CDD 20ª ed. 634.9751



Universidade Estadual do Centro-Oeste

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

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

PARECER

Defesa Nº 28

A Banca Examinadora instituída pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Florestais, do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais, da Universidade Estadual do Centro-Oeste, Câmpus de Irati, após arguir o mestrando **Aurélio Lourenço Rodrigues** em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado "DINÂMICA E CORRELAÇÕES AMBIENTAIS EM UM REMANESCENTE DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL EM GUARAPUAVA, PR", é de parecer favorável à APROVAÇÃO do estudante, habilitando-o ao título de **Mestre em Ciências Florestais**, Área de Concentração em Manejo Sustentável de Recursos Florestais.

Irati-PR, 10 de fevereiro de 2012.

Dr. Carlos Roberto Sanquetta
Universidade Federal do Paraná
Primeiro Examinador

Dr. André Felipe Hess
Universidade do Estado de Santa Catarina
Segundo Examinador

Dr. Luciano Farinha Watzlawick
Universidade Estadual do Centro-Oeste
Orientador e Presidente da Banca Examinadora

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

Campus Santa Cruz: Rua Pres. Zacarias 875 – Cx. Postal 3010 – Fone: (42) 3621-1000 – FAX: (42) 3621-1090 – CEP 85.015-430 – GUARAPUAVA – PR
Campus CEDETEG: Rua Simeão Camargo Varela de Sá, 03 – Fone/FAX: (42) 3629-8100 – CEP 85.040-080 – GUARAPUAVA – PR
Campus de Irati: PR 153 – Km 07 – Riozinho – Cx. Postal. 21 – Fone: (42) 3421-3000 – FAX: (42) 3421-3067 – CEP 84.500-000 – IRATI – PR

À minha amada família, de sangue e de afeto.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo cuidado e pela força.

Ao Prof. Dr. Luciano Farinha Watzlawick pela orientação, amizade, confiança e por compartilhar abertamente seus conhecimentos.

Ao co-orientador Prof. Dr. André Felipe Hess e a Prof. Dr^a. Aline Genú pelas correções e comentários valiosos.

À UNICENTRO e ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais pela oportunidade da realização do mestrado.

À minha família pela confiança e apoio incondicional.

A todos os colegas de curso, pela amizade, cumplicidade e auxílio.

Aos colegas da Iniciação Científica pelo auxílio nas atividades de campo.

Ao Dhyone Schinemann pelo companheirismo, amizade e incentivo.

À CAPES pelo apoio financeiro.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram com o desenvolvimento deste trabalho.

MUITO OBRIGADO!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT	v
1. ASPECTOS GERAIS DA PESQUISA.....	1
1.1. INTRODUÇÃO	1
1.2. REFERENCIAL TEÓRICO	3
1.2.1. Floresta Ombrófila Mista	3
1.2.1.1 Floresta Ombrófila Mista Aluvial.....	4
1.2.2. Florística e Fitossociologia Florestal.....	6
1.2.3. Dinâmica Florestal.....	7
1.2.3.1. Crescimento	7
1.2.3.2. Mortalidade.....	9
1.2.3.3. Recrutamento.....	10
1.2.4. Solos Florestais.....	11
1.2.4.1. Características Gerais	11
1.2.4.2. Ciclagem de Nutrientes	13
1.2.4.3. Elementos do Solo e Nutrição das Plantas	14
1.2.5. Análise Multivariada	16
1.2.5.1. Análise de Agrupamentos (<i>Cluster</i>).....	17
1.2.5.2. Análise dos Componentes Principais (PCA).....	18
1.2.5.3. Análise de Correspondência Canônica (CCA).....	19
1.3. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
1.3.1 Caracterização da Área de Estudo	21
1.3.1.1 Aspectos Geológicos	21
1.3.1.2. Clima	22
1.3.1.3. Solos	22
1.3.1.4. Vegetação	23
REFERÊNCIAS	25

2. DINÂMICA DA COMUNIDADE ARBÓREA DE UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL	34
RESUMO.....	34
ABSTRACT	35
2.1. INTRODUÇÃO	36
2.2. OBJETIVOS	37
2.2.1. Objetivo Geral	37
2.2.2. Objetivos Específicos	37
2.3. MATERIAL E MÉTODOS	38
2.3.1. Caracterização da Área	38
2.3.2. Amostragem da vegetação	38
2.3.3. Avaliação da Composição Florística e Fitosociológica	39
2.3.3.1. Índices de Diversidade.....	39
2.3.3.2. Densidade	41
2.3.3.3. Frequência	41
2.3.3.4. Dominância.....	42
2.3.3.5. Valor de Importância	42
2.3.3.6. Valor de Cobertura	42
2.3.4. Avaliação dos Processos Dinâmicos da Floresta.....	43
2.3.4.1. Mortalidade e Recrutamento	43
2.3.4.2. Crescimento	44
2.3.4.3. Distribuição diamétrica	45
2.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
2.4.1. Suficiência Amostral	46
2.4.2. Composição Florística	46
2.4.3. Dinâmica da Estrutura Horizontal	50
2.4.3.1. Distribuição Diamétrica.....	50
2.4.3.2. Evolução dos parâmetros fitossociológicos.....	51
2.4.4. Processos Dinâmicos da Floresta	60
2.4.4.1. Crescimento	60
2.4.4.2. Mortalidade e Recrutamento	67
2.5. CONCLUSÕES.....	73

REFERÊNCIAS	74
3. ANÁLISE MULTIVARIADA NO ESTUDO DE GRADIENTES AMBIENTAIS E VEGETACIONAIS EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL	78
RESUMO.....	78
ABSTRACT	79
3.1. INTRODUÇÃO	80
3.2. OBJETIVOS	82
3.2.1. Objetivo Geral	82
3.2.2 Objetivos Específicos	82
3.3. MATERIAL E MÉTODOS	83
3.3.1 Caracterização da Área de Estudo	83
3.3.2. Amostragem e Análise da Vegetação	83
3.3.3. Amostragem e Análise dos Solos	84
3.3.3.1. Análise Química e Granulométrica	84
3.3.3.2. Análise da Resistência à Penetração.....	85
3.3.4. Análise Multivariada dos Dados de Solo e Vegetação.....	86
3.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	88
3.4.1. Suficiência Amostral	88
3.4.2. Caracterização do Solo	88
3.4.3. Similaridade das unidades amostrais quanto às características do solo e da vegetação .	93
3.4.4. Análise dos Componentes Principais com base nas características edáficas e da vegetação	97
3.4.5. Interações Espécies-Ambiente com base na Análise de Correspondência Canônica...	105
3.5. CONCLUSÕES.....	112
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	113
REFERÊNCIAS	115

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização Geográfica do Município de Guarapuava.....	21
Figura 2: Vista aérea do campus CEDETEG - Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná – UNICENTRO, com destaque para o fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial ao centro da imagem.....	24
Figura 3: Remanescente de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, localizado nas dependências do Campus CEDETEG, da UNICENTRO, em Guarapuava, PR. Destaque para a localização das unidades amostrais permanentes instaladas em 2007.	39
Figura 4: Distribuição diamétrica de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial nos períodos de 2007 e 2011.....	50
Figura 5: Número de árvores mortas e recrutadas por classe diamétrica, no período de 2007-2011 em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapuava, PR.	72
Figura 6: Remanescente de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, localizado nas dependências do Campus CEDETEG, da UNICENTRO, em Guarapuava, PR. Destaque para a localização das unidades amostrais permanentes instaladas em 2007.	83
Figura 7: Esquema demonstrativo da coleta de solo e composição da amostra composta, a partir da tradagem de três pontos por subunidade para avaliação das características químicas e físicas do solo em um Fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapuava, PR.	84
Figura 8: Esquema demonstrativo da aferição da resistência à penetração do solo, a partir de cinco pontos por subunidade em um Fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapuava, PR.	85
Figura 9: Representação gráfica da resistência à penetração ao longo das transecções, partindo do rio até a borda da floresta, em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapuava, PR.	92
Figura 10: Similaridade conforme distância euclidiana quadrada, pelo método do “vizinho mais distante” entre as sub-parcelas de cada transecção, de acordo com características edáficas e da vegetação, em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapuava, PR.	93
Figura 11: Tendência decrescente dos teores de macronutrientes ao longo de um gradiente edáfico na transecção B, em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapuava, PR (valores relativizados).....	95
Figura 12: Tendência decrescente dos teores de macronutriente ao longo de um gradiente edáfico na transecção C, em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapuava, PR (valores relativizados).....	96

Figura 13: Análise gráfica dos Componentes Principais obtidos a partir de variáveis edáficas e da vegetação de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapua, PR.	100
Figura 14: Análise gráfica dos Componentes Principais para as subunidades em relação as características edáficas e da vegetação de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapua, PR.....	101
Figura 15: Comportamento das variáveis pH, Índice de Diversidade de Shannon e Área Basal ao longo de um gradiente edáfico (transecção B) em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapuava, PR (valores relativizados).	103
Figura 16: Comportamento das variáveis pH, Índice de Diversidade de Shannon e Área Basal ao longo de um gradiente edáfico (transecção C) em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapuava, PR (valores relativizados).	103
Figura 17: Representação gráfica da ordenação resultante da Análise de Correspondência Canônica, a partir dos dados de espécies e variáveis ambientais e de competição, em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapuava, PR.	108

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Espécies identificadas em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapuava, PR.....	46
Tabela 2: Estimativa dos parâmetros fitossociológicos de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial para o ano de 2007, no município de Guarapuava, PR.....	52
Tabela 3: Estimativa dos parâmetros fitossociológicos de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial para o ano de 2011, no município de Guarapuava, PR.....	54
Tabela 4: Relação de espécies e respectivos incrementos em área basal no período de 2007 a 2011, em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial em Guarapuava, PR.	61
Tabela 5: Relação de espécies e respectivos incrementos em diâmetro no período de 2007-2011 em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapuava, PR.	65
Tabela 6: Relação de espécies e respectivas taxas de ingresso e mortalidade, em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapuava, PR.	68
Tabela 7: Mortalidade e ingresso por classes diamétricas no período de 2007-2011, em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvia, Guarapuava, PR.	71
Tabela 8: Classificação da resistência do solo a penetração em três classes.....	86
Tabela 9: Parâmetros químicos e físico do solo (0-20 cm), e resistência à penetração (0-60 cm) em três transecções, em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapuava, PR.	89
Tabela 10: Autovalores e variância dos componentes principais resultantes das variáveis edáficas e da vegetação de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapuava, PR.	98
Tabela 11: Coeficientes de correlação entre as variáveis edáficas e de competição com os eixos de ordenação resultantes da CCA, em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapuava, PR.	107

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo caracterizar a composição florística e estrutura de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial no município de Guarapuava, PR; avaliar a dinâmica da floresta no período de 2007 e 2011; bem como analisar a influência de variáveis ambientais sobre a vegetação arbórea ao longo de um gradiente ambiental. Para as avaliações florísticas, fitossociológicas e de dinâmica da floresta foram utilizadas 6 unidades amostrais permanentes de 500 m², divididas em 30 subunidades de 100 m² cada, totalizando uma área amostral de 0,3 ha. As unidades foram instaladas em 2007 e as árvores com DAP \geq 5 cm foram medidas, identificadas e plaqueadas para as avaliações posteriores. Em 2011 as árvores tiveram o DAP remedido, sendo contabilizados a mortalidade e ingresso. Para o estudo das correlações entre variáveis ambientais e a vegetação foram empregados 3 transecções (A, B e C) ao longo de um gradiente ambiental. As transecções foram divididas em subunidades de 100 m² onde as árvores com DAP \geq 5 foram medidas, identificadas e plaqueadas. Amostras de solos foram coletadas em cada subunidade para as análises químicas e físicas e a compactação foi avaliada também em cada subunidade com o uso de penetrômetro digital. Ao todo foram observadas 44 espécies na área de estudo, com o Índice de Diversidade de Shannon variando entre 2,62 em 2007 e 2,67 em 2011. *Sebastiania commersoniana* foi apontada como a espécie mais representativa da comunidade arbórea, apresentando os maiores valores de Densidade, Dominância, Frequência e, conseqüentemente, de Valor de Importância em ambas as avaliações (22,20% e 22,72%, respectivamente), seguida por *Matayba elaeagnoides*, *Prunus myrtifolia* e *Ilex theezans*. A floresta apresentou incremento médio em área basal de 0,86 m².ha.ano⁻¹, e incremento diamétrico médio de 0,24 cm.ano⁻¹. A taxa de mortalidade média para a floresta foi superior à taxa de ingresso (3,77% ano⁻¹ e 2,88% ano⁻¹, respectivamente). Quanto à caracterização do solo da área de estudo, este apresentou de modo geral acidez elevada, alta concentração de Al³⁺, e baixa saturação por bases, caracterizando solos de baixa fertilidade. A análise granulométrica indicou a predominância da textura argilosa em todas as subunidades e a análise da compactação não demonstrou a existência de solos significativamente compactados. Evidenciou-se com base na análise de agrupamentos a existência de gradiente edáfico nas transecções B e C e a análise de componentes principais identificou as variáveis pH e Ca como as mais determinantes entre as variáveis analisadas. A análise de correspondência canônica evidenciou a ocorrência preferencial das espécies *Sebastiania commersoniana*, *Allophylus edulis* e a exótica *Ligustrum lucidum* em locais com maiores concentrações dos nutrientes Ca, Mg, e P, e em locais de maior competição, representada pela área basal. Por outro lado, as espécies *Prunus myrtifolia* e *Vitex megapotamica* apresentaram ocorrência preferencial em locais de menor pH e conseqüentemente, com maiores concentrações de Al³⁺, e solos mais compactados. Conclui-se que a baixa diversidade florística, grande predomínio de poucas espécies e desequilíbrio entre taxas de mortalidade e ingresso, como observados na área de estudo, podem ser conseqüência dos fatores ambientais limitantes em ambientes aluviais, e as questões relacionadas à drenagem do solo e nível do lençol freático podem ser mais restritivas ao estabelecimento e desenvolvimento de espécies arbóreas que as questões de fertilidade do solo.

Palavras-chave: Floresta com Araucária; mortalidade e ingresso; gradiente ambiental; análise multivariada.

ABSTRACT

The purpose of this study was to characterize the floristic composition and horizontal structure of an Alluvial Araucaria Forest remain, located in the Guarapuava Municipality, PR; to evaluate the forest dynamics during the period of 2007 to 2011; as well as to analyze the influence of environmental variables over the arboreal vegetation along an environmental gradient. The floristic, phytosociology and the forest dynamics were evaluated in 6 permanent sample plots with 500 m² divided into 30 subplots with 100 m² each, totaling 0.3 ha of sampled area. Plots were set in 2007 and trees with DBH \geq 5 were measured, identified and marked for the future evaluations. In 2011 trees were measured again and mortality and recruitment were counted. Studying the correlations between environmental variables and vegetation, were used 3 transects (A, B and C) along an environmental gradient. Transects were divided into 100 m² subplots, where trees with DBH \geq 5 were measured and identified. Soil samples were collected from each subplot for the chemical and physical analysis, and compaction were measured using a digital penetrometer. Forty-four species were identified in both evaluations and the Shannon Diversity Index ranged from 2.62 in 2007 to 2.67 in 2011. *Sebastiania commersoniana* was the most representative specie of the arboreal community, presenting the highest values for the Density, Dominance, Frequency parameters, and consequently, the Importance Value on both moments (22.20% and 22.72%, respectively), followed by *Matayba elaeagnoides*, *Prunus myrtifolia* e *Ilex theezans*. The forest presented an average basal area increment of 0.86 m².ha.year⁻¹ and average diameter increment of 0.24 cm.year⁻¹. Mortality rates were higher than the recruitment rates (3.77% year⁻¹ e 2.88% year⁻¹, respectively). The results of chemical soil analysis showed soils with high acidity, high Al⁺³ concentration and low bases saturation, indicating soils with low fertility. The physical analysis showed the predominance of clay texture in all the subplots and the compaction analysis did not show the presence of significantly compacted soils. According to the cluster analysis and edaphic gradient was evidenced on the transects B and C and the principal component analysis identified the pH and Ca as the most determinants among the variables. The canonical correspondence analysis evidenced the preferential occurrence of *Sebastiania commersoniana*, *Allophylus edulis* and the exotic specie *Ligustrum lucidum* at places with high Ca, Mg and P concentrations, and places with high basal area. Conversely, *Prunus myrtifolia* and *Vitex megapotamica* occurred preferentially at places with low pH and, consequently, high Al⁺³ concentrations, and more compacted soils. As conclusions, the low floristic diversity of the forest, high predominance of few species and instability between the mortality and recruitment rates, as observed at the study area, might be consequence of the constraining environmental factors taking place on alluvial forests. The establishment and development of the arboreal species is more related to the soil drainage and groundwater level than the soil fertility.

Key-words: Araucaria Forest; mortality and recruitment; environmental gradient; multivariate analysis.

1. ASPECTOS GERAIS DA PESQUISA

1.1. INTRODUÇÃO

Florestas aluviais são componentes essenciais da diversidade e funcionalidade tanto de ecossistemas terrestres quanto aquáticos. Estas florestas geralmente incluem uma alta variedade de substratos, devido aos diversos e constantes processos geomorfológicos e outros distúrbios. Em razão de tais eventos estes ecossistemas tendem a apresentar diferenças na composição florística e estrutural quando comparadas com outras formações (GREGORY et al., 1991).

Os mecanismos de estabelecimento e riqueza de espécies em florestas é um dos assuntos principais no estudo de comunidades de plantas, e tem permitido ao longo do tempo a compreensão das características de comunidades arbóreas ao longo de ambientes distintos. Considerando as florestas aluviais, onde os distúrbios provocam grande variabilidade ambiental ao longo do tempo, o estudo da dinâmica de tais florestas, avaliando aspectos da mortalidade, capacidade de regeneração e desenvolvimento, associados às instabilidades do habitat, são de fundamental importância.

Estes estudos de dinâmica em florestas são fundamentados nos processos de crescimento, ingresso e morte das árvores, que dentre outros fatores, estão associados às características do ambiente. As estimativas dos parâmetros da dinâmica florestal são obtidas, principalmente, a partir do inventário florestal contínuo, com base em parcelas permanentes, que são monitoradas a médio e longo prazo. Portanto, estudos da dinâmica podem possibilitar o entendimento dos processos por meio dos quais ocorrem as mudanças, em níveis de espécies e para a floresta como um todo (FIGUEIREDO FILHO et al., 2010).

Florestas aluviais são consideradas Áreas de Preservação Permanente, e a sua proteção é fundamentada legalmente, como previsto na lei 4.771/65, que considera tais áreas importantes na preservação dos recursos hídricos, da paisagem, estabilidade geológica, biodiversidade, fluxo gênico de fauna e flora, proteção do solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

A análise conjunta dos aspectos vegetacionais e ambientais assumem, portanto, especial importância no estudo das comunidades arbóreas, permitindo a adoção de práticas adequadas visando o manejo e conservação destes ambientes. Sendo assim, o presente

trabalho visa fornecer informações a respeito da composição florística, estrutura horizontal e dinâmica da comunidade arbórea de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, bem como analisar as relações existentes entre a vegetação e as variáveis ambientais.

1.2. REFERENCIAL TEÓRICO

1.2.1. Floresta Ombrófila Mista

A Floresta Ombrófila Mista (FOM), também conhecida como mata-de-araucária, consiste na tipologia vegetal predominante no Planalto Sul do Brasil, sendo essa região considerada como o local de ocorrência do “clímax climático” dessa floresta. Essa formação é caracterizada florísticamente pela predominância de gêneros primitivos de *Drymis* e *Araucaria*, de origem australásica, e do gênero *Podocarpus*, de origem afroasiática (IBGE, 1992). O conceito de Floresta Ombrófila Mista origina-se da ocorrência desta mistura de floras de diferentes origens, definindo padrões fitofisionômicos típicos em zona climática pluvial. A área onde a coexistência de representantes da flora tropical (afro-brasileira) e temperada (austro-brasileira), com o predomínio fisionômico de Coniferales e Laurales, corresponde ao Planalto Meridional Brasileiro, área de dispersão natural da Araucária (LEITE e KLEIN, 1990).

A Floresta Ombrófila Mista destaca-se por constituir uma formação florestal de grande potencial cênico, com predominância da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, espécie que ocorre com elevada frequência e com indivíduos de grande porte e de madeira de boa qualidade, o que tornou a araucária alvo de intensa exploração madeireira, reduzindo drasticamente sua área de ocorrência natural (MEDEIROS et al., 2005).

Segundo Rambo (1956), a distribuição natural da Araucária ocorre exclusivamente em altitudes entre 500 m a pouco mais de 1000 m, ocorrendo em altitudes inferiores com raridade, em manchas ocasionais. Altitudes variando entre 500 e 800 m enquadram-se na formação Montana, regiões que se caracterizam fisicamente por um clima sem época seca, porém com um período frio curto ou ausente e período quente longo. Por outro lado, as altitudes superiores aos 800 m, são consideradas como áreas mais típicas e representativas da Floresta Ombrófila Mista, visto que o seu clima é mais frio e com maiores índices de geadas. Caracteriza-se também pela ausência de período seco e ocorrência de longo período frio, com período quente curto ou ausente.

No Brasil, a Floresta Ombrófila Mista ocupava originalmente uma área de aproximadamente 200.000 km². Desse total, 40% ocorria no estado do Paraná, 31% em Santa Catarina, 25% no Rio Grande do Sul, com 3% em manchas isoladas nas partes mais

elevadas do sul de São Paulo e 1% em Minas Gerais e Rio de Janeiro (CARVALHO, 2003).

Conforme Klein (1960), a ocorrência desta formação florestal se dá em agrupamentos densos, sobretudo nas partes leste e central do Planalto sul do Brasil, também ocorrendo como ilhas esparsas ao sul do estado de São Paulo e ainda na província de Misiones na Argentina. A *Araucaria angustifolia* e refúgios da FOM tem seu limite norte na serra do Caparaó, entre os limites dos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo, provavelmente remanescentes de uma cobertura maior desta floresta em períodos climáticos favoráveis do Quaternário (IBGE, 1992).

A FOM assemelha-se às demais florestas do Brasil por apresentar dossel bastante elevado, diferenciando-se basicamente pela presença da *Araucaria angustifolia*, que é a maior das árvores do sul do Brasil, associada a espécies que ocupam o estrato inferior da floresta como *Cedrella fissilis* Vell., *Cupania vernalis* Camb., *Apuleia leiocarpa* (Vog.) Macbr, *Paraptadenia rigida* (Benth.) Brenan, além de muitas espécies de Mirtáceas e outras (LINDMAN e FERRI, 1974).

Conforme classificação do IBGE (1992), a FOM pode ser subdividida nas formações Aluvial, Submontana, Montana e Altomontana, sendo essa classificação atribuída conforme a latitude e a altitude de ocorrência da vegetação.

1.2.1.1 Floresta Ombrófila Mista Aluvial

Florestas aluviais, conhecidas também como matas ciliares, florestas de galeria ou florestas ripárias (HARIDASAN, 1998; AB'SABER, 2000), consistem nas formações florestais que ocorrem ao longo de rios e córregos. A função ecológica e estrutural das matas ciliares está intimamente associada aos corpos de água que estas seguem. Essas formações provêm sombra aos córregos, controlando a temperatura de suas águas, estabilizam o talvegue, evitam a erosão do solo e a deposição de contaminantes nas águas, fornecem matéria orgânica como fonte de energia para a biota aquática, possibilitando um conjunto de habitats complexos (GREGORY et al., 1991).

As florestas ripárias exercem papel fundamental na estabilidade do regime hídrico das planícies periodicamente inundáveis, em decorrência do transbordamento de rios em épocas de chuvas intensas. A eliminação ou fragmentação dessas florestas é responsável por

situações calamitosas, comprometendo seriamente a segurança e a qualidade de vida de comunidades humanas indevidamente instaladas nesses ambientes (SOCHER et al., 2008).

A diferenciação de uma floresta ripária em um domínio florestal pode ser feita analisando-se sua composição florística, que geralmente estão associadas às cheias dos rios e elevação do lençol freático (GIBBS e LEITÃO-FILHO, 1978). Estes processos dinâmicos contribuem para o aumento da heterogeneidade ambiental, devido aos distúrbios que geralmente ocorrem nas florestas ripárias (KELLMAN e TACKABERRY, 1993) favorecendo os processos de sucessão e consequentes alterações na composição florística ao longo do tempo.

Durigan et al. (2000) afirma que as florestas ripárias não podem ser consideradas uma unidade fitogeográfica única, pois possuem uma imensa variação na sua composição florística, estrutural e dinâmica, frequentemente relacionadas com as características intrínsecas da área, como clima, topografia, tipo de solo, entre outras.

A Floresta Ombrófila Mista Aluvial ocupa sempre os terrenos de encostas dos rios situados nas serras costeiras voltadas para o interior ou dos planaltos dominados pela *Araucaria angustifolia*, associada à fitofisionomias que variam de acordo com a altitude (IBGE, 1992). É uma formação caracterizada por um pequeno número de espécies seletivas, adaptadas a se desenvolver nos solos aluviais altamente higromórficos e sujeitos a periódicas enchentes, existentes ao longo dos rios do planalto sul-brasileiro (KLEIN, 1984).

A Floresta Ombrófila Mista Aluvial ocorre geralmente em áreas que apresentam dificuldades de drenagem, dificultando o escoamento dos grandes volumes de água característicos das regiões ombrófilas. As formações aluviais estão relacionadas a existência de largos vales de transbordamento dos rios. Estas planícies apresentam dois tipos fundamentais de ambientes: os menos hidromórficos, com solo melhor estruturado, provido de cobertura florestal, e os ambientes encharcados, colonizados por formações pioneiras. No caso em que se desenvolvem cobertura florestal, geralmente esta é constituída por espécies arbóreas e sub-arbóreas adaptadas a certo grau de hidromorfismo (LEITE, 1994).

Barddal et al. (2004), em estudos na Floresta Ombrófila Mista Aluvial, encontrou a predominância da espécie *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith & Downs no dossel da floresta, e no sub-bosque a espécie *Allophylus edulis* (A.St.-Hil., Cambess. e A. Juss.) Radkl. foi a dominante, associada a espécies como *Myrciaria tenella* (DC.) Berg,

Daphnopsis racemosa Griseb., *Sebastiania commersoniana* (Baillon), *Guettarda uruguensis* Cham. & Schltdl., *Eugenia uniflora* L. e *Myrrhinium atropurpureum* Schott.

De acordo com Leite (1994), na Floresta Ombrófila Mista Aluvial existem espécies arbustivas e arbóreas que têm certa capacidade adaptativa aos regimes de hidromorfia dos solos, destacando-se *Sebastiania commersoniana*, *Syagrus romanzoffiana*, *Blepharocalyx salicifolius*, *Erythrina crista-galli*, *Vitex megapotamica*, *Luehea divaricata* e *Salix humboldtiana*. Nos estratos inferiores são comuns *Calyptanthes concinna*, *Myrceugenia euosma* e *Schinus terebinthifolius*.

1.2.2. Florística e Fitossociologia Florestal

A análise florística e estrutural de determinada vegetação, permite comparações dentro e entre formações florestais no espaço e, caso haja um monitoramento contínuo, no tempo, gera dados sobre a riqueza e a diversidade de uma determinada área, além de possibilitar a formulação de teorias, testar hipótese e produzir resultados que servirão de base para outros estudos (MELO, 2004).

Para Insernhagen et al. (2001), fitossociologia é o ramo da Ecologia Vegetal mais amplamente utilizado para diagnóstico quali-quantitativo das formações vegetacionais. A aplicação de seus resultados é amplamente recomendada no planejamento das ações de gestão ambiental, como no manejo florestal e na recuperação de áreas degradadas.

A Fitossociologia envolve o estudo das inter-relações 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. Apóia muito sobre a Taxonomia Vegetal e tem estreitas relações com a Fitogeografia e as Ciências Florestais (MARTINS, 1989).

Os principais parâmetros fitossociológicos usualmente calculados são:

- Densidade (ou Abundância) Absoluta (Dabs): é o número de indivíduos de cada espécie dentro de uma associação vegetal, e é sempre referido em uma unidade de área, geralmente ha. Este parâmetro fornece a ideia do tamanho da população, sem levar em conta o tamanho dos indivíduos ou mesmo sua distribuição espacial (MARTINS, 1991).

- Dominância Absoluta (Doabs): expressa a proporção do espaço que cada espécie ocupa dentro da comunidade. A dominância permite avaliar a influência que cada espécie exerce nos

demais componentes do ecossistema, ou seja, a taxa de ocupação do ambiente por um dado táxon ou uma comunidade, permitindo inferir sobre o grau de utilização dos recursos do ambiente por parte da população. Através deste parâmetro é possível medir a potencialidade produtiva da floresta, constituindo um parâmetro útil para a determinação da qualidade de uma floresta. A área basal é um dos parâmetros mais utilizados para mensurar a dominância de árvores em uma floresta em função da rapidez e da facilidade de sua mensuração (LONGHI et al., 1992; FARIAS et al., 1994)

- Frequência Absoluta (Fabs): Corresponde à porcentagem de unidades de amostrais onde ocorre pelo menos um indivíduo de determinada espécie. Portanto, expressa a relação entre unidades onde ocorre a espécie e o total de unidades da amostra. Este parâmetro mede a regularidade da distribuição horizontal de cada espécie sobre o terreno, ou seja, a sua dispersão média (HOSOKAWA et al., 1998).

- Índice de valor de importância (IVI): é a combinação, em uma única expressão, dos valores relativos de densidade, dominância e frequência, um valor que permite uma caracterização da importância de cada espécie na floresta (LAMPRECHT, 1990).

- Índice Valor de Cobertura (IVC): é o somatório da densidade relativa e dominância relativa, o que possibilita representar numericamente a porcentagem aproximada da cobertura de cada espécie e de cada grupo de espécie nos diferentes estratos de vegetação de uma comunidade (BRAUN-BLANQUET, 1979).

1.2.3. Dinâmica Florestal

1.2.3.1. Crescimento

O crescimento florestal se refere ao aumento das dimensões de uma ou mais árvores durante um determinado período de tempo (VANCLAY, 1994). Tal crescimento é função do processo de fotossíntese, a partir do qual o CO₂ é absorvido e convertido em compostos orgânicos que constituirão a biomassa, cujo incremento, ao longo do ciclo de vida das plantas, gera o crescimento (LANDSBERG e GOWER, 1997).

De acordo com Husch et al. (1982¹) citado por Vanclay (1991), o crescimento das árvores é influenciado pelas características das espécies e suas interações com o ambiente. Tais fatores levam as taxas de crescimento em florestas tropicais a apresentarem grande variabilidade, considerando a alta diversidade de espécies e as distintas condições ambientais à que estão expostas (CLARK e CLARK, 1992).

Embora existam muitos fatores que podem afetar o crescimento, variáveis como a profundidade do solo e disponibilidade de nutrientes são consideradas preponderantes, visto que restringem os processos fisiológicos que resultam no incremento das dimensões das árvores (DITZER et al., 2000; CURT et al., 2001). Os fatores climáticos também são determinantes ao crescimento das árvores. Considerando escalas geográficas amplas, a presença de espécies de plantas e o seu crescimento são fortemente influenciados pelo clima. No entanto, à medida que se reduz a escala, o clima torna-se menos influente, enquanto as propriedades químicas e físicas do solo se tornam os fatores mais decisivos ao estabelecimento, crescimento e produtividade em florestas (LARA et al., 2001).

A avaliação do crescimento em florestas tropicais é usualmente feita com base na remedição de árvores, ao longo de determinado período, em parcelas permanentes, obtendo-se o incremento para todo o período de análise, e médias anuais (LYNCH e HUEBSCHMANN, 1992). Tais remedições são geralmente efetuadas sobre a variável Diâmetro à Altura do Peito – DAP – variável esta mais empregada na modelagem do crescimento e produção em florestas (AVERY e BURKHART, 1983² citado por SUBEDI e SHARMA, 2011). A partir da variável diâmetro é possível obter a variável Área Basal (G) e seu respectivo incremento.

O crescimento, quando avaliado anualmente, é denominado Incremento Corrente Anual (ICA), e obtido pela subtração do valor da variável considerada no final do ano pelo seu valor no início do ano correspondente. Quando considerado o crescimento médio anual por um período de “n” anos, obtém-se o Incremento Periódico Anual (IPA), calculado a partir da diferença entre os valores final e inicial da variável, dividido pelo período. Quando esta diferença não é dividida pelo período obtém-se o Incremento Periódico (IP). O crescimento

¹ HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. **Forest Mensuration**. 3 ed. New York: Wiley, 1982. 402p.

² AVERY, T. E.; BURKHART, H.E. **Forest Measurements**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1983. 331p.

anual com base em uma idade específica consiste no Incremento Médio Anual (IMA), obtido pela razão entre a variável acumulada sobre a idade (SCHNEIDER, 2004).

1.2.3.2. Mortalidade

A mortalidade de árvores em florestas envolve frequentemente a interação de vários fatores, incluindo a competição, ataques por patógenos e insetos, disfunções mecânicas, estresse ambiental causado pelo clima e limitações edáficas (FRANKLIN et al., 1987). De acordo com Das et al. (2011), a compreensão da mortalidade em florestas torna-se essencial diante das mudanças ambientais a níveis globais como observadas atualmente, visto que a morte destes indivíduos é precursora de qualquer mudança estrutural ou funcional em ecossistemas florestais.

Considerando a grande estatura, complexidade e longevidade das árvores, pesquisas envolvendo a mortalidade se baseiam geralmente na simples observação deste evento (DAS et al., 2011). Conforme Sanquetta (1996) a contabilização da mortalidade refere-se ao número de árvores que foram mensuradas inicialmente, que não foram cortadas, e morreram durante o período de avaliação. Taxas de mortalidade são geralmente expressas em forma relativa, dividindo-se o número de árvores mortas ao longo do período de avaliação pelo número de árvores vivas no início. Essas taxas são calculadas para cada espécie e classes diamétricas, permitindo comparações entre taxas de mortalidade de diferentes fragmentos e formações florestais (PARKER et al., 1985).

A mortalidade está fortemente associada à estrutura da floresta. Estruturas que apresentam distribuição diamétrica semelhante à exponencial negativa, com grande número de árvores pequenas e gradual redução no número de árvores à medida que as classes de diâmetro avançam, poderão apresentar taxas de mortalidade mais altas que florestas que não apresentam este padrão de distribuição (MOSER, 1972). Em florestas naturais cuja distribuição diamétrica assemelha-se ao J-invertido, espera-se que mortalidade seja maior nas classes inferiores de diâmetro. Tal comportamento é esperado, considerando os aspectos biológicos relacionados à mortalidade, pois a morte de árvores relacionada à supressão aumenta com o aumento da densidade (ROSSI et al., 2007a).

Estudos conduzidos em florestas tropicais por Swaine et al. (1987), constataram que a taxa de mortalidade estava em torno de 1 e 2 % a ano em florestas sem intervenções, com a existência de árvores mortas independente da classe diamétrica. Outros estudos acerca da mortalidade em florestas tropicais observaram taxas de mortalidade variando de 0,67% a 2,85% anuais (PHILLIPS et al., 1994). Figueiredo Filho (2010), revisando trabalhos desenvolvidos na Floresta Ombrófila Mista, constatou que as taxas de mortalidade encontram-se entre 1 e 2% anuais, ressaltando a existência usual da relação de dependência entre a mortalidade e classes diamétricas, com maiores taxas em classes inferiores.

1.2.3.3. Recrutamento

O recrutamento em florestas pode ser definido como a admissão de um indivíduo em uma determinada população e/ou comunidade. Em alguns casos o recrutamento é chamado de ingresso, sendo definido neste caso como o processo no qual árvores pequenas passam a fazer parte de um povoamento, como ocorrem em parcelas permanentes, depois da primeira medição (CARVALHO, 1997³ citado por ROSSI et al., 2007b).

Diferentemente do crescimento, que é um processo contínuo, o recrutamento, assim como a mortalidade, é um processo inconstante, ocorrendo apenas uma vez ao longo do ciclo de vida do indivíduo. Sendo assim, esse evento precisa ser medido ao longo de escalas espaço-temporais amplas, para que permitam estimativas confiáveis de suas taxas (PRIOR, et al., 2009).

O recrutamento é resultado da produção e dispersão de sementes e sucesso no estabelecimento de plântulas. Portanto, as taxas de recrutamento contemplam implicitamente vários estágios da regeneração, como fecundidade das árvores matrizes, sobrevivência das sementes, germinação e predação de plântulas, podendo indicar se as condições necessárias ao processo de sucessão natural estão sendo atendidas (KOHLENER e HUTH, 2007). A taxa de recrutamento de uma espécie constitui-se, portanto, na manifestação da fecundidade da espécie e do crescimento e sobrevivência de indivíduos jovens na população (SWAINE et al., 1987).

³ CARVALHO, J. O. P. Dinâmica de florestas naturais e sua implicação para o manejo florestal. In: CURSO DE MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL. **Tópicos em manejo florestal sustentável**. Colombo: Embrapa-CNPq, 1997. p. 43-55.

Taxas de recrutamento são bastante variáveis em florestas tropicais, apresentado variações no tempo e no espaço (ROSSI et al., 2007b). Em estudos de dinâmica de florestas tropicais em vários sítios Phillips et al. (1994), observaram que as taxas de recrutamento anuais variaram entre 0,40% a 2,83%. Lieberman e Lieberman (1987), analisando a dinâmica em florestas tropicais na Costa Rica observaram taxas semelhantes entre a mortalidade e o recrutamento. Conforme os autores, as taxas de recrutamento associadas ao crescimento são suficientes para substituir as perdas, seja de fustes ou em área basal, causadas pela mortalidade.

Socher (2004), avaliando a dinâmica em Floresta Ombrófila Mista Aluvial constatou taxa média de recrutamento de 2,31% ano⁻¹, enquanto Graff Neto (2011), também em estudos na Floresta Ombrófila Mista Aluvial, observou taxas de recrutamento que variaram entre 1,4% ano⁻¹ a 3,2% ano⁻¹ para indivíduos. Figueiredo Filho (2010), avaliando diversos trabalhos na Floresta Ombrófila Mista, constatou que a taxa média de recrutamento é de aproximadamente 3% anual para essa tipologia.

1.2.4. Solos Florestais

1.2.4.1. Características Gerais

Os solos são um importante constituinte dos ecossistemas florestais. A produtividade destes solos esta ligada a atributos específicos, como a capacidade de favorecer o crescimento radicular, capacidade de retenção e suprimento de água, capacidade de adsorção, suprimento e ciclagem de nutrientes minerais, promoção de trocas gasosas, atividade biológica, fixação e liberação de carbono (LARSON e PIERCE, 1994; NAMBIAR, 1997; BURGER e KELTING, 1999; SCHOENHOLTZ et al., 2000).

De acordo com Doran (1997), a capacidade do solo para sustentar o crescimento vegetal e atividade biológica é função das propriedades físicas, como porosidade, capacidade de retenção de água e estrutura; e químicas, como capacidade de fornecer nutrientes, pH, etc. As características do solo que permitem o armazenamento e fornecimento de água tornam-se também um fator primordial na sustentação das comunidades de plantas.

O solo é o produto da interação dos chamados fatores de formação, que podem ser definidos como o material de origem, clima, relevo, organismos e tempo. O resultado da ação de tais fatores é o aparecimento gradual de uma sequência de camadas, cada uma com diferente coloração, teor de argila e areia, estrutura, quantidade de matéria orgânica e de nutrientes disponíveis (MELLO et al., 1983).

O material resultante dos fatores de formação, o solo propriamente dito, consiste, portanto, de materiais sólidos, que podem ser minerais e orgânicos, de líquidos, que constituem na solução do solo, e de uma mistura de gases. Até mesmo nos solos considerados minerais, tais partículas estão associadas de alguma maneira à matéria orgânica. Entre as partículas sólidas existem os espaços porosos que são ocupados por gases ou pela solução do solo (MALAVOLTA, 1980).

A solução do solo, por sua vez, contém dissolvidos os nutrientes de plantas e outros elementos não essenciais, na forma iônica. A concentração destes nutrientes é variável, dependendo da natureza do solo e de seu teor de umidade, sendo que cada forma iônica solúvel na solução está em equilíbrio com a correspondente retida na fase sólida, especialmente nas partículas pequenas ou colóides, na forma denominada trocável (MELLO et al., 1983).

Os solos de regiões tropicais são em sua maioria Latossolos e Argissolos. Os Latossolos são encontrados nas superfícies geomorfológicas mais antigas, enquanto os Argissolos encontram-se em áreas geologicamente mais jovens. Sob o aspecto físico, estes solos são naturalmente profundos e bem drenados. Quanto à fertilidade, apresentam deficiência de macronutrientes, e ainda de alguns micronutrientes, como o Zn, B, Mo e Cu. Outra característica importante relacionada a maioria dos solos tropicais é a possibilidade de ocorrência de toxidez por Al e Mn (SANCHEZ, 1981).

Estas características dos solos tropicais estão intimamente relacionadas ao processo de intemperização, que promove o aprofundamento do perfil e alteração dos minerais primários do solo, restando majoritariamente aqueles minerais bastante intemperizados (KER, 1998), como as argilas caulínicas, de baixa atividade (SÁ, 2009). Nas regiões tropicais úmidas, as chuvas tornam-se um importante fator responsável pela formação e intemperização dos solos. As águas pluviais contendo ácido carbônico (H_2CO_3), resultante da dissolução do CO_2 na água, percolam pelo perfil do solo, removendo íons do complexo coloidal, principalmente o Ca e Mg, deixando em seu lugar quantidade equivalente de íons H^+ . Em decorrência disso, a

quantidade de H^+ no solo vai aumentando gradativamente, aumentando a acidez, enquanto nutrientes são perdidos pela lixiviação (COELHO e VERLENGIA, 1973).

Em condições de acidez elevada, como na maioria dos solos brasileiros, ocorre maior solubilidade de Al, Fe e Mn, aumentando o risco de toxidez por estes elementos (MELLO, et al., 1983). Em consequência disso, menor quantidade de bases torna-se disponível nos solos bem como a disponibilidade de P também é reduzida em decorrência de sua associação com compostos férricos (SÁ, 2009).

A associação destas características resulta nas condições de solos de baixa fertilidade, como observada na maioria dos solos brasileiros (SANCHEZ, 2003). Com base nestas condições muitas vezes restritivas, a existência de ecossistemas florestais nos trópicos, com alta diversidade biológica e exuberância torna-se possível a partir do processo de ciclagem de nutrientes.

1.2.4.2. Ciclagem de Nutrientes

A maior parte dos elementos tende a circular entre os componentes bióticos e abióticos da biosfera. Em razão deste movimento circular e da importância dos organismos neste processo, estes mecanismos são conhecidos como ciclos biogeoquímicos. Sob esse aspecto, o movimento daqueles elementos e componentes essenciais a vida é denominado ciclagem de nutrientes (ODUM, 1971).

A diversidade de espécies e estrutura complexa das florestas tropicais úmidas remetem a idéia de que ocupam solos bastante férteis. No entanto, atualmente é reconhecido que os solos destas florestas são de baixa fertilidade, o que pode ser atribuído as altas taxas de precipitação e temperaturas, catalisadores do intemperismo, a que estão sujeitas estas regiões (FOURNIER, 1978).

Estes fatores favorecem a rápida dissociação e incorporação da matéria orgânica originária da própria floresta, em sua maioria, na forma de folhas e galhos. Os altos índices pluviométricos indicam que boa parte destes nutrientes são lixiviados rapidamente (STARK, 1971a). Em resposta a isso, a distribuição de nutrientes nas florestas tropicais é marcadamente diferente do que em outros ecossistemas. Em florestas temperadas, por exemplo, a maioria dos nutrientes é acumulada no solo (MILLER, 1979). Por outro lado, em florestas tropicais úmidas, uma alta proporção de nutrientes é encontrada na biomassa, especialmente na casca e

folhagem, com uma proporção semelhante ocorrendo na serapilheira, que passará por um processo de decomposição, sendo os nutrientes transferidos novamente à vegetação (STARK, 1971b).

O crescimento das plantas é altamente dependente do processo de decomposição da matéria orgânica, particularmente em solos oligotróficos (que apresentam baixa disponibilidade de nutrientes), onde a concentração maior de nutrientes está presente na serapilheira e matéria orgânica do solo, e não na parte mineral e solução do solo. Os organismos heterotróficos do solo, portanto, são os responsáveis por garantir a disponibilidade de nutrientes para as plantas no processo de produção primária (WHITFORD e WADE, 2002).

A taxa de decomposição da matéria orgânica, principal responsável pela disponibilização de nutrientes nas florestas tropicais, varia dentro de um mesmo ecossistema e entre os ecossistemas, em função da biota do solo, qualidade do substrato, microclima e demais condições gerais do ambiente. Sendo assim, de forma geral, a decomposição da matéria orgânica e disponibilização de seus nutrientes é resultado da ação da biota sobre o substrato dentro de condições determinantes de clima e propriedades do solo (WHITFORD e WADE, 2002).

Ainda de acordo com os autores, durante o processo de decomposição, os elementos são convertidos de formas orgânicas a formas inorgânicas (mineralização), que é a forma trocável, a partir da qual os elementos tornam-se disponíveis às plantas e atividade microbiológica do solo. Desta forma, a decomposição da matéria orgânica, dinâmica dos nutrientes, respiração e formação da estrutura do solo são variáveis integradas. São geralmente medidas como função das propriedades do ecossistema e resumem as ações combinadas da micro e meso fauna do solo, variáveis abióticas e qualidade dos recursos disponíveis.

1.2.4.3. Elementos do Solo e Nutrição das Plantas

Em relação aos nutrientes do solo, existem 17 elementos essenciais ao crescimento das plantas que podem ser obtidos a partir da solução do solo. A disponibilidade destes nutrientes é, portanto, função de uma complexa gama de reações químicas envolvendo todo o sistema solo-água-planta-atmosfera (HEDLEY, 2008). Um elemento mineral é considerado essencial

quando faz parte de uma molécula ou de algum constituinte essencial da planta, ou ainda, se caso a planta for impossibilitada de absorver tal nutriente, esta manifesta crescimento anormal ou inferior àquele apresentado por plantas que não foram submetidas à mesma privação (EPSTEIM e BLOOM, 2005).

Mais da metade de todos os elementos atualmente conhecidos foram encontrados nas plantas, no entanto, apenas N, P, K, Ca, Mg, S (elementos requeridos em grandes quantidades, conhecidos como macronutrientes) e Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Cl e Ni (elementos requeridos em pequenas proporções, conhecidos como micronutrientes) são considerados essenciais ao desenvolvimento da maioria das plantas conhecidas (PALLARDY, 2008).

O efeito dos nutrientes minerais no crescimento das plantas é geralmente compreendido com base na função destes elementos nos mecanismos metabólicos. Entretanto, a nutrição mineral também pode ser responsável por influências secundárias sobre o crescimento, causando mudanças nos padrões de desenvolvimento, morfologia e anatomia da planta, e particularmente, sobre a composição química dos vegetais, além de contribuir para o aumento ou redução da capacidade de resistência e tolerância das plantas a doenças e outros distúrbios (MARSCHNER, 1995). Esses efeitos do estado nutricional das plantas exercem, portanto, influência direta sobre as comunidades vegetais, afetando seus processos dinâmicos ao longo do tempo.

O estado nutricional das plantas é controlado pela sua capacidade de absorção de nutrientes (dependente da sua constituição genética), disponibilidade dos nutrientes no solo e outros fatores ambientais (MENGEL e KIRKBY, 2001; VAN DEN DRIESSCHE, 1974). Em florestas tropicais, a alta diversidade de espécies, variabilidade de solos existentes, condições distintas de relevo e interações com o clima afetam a nutrição mineral das árvores. Estas interações são complexas e específicas em cada sítio, o que provavelmente é um dos fatores que explicam a razão deste assunto ser tão pouco compreendido em tais florestas. Sendo assim, ainda não é bem claro quais dos fatores ambientais são os mais responsáveis pelo controle da nutrição destas plantas (WU et al., 2007).

Informações a respeito das exigências nutricionais das árvores de florestas tropicais são necessárias para a compreensão das respostas destes ecossistemas aos distúrbios naturais e antropogênicos. Além disso, esta compreensão permite a melhor escolha de espécies para a recuperação de áreas degradadas e manejo florestal (WU et al., 2007). De acordo com Nussbaum (1995), a deficiência nutricional é o fator mais limitante no crescimento inicial de

espécies nativas de florestas tropicais em solos degradados, reforçando, portanto, a necessidade de se compreender melhor as relações de fertilidade do solo e desenvolvimento das plantas nestes ecossistemas.

1.2.5. Análise Multivariada

A incorporação de múltiplas variáveis na análise de dados é, muitas vezes, imprescindível em muitas áreas da pesquisa. O inter-relacionamento de variáveis tomadas em uma mesma amostra ocorre naturalmente, em decorrência de sua natureza única. Geralmente, as diferenças existentes entre grupos ou populações, não é dependente de apenas uma variável e sim de um conjunto delas. A utilização de apenas uma variável nas pesquisas em geral pode tornar o trabalho falho (PONTES, 2005).

A análise multivariada é conceituada tradicionalmente como o estudo estatístico de experimentos sobre os quais múltiplas medidas são feitas em cada unidade amostral e nos quais a relação entre as medidas multivariadas e a sua estrutura são importantes para a compreensão do experimento como um todo (OLKIN e SAMPSON, 2001).

Os métodos multivariados se dividem basicamente em dois grupos: o primeiro é constituído pelas técnicas exploratórias de sintetização (ou simplificação) da estrutura de variabilidade dos dados, e o segundo, constituído pelas técnicas de inferência estatística. As técnicas do primeiro grupo consistem na análise de componentes principais, análise fatorial, análise de correlações canônicas, análise de agrupamento, análise discriminante e análise de correspondência. A grande vantagem destes métodos está no fato de que independem do conhecimento da forma matemática da distribuição de probabilidades geradora dos parâmetros. No segundo grupo, encontram-se os métodos de estimação de parâmetros, testes de hipóteses, análise de variância, de covariância e de regressão (MINGOTI, 2005).

A análise multivariada é uma ferramenta importante no estudo ecológico de comunidades, permitindo o tratamento de muitas variáveis, e resumindo a estrutura de dados com perda mínima de informação (GAUCH, 1982). Estudos em comunidades de plantas têm usado este tipo de análise para agrupar, unidades amostrais ou comunidades, classificar a vegetação, relacionar variáveis ambientais às comunidades biológicas e definir prioridades na

conservação de ecossistemas e espécies (TAGGART, 1994; TERBORGH e ANDRESEN, 1998).

1.2.5.1. Análise de Agrupamentos (*Cluster*)

A análise de agrupamentos (*cluster*) tem como objetivo a classificação de objetos, itens ou indivíduos conforme suas similaridades (EVERITT, 1993). Nesta técnica, os indivíduos ou variáveis semelhantes são alocados em um mesmo grupo e, portanto, os indivíduos alocados em grupos distintos são considerados diferentes (FERREIRA, 2008).

Existem vários métodos empregados na análise de agrupamentos, cuja escolha de um ou outro depende dos objetivos da análise, tipos de dados e praticidade do método. Dentre esses métodos, as técnicas hierárquicas são as mais populares e amplamente usadas por sua simplicidade. Tais técnicas são simples e rápidas de serem computadas e a interpretação é objetiva e intuitiva. Nas técnicas hierárquicas, os grupos são formados hierarquicamente com base na proximidade entre os objetos, ou seja, objetos ou grupos mais similares são separados em um grupo maior. A diferença entre estas técnicas se baseia na definição dos objetos mais similares (BROWN e HANTLEY, 1992).

Portanto, para que seja possível agrupar objetos, a similaridade entre eles deve ser medida. Entre os tipos de medidas de similaridade, pode-se ter a distância em que estes objetos se encontram uns dos outros, ou ainda outras formas de coeficientes de similaridade podem ser aplicadas (VANDEGINSTE, 1998).

A medida de similaridade, distância, ou de dissimilaridade, permite converter os atributos dos objetos em dados numéricos. Essas medidas podem ser obtidas de diversas formas, que envolvem os tipos de variáveis (quantitativa ou categórica) e o método de combinação destas variáveis (BROWN e HANTLEY, 1992).

As técnicas de agrupamento são importantes ferramentas em estudos ecológicos, pois permitem agrupar espécies com exigências e/ou distribuição semelhantes, ou ainda identificar habitats com características similares, seja conforme a composição florística do local ou conforme suas condições ambientais. De acordo com Sciamarelli (2005), a análise de agrupamento com base em levantamentos florísticos vem sendo a técnica mais usual na comparação de similaridade entre formações florestais.

1.2.5.2. Análise dos Componentes Principais (PCA)

A técnica de análise dos componentes principais, conhecida como PCA, foi introduzida por Karl Pearson em 1901. Seu principal objetivo é explicar a estrutura de variância e de covariância de um vetor aleatório, composto de p-variáveis aleatórias, através da construção de combinações lineares das variáveis originais (MINGOTI, 2005).

A análise dos componentes principais consiste em um método da estatística multivariada, que realiza a redução dos dados originais, com o objetivo de explicar a maior parte da variância dos dados a partir de um número menor de componentes não correlacionados (ANDERSON, 2003). Esta técnica permite identificar grupos de variáveis ou indivíduos inter-relacionados, resultando em uma representação das combinações específicas das muitas características para cada unidade amostral (BORUVKA et al., 2007).

A idéia geométrica sobre a qual esta técnica esta baseada é a realização de uma rotação rígida no sistema de eixos coordenados, fazendo com que os novos eixos resultantes sejam posicionados no sentido de maior variabilidade. Geralmente, a aplicação desta técnica surtirá o efeito desejado quando existem muitas variáveis que sejam intrínseca e fortemente correlacionadas. Desta forma, as dimensões originais poderão ser reduzidas em um sistema de coordenadas sem que tenha sido perdido muita informação contida no sistema original pela redução de dimensões (FERREIRA, 2008).

Embora a análise dos componentes principais seja extensamente utilizada, existem críticas em relação ao uso desta técnica quando o objetivo é a mera ordenação dos dados amostrais. Isto se deve ao fato de que, em geral, nenhuma medida de variabilidade que possa traduzir a confiabilidade da classificação final é calculada, sendo que a ordenação é feita levando-se em consideração puramente o valor numérico apresentado pelos componentes. Em decorrência disto, dois elementos amostrais podem ter valores muito semelhantes, mas ficarão em posições diferentes (MINGOTI, 2005).

Apesar de suas limitações, a análise dos componentes principais é amplamente utilizada em diversas áreas do conhecimento. Muitos estudos já foram desenvolvidos, empregando esta técnica na avaliação de atributos dos solos, como o trabalho de Valladares, (2000), que avaliou a correlação entre a adsorção de P e as propriedades químicas e físicas do solo; Facchinelli et al. (2001) e Boruvka et al. (2005), verificando a distribuição espacial de metais pesados em solos. Valladares (2008), empregou a análise dos componentes principais

no agrupamento de perfis de solos quanto às suas semelhanças, com base em atributos morfológicos, físicos, químicos e do ambiente de ocorrência.

Alguns estudos envolveram as características do solo e vegetação em florestas, como Splechtna e Klinka (2001) avaliando o regime de nutrientes em diferentes solos florestais no Canadá; Motta et al. (2002) avaliaram a ocorrência de macaúba relacionada a características do clima, do solo e da vegetação em Minas Gerais. Boruvka et al. (2007) estudou a acidificação de solos florestais com base na análise dos componentes principais; Almeida (2010) avaliou a relação entre grupos de espécies arbóreas com características edáficas em um fragmento de Floresta Estacional Decidual no Rio Grande do Sul.

1.2.5.3. Análise de Correspondência Canônica (CCA)

Análise canônica é a análise simultânea de dois ou mais conjuntos de dados. Ela permite realizar uma comparação direta de duas matrizes de dados. É aplicada geralmente quando se tem interesse em compreender as inter-relações entre o primeiro conjunto de variáveis, que descrevem um grupo de espécies, com um segundo conjunto de variáveis, relacionadas às condições ambientais, observadas em um mesmo local ou unidade amostral (LEGENDRE e LEGENDRE, 1998).

Mais especificamente, a análise de correspondência canônica é um método de ordenação desenvolvido por Ter Braak (1986; 1987). As técnicas de ordenação consistem em plotar pontos referentes a objetos ou indivíduos em eixos representando uma relação ordenada, ou formando um diagrama de dispersão com dois ou mais eixos (LEGENDRE e LEGENDRE, 1998). O termo ordenação, dentro do campo da ecologia, se refere à representação de objetos, que neste caso são sítios, amostras, relevo, como pontos ao longo de eixos de referência (GOWER, 1984).

A análise de correspondência canônica é indicada especificamente para a visualização destas relações entre múltiplas espécies com variáveis ambientais. Consiste em uma técnica de ordenação com base em autovalores, que produz uma análise direta de gradiente multivariada (TER BRAAK, 1986). Esta análise de gradiente direto relaciona a presença ou ausência, ou ainda a abundância de espécies com variáveis ambientais, sendo as espécies e variáveis obtidas de uma mesma parcela ou unidade amostral (GAUCH, 1982).

Os resultados da CCA são então disponibilizados em um diagrama de ordenação, tendo os sítios ou unidades amostrais e espécies representadas por pontos, enquanto as variáveis ambientais são representadas por setas. Os pontos representando as espécies e parcelas que estiverem mais agrupados representam o padrão dominante da composição da comunidade, sendo que estes padrões estarão relacionados àquelas variáveis ambientais cujas setas mais se aproximam da distribuição dos pontos representando espécies e parcelas (TER BRAAK, 1986). Os fatores ambientais representados por setas mais longas são os mais influentes na ordenação da comunidade que aqueles representados por setas mais curtas (KENT e COKER, 1992).

Inúmeros trabalhos têm sido desenvolvidos utilizando a CCA na avaliação de gradientes ambientais e sua influência sobre comunidades arbóreas, indicando a importância consolidada desta técnica. Hokkanen (2006) verificou os padrões de distribuição e de riqueza de espécies arbóreas e herbáceas quanto às características do ambiente em florestas da Finlândia; e Pellerin et al. (2009) avaliou a influência de condições ambientais no desenvolvimento de turfeiras no Canadá. Estudos relevantes também foram realizados por Baruch (2005); Nezerkova e Hejzman (2006); Guoking et al. (2008).

A CCA também foi utilizada na Floresta Ombrófila Mista na ordenação da vegetação e estudo de gradientes ambientais, como em Ribeiro (2004); Moscovich (2006); Gomes et al. (2008); Kanieski (2010); e Floss (2011).

1.3. MATERIAL E MÉTODOS

1.3.1 Caracterização da Área de Estudo

1.3.1.1 Aspectos Geológicos

A região de Guarapuava está localizada na parte sul do Terceiro Planalto ou Planalto do ‘trapp’ do Paraná, sendo esta região orográfica delimitada pelos rios Iguaçu e Piquiri, denominada Bloco do Planalto de Guarapuava. O planalto, com altitudes variando de 350 m nas serras do Boi Preto e São Francisco a 1.250 m na testa da escarpa, apresenta na região de Guarapuava, geomorfologia caracterizada por colinas arredondadas e vales largos originados no quaternário, além de mesetas e platôs formados pela erosão dos antigos divisores de água existentes entre os rios Iguaçu e Piquiri (MAACK, 1981).

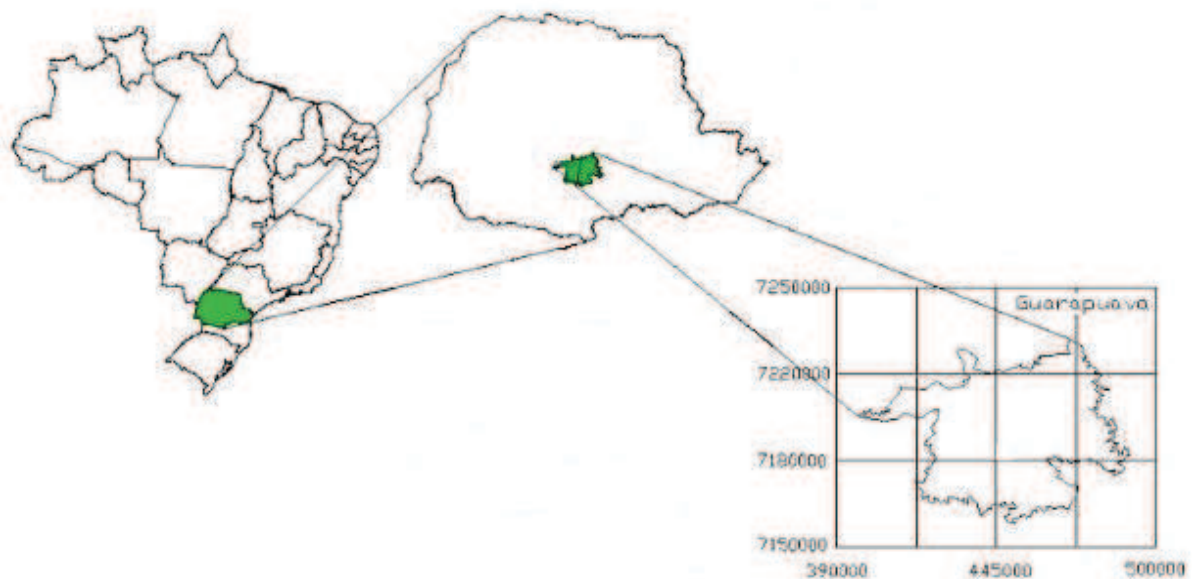


Figura 1: Localização Geográfica do Município de Guarapuava. Fonte: Silvestre, 2009 (adaptado).

1.3.1.2. Clima

O clima na região de Guarapuava é do tipo Cfb, sem estação seca definida e média do mês mais frio inferior a 18°C. As temperaturas médias mensais oscilam entre 20,7°C e 17,2°C no verão, e no inverno estão entre 14,0°C e 12,6°C. Quanto a precipitação, esta ocorre bem distribuída, com média anual em torno de 1968 mm.ano⁻¹ (IAPAR, 2005).

1.3.1.3. Solos

Os solos da região de Guarapuava são provenientes de rochas basálticas com os seguintes tipos: Latossolo Bruno, Terra Bruna estruturada, solos hidromórficos, Cambissolos e Litólicos (THOMAZ, 2006; EMBRAPA, 2006). Na área de estudo as classes de solos variam de solos mais profundos e estruturados como os Latossolos Bruno, a solos hidromórficos de influência aluvial, nas proximidades do rio.

Os latossolos são solos que se desenvolvem, sobretudo, nas regiões intertropicais, onde as condições de umidade, temperatura elevada e drenagem adequada permitem fenômenos de intemperismo mais intensos, com alteração profunda dos minerais, resultando na formação de argilas do tipo caulínico, quantidade consideráveis de óxidos de ferro e alumínio livres, e geralmente, baixa saturação por bases (OLIVEIRA, 1972). A estrutura destes solos está grandemente associada ao conteúdo dos minerais de caulinita e gibbsita. Enquanto os latossolos caulínicos tendem a exibir estrutura em blocos e elevada densidade de massa, os latossolos gibbsíticos apresentam estrutura granular e baixa densidade de massa (EMBRAPA, 2006; FERREIRA et al., 1999). Os horizontes destes solos são fracamente diferenciados devido ao grande desenvolvimento em profundidade (CURI, 1983).

As características principais dos latossolos consistem na predominância de argilas de baixa atividade, e baixa CTC < 13 cmol.kg⁻¹, profundidade maior que 50 cm, baixo conteúdo de silte, além da pouca diferenciação entre os horizontes. Outras características importantes na classificação destes solos é uma relação silte/argila menor que 0,7, quantidade de minerais facilmente intemperizáveis menor que 4%, e alto grau de floculação (CAMARGO et al., 1988).

Os solos hidromórficos são solos intrazonais, nos quais as características equivalentes dos solos zonais não se desenvolveram, em grande parte, devido a grande influência da água

no perfil. Esta influência da água está condicionada principalmente ao relevo. As características advindas do encharcamento desses solos podem ocasionar um acúmulo de matéria orgânica ou fenômeno de gleização, provocado pela redução e solubilização dos compostos de ferro, e que é evidenciado pela cor cinza e por mosqueados (LEPSCH, 1972).

A saturação por água e alternância sazonal entre encharcamento e drenagem tem um profundo efeito sobre os aspectos químicos e morfológicos do solo. Mudanças no grau de saturação hídrica afetam a disponibilidade de O₂ no solo, o que conseqüentemente afeta a oxidação de elementos importantes. O estado oxidado do Fe, Mg e S, influenciam fortemente a sua respectiva solubilidade e cor, explicando a presença de mosqueados de diferentes cores, frequentemente vistos em solos periodicamente inundados (BREEMEN e BUURMAN, 2002).

1.3.1.4. Vegetação

A fitofisionomia predominante na região de Guarapuava é a Floresta Ombrófila Mista, conforme classificação do IBGE (1992). Esta formação está intimamente relacionada a altitude, e no estado do Paraná, seu limite inferior normal de crescimento é registrado em 500 m (MAACK, 1981).

Dentro da área de estudo destaca-se a Floresta Ombrófila Mista Aluvial, que é aquela formação característica das encostas dos rios, situados nas serras costeiras voltadas para o interior ou dos planaltos dominados pela *Araucaria angustifolia*, associada a fitofisionomias que variam de acordo com a altitude.

De acordo com Roderjan et al. (2002), esta formação florestal pode apresentar diferentes graus de desenvolvimento, desde comunidades simplificadas pelo grau de hidromorfia dos solos – Neossolos Flúvicos e Gleissolos –, onde *Sebastiania commersoniana* (B.) L. B. Smith & R. J. Downs, é a espécie mais característica, até associações mais complexas, em que *Araucaria angustifolia* tem participação expressiva na fisionomia. Destacam-se também no dossel dessa formação *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Allophylus edulis* (Cambess. & A. Juss.) Radlk., *Blepharocalyx salicifolius* (Kunth) O. Berg e *Vitex megapotamica* Moldenke, sendo menos frequentes *Luehea divaricata* Mart e Zucc., *Syagrus romanzoffiana* (Cham) Glassman, *Erithryna crista-galli* L. e *Salix humboldtiana* Wild. São comuns nos estratos inferiores *Myrciaria tenella* (DC.) O. Berg,

Myrceugena euosma (O. Berg) D. Legrand, *Calyptanthes concinna* DC., *Daphnopsis racemosa* Griseb. e *Psychotria carthagenensis* Jacq.

A área de estudo compreende um fragmento de 11,5 ha de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, conforme classificação do IBGE (1992). O fragmento estudado localiza-se nas dependências do Campus CEDETEG, da Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO (Figura 2), sendo delimitado pelo rio “Cascavelzinho”.



Figura 2: Vista aérea do campus CEDETEG - Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná – UNICENTRO, com destaque para o fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial ao centro da imagem. Fonte: Google Earth, 2012.

REFERÊNCIAS

- AB´SABER, A.N. O suporte geocológico das florestas beiradeiras (ciliares). In: RODRIGUES, R.R. e LEITÃO FILHO, H. de F. **Matas Ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP, 2000. p.15-25.
- ALMEIDA, C. M. **Relação solo-fitosociologia em um remanescente de Floresta Estacional Decidual**. 2010. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Santa Maria, 2010.
- ANDERSON, T. W. **An Introduction to Multivariate Statistical Analysis**. Hoboken: John Wiley and Sons, 2003. 721p.
- BARDDAL, M. L.; RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; CURCIO, G. R. Caracterização florística e fitossociológica de um trecho sazonalmente inundável de floresta aluvial, em Araucária, PR. **Ciência Florestal**, v. 14, n. 2, p. 37-50, 2004.
- BARUCH, Z. Vegetation–environment relationships and classification of the seasonal savannas in Venezuela, Flora - Morphology, Distribution. **Functional Ecology of Plants**, v. 200, n.1, p.49-64, 2005.
- BORŮVKA, L.; MLÁDKOVÁ, L.; PENÍŽEK, V.; DRÁBEK, O.; VAŠÁT, R. Forest soil acidification assessment using principal component analysis and geostatistics. **Geoderma**, v. 140, n. 4, p.374-382, 2007.
- BORŮVKA, L.; VACEK, O.; JEHLIČKA, J. Principal component analysis as a tool to indicate the origin of potentially toxic elements in soils, **Geoderma**, v. 128, n.3-4, p. 289-300, 2005.
- BRAUN-BLANQUET, J. **Fitosociologia. Bases para el estudio de las comunidades vegetales**. Madrid: H. Blume Ediciones, 1979. 820p.
- BREEMEN, N.; BUURMAN, P. **Soil Formation**. 2 ed. Norwell: Kluwer. 2002. 407p.
- BROWN, D.E.; HANTLEY, C. L. Cluster Analysis In: BRERETON, R. G. **Data Handling in Science and Technology**, Elsevier, v. 9, p. 179-208, 1992. Disponível em: <[http://doi.dx.org/10.1016/S0922-3487\(08\)70206-5](http://doi.dx.org/10.1016/S0922-3487(08)70206-5)> Acesso em: 05 dez. 2011.
- BURGER, J; KELTING, D. L. Using soil quality indicators to assess forest stand management. **Forest Ecology and Management**. v. 122, p. 155-156, 1999.
- CAMARGO, O. A.; JACOMINE, P. K. T.; CARVALHO, A. P; OLMOS, I. L. The Brazilian classification of latosols. In: WORKSHOP DE CLASSIFICAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE LATOSSOLOS, 8. 1988. **Anais...** Rio de Janeiro: EMBRAPA p. 190–199, 1988.
- CARVALHO, P. .E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. v.1 Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo/PR: Embrapa Florestas, 2003. 1039p.

- CLARK, D.A., CLARK, D.B., Life-history diversity of canopy and emergent trees in a neotropical rain-forest. **Ecology Monographs**. v. 62, p.315–344, 1992.
- COELHO, F. S.; VERLENGIA, F. **Fertilidade do solo**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973. 384 p
- CURI, N. **Lithosequence and toposequence of oxisols from Goiás and Minas Gerais States, Brazil**. 1983. 158 f. Tese – (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade de Purdue, West Lafayette, IN, EUA.
- CURT, T.; BOUCHAUD, M.; AGRECH, G. Predicting site index of Douglas-Fir plantations from ecological variables in the Central area of France. **Forest Ecology and Management**, v. 149, p.61-74, 2001.
- DAS, A.; BATTLES, J.; STEPHENSON, N. L.; VAN MANTGEM, P. J. The contribution of competition to tree mortality in old-growth coniferous forests. **Forest Ecology and Management**, v. 261, n. 7, p.1203-1213, 2011.
- DITZER, T.; GLAUNER, R.; FORSTER, M.; KOHLER, P.; HUTH, A. The process-based stand growth model Formix 3-Q applied in a GIS environment for growth and yield analysis in a tropical rain forest. **Tree Physiology**, v. 20, p.367-381, 2000.
- DORAN, J. W., COLEMAN, D. C., BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. **Soil Science Society America** v. 35, p. 37-51. 1994.
- DURIGAN, G.; RODRIGUES, R. R.; SCHIAVINI, I. A heterogeneidade ambiental definindo a metodologia de amostragem da mata ciliar. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO-FILHO. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP, 2000. p. 159-167.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives**, 2 ed. Sunderland: Sinauer Associates 2005. 400p.
- EVERITT, B. **Cluster analysis**. London: E. Arnold, 1993. 170p.
- FACCHINELLI, A.; SACCHI, E.; MALLEEN, L. Multivariate statistical and GIS-based approach to identify heavy metal sources in soils. **Environmental Pollution**, v. 114, p.313-324, 2001.
- FARIAS, J. A. C.; TEIXEIRA, I. F.; PES, L.; ALVAREZ FILHO, A. Estrutura Fitossociológica de uma Floresta Estacional Decidual na Região de Santa Maria – RS. **Ciência Florestal**. v. 4, n. 1, p. 109-128, 1994.
- FERREIRA, D.F. **Estatística multivariada**. Lavras: UFLA, 2008. 662p

FERREIRA, M. M.; FERNANDES, B.; CURI, N. Mineralogia da fração argila e estrutura de latossolos da região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 507–514, 1999.

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

FLOSS, P. F. **Aspectos ecológicos e fitossociológicos no entorno de nascente em formações florestais do oeste de Santa Catarina**. 2011. 153 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

FOURNIER, F. Water balance and soils. In: UNESCO. **Tropical Forest Ecosystems**, Paris: UNESCO, 1978, p. 256–269.

FRANKLIN, J.F., SHUGART, H.H., HARMON, M.E. Tree death as an ecological process. **Bioscience**, v. 37, p.550–556, 1987. Disponível em: <<http://www.treedictionary.com/DICT2003/hardtoget/jk-53/index.html>> Acesso em: 02 dez. 2011.

GAUCH, H. G. **Multivariate Analysis in Community Ecology**. Nova Iorque: Cambridge University Press, 1982. 298p.

GIBBS, P.; LEITÃO-FILHO, H.F. Floristic composition of an area of gallery forest near Moji-Guaçu, State of São Paulo, SE Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 1, p.151-156, 1978.

GOMES, J. F.; LONGHI, S. J.; ARAÚJO, M. M.; BRENA, D. A. Classificação e crescimento de unidades de vegetação em Floresta Ombrófila Mista, São Francisco de Paula, RS. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 1, p.93-107, 2008

GOWER, J. C. Ordination, multidimensional scaling and allied topics. In: LEDERMAN, W. **Handbook of Applicable Mathematics**, 1984. p. 727-781.

GRAFF NETO, J. **Crescimento, recrutamento emortalidade no período de 2001-2012 de uma Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Município de Araucári, Paraná**. 2011. 118 f. Dissertação - (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

GREGORY, S.V.; SWANSON, F.J.; MCKEE, W.A.; CUMMINS, K.W.. An ecosystem perspective of riparian zones. **Bioscience**, v. 41, 1991, p. 540–551.

GUOKING, L.; XIAOAN, W.; HUA, G.; ZHIHONG, Z. Effects of ecological factors on plant communities of Ziwuling Mountain, Shaanxi Province, China. **Acta Ecologica Sinica**, v. 28, n. 6, p.2463-2471, 2008.

HARIDASAN, M. Solos de matas de galeria e nutrição mineral de espécies arbóreas em condições naturais. In: RIBEIRO, J. F. **Cerrado: matas de galeria**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1998. p17-28.

HEDLEY, M. J. Techniques for assessing nutrient bioavailability in soils: Current and future issues, In: A.E. HARTEMINK, A. E.; MCBRATNEY, A. B.; NAIDU, R. **Developments in Soil Science**, Elsevier, v. 32, p.283-327, 2008. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0166-2481\(07\)32014-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0166-2481(07)32014-X)> Acesso em: 03 dez. 2011.

HOKKANEN, P. J. Environmental patterns and gradients in the vascular plants and bryophytes of eastern Fennoscandian herb-rich forests. **Forest Ecology and Management**, v. 229, n. 1-3, p.73-87, 2006.

HOSOKAWA, R.T., MOURA, J.B.; CUNHA, U.S. **Introdução ao manejo e economia florestal**. Curitiba: UFPR, 1998. 162p.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, 1992. 92p

INSERNHAGEN, I. **A fitossociologia florestal no Paraná e os programas de recuperação de áreas degradadas: uma avaliação**. 2001. Dissertação (Mestrado em botânica), Departamento de botânica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. **Cartas climáticas básicas do estado do Paraná**. Londrina : IAPAR, 2005.

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

KELLMAN, M.; TACKABERRY, R. Disturbance and tree species coexistence in tropical riparian forest fragments. **Global Ecology Biogeography**, v.3, p.1-9, 1993.

KENT, M.; COKER, P. **Vegetation description analysis**. London: Behaven Press, 1992. 363p.

KER, J.C. Latossolos do Brasil: Uma revisão. **Geonomos**, v. 5, p.17-40, 1998

KLEIN, R. M. Aspectos dinâmicos da vegetação do sul do Brasil. **Sellowia**, v. 36, n. 36, p. 5-54, 1984.

KLEIN, R. M. O aspecto dinâmico do pinheiro-brasileiro. **Sellowia**, v. 12, n. 12, p. 17-48, 1960.

KOHLER, P.; HUTH, A. Impacts of recruitment limitation and canopy disturbance on tropical tree species richness. **Ecological Modelling**, v. 203, n. 3-4, p. 511-517, 2007.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos Trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas – possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado**. Eschborn: Deutsche Gessells chaft fur technisch Zusammenarbeti (GTZ) GmbH, 1990. 343 p.

LANDSBERG, J. J.; GOWER, S.T. **Carbon Balance of Forests: Applications of Physiological Ecology to Forest Management**. Academic Press: San Diego, 1997, p. 125-160. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/B85TH-4P61C9G-4/2/78f091d1736e5a62a4386f75fe8ee403> Acesso em 30 Jan 2011.

LARA, A.; ARAVENA, J. C.; VILLALBA, R. WOLODARSKY, A.; LUCKMAN, B.; WILSON, R. Dendroclimatology of high-elevation *Nothofagus pumilio* forest at their northern distribution limit in the central Andes of Chile. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 31, p.925-936, 2001.

LARSON, W. E.; PIERCE, F. J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J. W., COLEMAN, D. C., BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. **Soil Science Society of America** v. 35, p. 37-51. 1994.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Developments in Environmental Modelling**, Elsevier, 1998. Disponível em: <[http://doi.dx.org/10.1016/S0167-8892\(98\)80063-8](http://doi.dx.org/10.1016/S0167-8892(98)80063-8)> Acesso em 5 dez. 2011.

LEITE, P.F.; KLEIN, R.M. Vegetação. In: IBGE. **Geografia do Brasil – Região Sul**. Rio de Janeiro: IBGE. v.2, 1990. p.113-150.

LEITE, P. F. **As diferentes unidades fitogeográficas da região sul do Brasil: proposta de classificação**. Curitiba, 1994. 160 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

LEPSCH, I. F. Classificação e mapeamento dos solos de São Paulo. In: MONIZ, A.C. **Elementos de pedologia**. São Paulo: USP, 1972, 459p.

LIEBERMAN, D.; LIEBERMAN, M. Forest tree growth and dynamics at La Selva, Costa Rica (1969-1982). **Journal of Tropical Ecology**, v. 3, p. 347-358, 1987.

LINDMAN, C. A. M; FERRI, M. G. **A vegetação do Rio Grande do Sul**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1974. 377 p.

LONGHI, S. J.; SELLE, G. L; RAGAGNIN, L. I. M.; DAMIANI, J. E. Composição florística e fitossociológica de um “capão” de *Podocarpus Lambertii* Klotz. **Ciência Florestal**, v. 12. N. 1, p 9-26. 1992.

LYNCH, T. B.; HUEBSCHMANN, M. M. Estimating diameter increment by DBH class with horizontal point sampling data. **Forest Ecology and Management**, v. 51, n. 4, p. 285-299, 1992.

MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. 2. ed. Rio de Janeiro :J. Olympio,1981.

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

MARSCHNER,H. Relationships between Mineral Nutrition and Plant Diseases and Pests. In: **Mineral Nutrition of Higher Plants**, Londres: Academic Press, 1995. p.436-460. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/B978-012473542-2/50013-4>> Acesso em: 30 nov. 2011.

MARTINS, F. R. Fitossociologia de florestas no Brasil: um histórico bibliográfico. **Pesquisas – Série Botânica**. v. 40, p. 103-164, 1989.

- MARTINS, F.R. **Estrutura de Uma Floresta Mesófila**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 1991
- MEDEIROS, J. J.; SAVI, M.; BRITO, B. F. A. Seleção de áreas para criação de Unidades de Conservação na Floresta Ombrófila Mista. **Biotemas**, v. 18, n. 2, p. 33-50, 2005.
- MELLO, F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R.I.; COBRANETTO, A.; KIEHL, J.C. **Fertilidade do solo**. São Paulo: Nobel, 1983. 400p.
- MELO, M. S. **Florística, fitossociologia e dinâmica de duas florestas secundárias antigas com história de uso diferentes no nordeste do Pará-Brasil**. 2004. 116p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 5 ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. 849p.
- MILLER, H.G., The nutrient budget of even aged forests. In: FORD, E.D., MALCOLM, D.C., ATTERSON, J. **The ecology of even aged forest plantations**. Cambridge: Institute of terrestrial Ecology, 1979, p. 221–245.
- MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte, MG: Ed. UFMG, 2005. 297 p.
- MOSCOVICH, F. A. **Dinâmica de crescimento de uma Floresta Ombrófila Mista em Nova Prata, RS**. 2006. 130f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS
- MOSER Jr., J. W. Dynamics of an uneven-aged forest stand. **Forest Science**, v. 18, n. 3, p. 184-191, 1972.
- MOTTA, P.E.F.; CURI, N.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; GOMES, J.B.V. Ocorrência de macaúba em Minas Gerais: relação com atributos climáticos, pedológicos e vegetacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p.1023-1031, 2002.
- NAMBIAR, E. K. S. Sustained productivity of forests as a continuing challenge to soil science. **Soil Science Society of America Journal**, v. 60, p. 1629-1642, 1997.
- NEŽERKOVÁ, P. H. M. P. HEJCMAN, A. Canonical correspondence analysis (CCA) of the vegetation–environment relationships in Sudanese savannah, Senegal. **South African Journal of Botany**, v. 72, n. 2, p.256-262, 2006.
- NUSSBAUM, R., ANDERSON, J., SPENCER, T. Factors limiting the growth of indigenous tree seedlings planted on degraded rain forest soils in Sabah, Malaysia. **Forest Ecology and Management**, v. 74, p.149–159, 1995.
- ODUM, E. P. **Fundamentos de Ecologia**. 3 ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1971, 595 p.

OLIVEIRA, J. B. Princípios básicos para classificação e sinopse dos principais grandes grupos de solos do mundo. In: MONIZ, A.C. **Elementos de pedologia**. São Paulo: USP, 1972, 459p.

OLKIN, I.; SAMPSON, A. R. Multivariate Analysis: Overview, In: SMELSER, N. J.; BALTES, P. B. **International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences**. Oxford: Pergamon, 2001, p. 10240-10247. Disponível em: <<http://doi.dx.org/10.1016/B0-08-043076-7/00472-1>> Acesso em: 06 dez. 2011.

PALLARDY, E. G. Mineral Nutrition In: **Physiology of Woody Plants**. 3 ed, San Diego: Academic Press, 2008, p. 255-285. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/B978-012088765-1.50011-7>> Acesso em: 03 dez. 2011.

PARKER, G.R., LEOPOLD, D.J., EICHENBERGER, J.K., Tree dynamics in an old-growth, deciduous forest. **Forest Ecology and Management**, v. 11, p.31–57, 1985.

PELLERIN, S.; LAGNEAU, L. A.; LAVOIE, M.; LAROCQUE, M. Environmental factors explaining the vegetation patterns in a temperate peatland, **Comptes Rendus Biologies**, v. 332, n. 8, p.720-731, 2009.

PHILLIPS, O. L.; HALL, P.; GENTRY, A. H.; SAWYER, S. A.; VÁSQUEZ, R. Dynamics and species richness of tropical rain forests. **Proceedings of the National Academy of Sciences of United States of America**, v. 91, n. 7, p. 2805-2809, 1994. Disponível em: <<http://www.pnas.org/content/91/7/2805.full.pdf>> Acesso em: 06 dez. 2011.

PONTES, A. C. F. **Análise de variância multivariada com a utilização de testes não-paramétricos e componentes principais baseados em matrizes de postos**. 2005. 117 f. Tese – (Doutorado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

PRIOR, L. D.; MURPHY, B. P.; RUSSELL-SMITH, J. Environmental and demographic correlates of tree recruitment and mortality in north Australian savannas. **Forest Ecology and Management**, v. 257, n. 1, p.66-74, 2009.

RAMBO, B. **A fisionomia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Selbach, 1956. 456p.

RIBEIRO, S. B. **Classificação e ordenação da comunidade arbórea da Floresta Ombrófila Mista da FLONA de São Francisco de Paula, RS**. 2004. 241f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

RODERJAN, C.V., GALVÃO, F., KUNIYOSHI, S.Y., HATSCHBACH, G.G. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná, Brasil. **Ciência e Ambiente** v. 24, p. 75–92, 2002.

ROSSI, L. M. B.; KOEHLER, H. S.; SANQUETTA, C. R.; ARCE, J. E. Modelagem de mortalidade em florestas naturais. **Floresta**, v. 37, n. 2, p. 275-291, 2007a.

ROSSI, L. M. B.; KOEHLER, H. S.; SANQUETTA, C. R.; ARCE, J. E. Modelagem do recrutamento em florestas naturais. **Floresta**, v. 37, n. 3, p. 453-467, 2007b.

SÁ, J. C. M.; CERRI, C. C.; LAL, R.; DICK, W. A. PICCOLO, M. C.; FEIGL, B. E. Soil organic carbon and fertility interactions affected by a tillage chronosequence in a Brazilian

- Oxisol. **Soil and Tillage Research**, v. 104, n. 1, p. 56-64, 2009. Disponível em: <<http://doi.dx.org/10.1016/j.still.2008.11.007>> Acesso em: 03 dez. 2011.
- SANCHEZ, P. A. Soil management in the oxisol savannahs and ultisol jungles of tropical South America. In: GREENLAND, D. J. **Characterization of soils**. Oxford: Clarendon Press, 1981. p.214-253.
- SANCHEZ, P. A.; PALM, C. A.; BUOL, S. W. Fertility capability soil classification: a tool to help assess soil quality in the tropics. **Geoderma**, v. 114, p.157-185, 2003.
- SANQUETTA, C. R. **Fundamentos biométricos dos modelos de simulação florestal**. Curitiba: FUPEF Série Didática n. 8, 1996, 59p.
- SCHNEIDER, P. R. **Manejo Florestal: Planejamento da produção florestal**. Santa Maria: UFSM, 2004. 493p.
- SCHOENHOLTZ, S. H.; MIEGROET, H. V.; BURGER, J. A. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: Challenges and opportunities. **Forest Ecology and Management**, v. 138, p.335-356, 2000.
- SCIAMARELLI, A. **Estudo florístico e fitossociologia da "Mata de Dourados", fazenda Paradoiro, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil**. Campinas: Unicamp, 2005. 120f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.
- SOCHER, L. G. **Dinâmica e biomassa aérea de um trecho de Floresta Ombrófila Mista Aluvial no município de Araucária, Paraná**. 2008. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.
- SPLECHTNA, B.E.; KLINKA, K. Quantitative characterization of nutrient regimes of high-elevation forest soils in the southern coastal region of British Columbia, Canada. **Geoderma**, v. 102, p.153-174, 2001.
- STARK, N Nutrient cycling II: Nutrient distribution in Amazonian vegetation. **International Journal of Tropical Ecology**, v. 12, n. 3, p. 177–201, 1971a.
- STARK, N. Nutrient cycling I: Nutrient distribution in some Amazonian soils. **International Journal of Tropical Ecology**, v. 12, n. 1, p. 24–50, 1971b.
- SUBEDI, N.; SHARMA, M. Individual-tree diameter growth models for black spruce and jack pine plantations in northern Ontario. **Forest Ecology and Management**, v. 261, n.11, p.2140-2148, 2011.
- SWAINE, M. D.; LIEBERMAN, D.; PUTZ, F. E. The dynamics of tree populations in tropical forest: a review. **Journal of Tropical Ecology**, v. 3 , p. 359-366, 1987. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1017/S0266467400002339>> Acesso em: 05 dez. 2011.
- TAGGART, J. B. Ordination as na aid in determining priorities for plant community protection. **Biological Conservation**, v. 68, p. 135-141, 1994.

TERBORGH, J.; ANDRESEN, E. The composition of Amazonian forests: patterns at local and regional scales. **Journal of Tropical Ecology**, v. 14, p.645-664, 1998.

TER BRAAK, C. J. E. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. **Ecology**, v. 67, p. 1167-1179, 1986.

TER BRAAK, C. J. F. The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis. **Vegetatio**, v. 69, p. 69-77, 1987.

THOMAZ, E. L.; ROSS, J. L. S. Processos hidrogeomorfológicos em vertentes com solos argilosos em Guarapuava-PR, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 7, n. 2, p.23-28, 2006.

VALLADARES, G. S. et al. Análise dos componentes principais e métodos multicritério ordinais no estudo de organossolos e solos afins. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, 2008.

VALLADARES, G.S. **Formas de ferro como índices de pedogênese e adsorção de fósforo**. 2000. 165f. Dissertação - (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

VAN DEN DRIESSCHE, R. Prediction of mineral nutrient status of trees by foliar analysis. **Botanical Review**, v.40, p.347-395, 1974.

VANCLAY, J. K. Aggregating tree species to develop diameter increment equations for tropical rainforests. **Forest Ecology and management**, v. 42, n. 3-4, p. 143-168, 1991.

VANCLAY, J. K. **Modeling forest growth and yield**. Copenhagen: Cab. International, 1994. 312p.

VANDEGINSTE, B.G.M.; MASSART, D. L.; BUYDENS, L. M.; DE JONG, C. S.; LEWIS, P. J.; SMEYERS-VERBEKE, J. **Data Handling in Science and Technology**. Elsevier, v. 20, p. 57-86, 1998. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0922-3487\(98\)80040-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0922-3487(98)80040-3)> Acesso em 09 dez 2011.

WHITFORD, W.; WADE, E. L. Decomposition and Nutrient Cycling. In: **Ecology of Desert Systems**. Londres: Academic Press, 2002, p.235-274. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/B978-012747261-4/50010-9>> Acesso em: 05 dez. 2011.

WU, C. C.; TSUI, C. C.; CHANG-FU HSEIH, C. F.; ASIO, V. B.; CHEN, Z. S. Mineral nutrient status of tree species in relation to environmental factors in the subtropical rain forest of Taiwan, **Forest Ecology and Management**, v. 239, n. 1-3, p. 81-91, 2007.

2. DINÂMICA DA COMUNIDADE ARBÓREA DE UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo caracterizar a composição florística e estrutura de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial no município de Guarapuava, PR, bem como avaliar a dinâmica da floresta no período de 2007 a 2011. O estudo contou com uma rede de seis parcelas permanentes de 500 m² cada, subdivididas em cinco subunidades de 100 m², totalizando 30 subunidades e uma área amostral total de 0,3 ha. Para a avaliação da composição florística e estrutura horizontal foram considerados os indivíduos com DAP \geq 5 cm. Em 2007 as árvores que correspondiam ao critério de inclusão tiveram o DAP medido, foram identificadas e plaqueadas para as avaliações futuras. Em 2011 as árvores foram remedidas, e as árvores mortas e recrutadas foram contabilizadas. Com base nestes dados efetuaram-se as estimativas dos parâmetros fitossociológicos das espécies para as duas avaliações, o cálculo do incremento por espécie e para toda a floresta, bem como as estimativas das taxas de mortalidade e ingresso. Ao todo foram identificadas 44 espécies na área de estudo, com o Índice de Diversidade de Shannon passando de 2,62 em 2007 a 2,67 em 2011, refletindo a entrada de duas espécies que não constavam na avaliação inicial. Os resultados da estrutura horizontal apontaram *Sebastiania commersoniana* como a espécie mais representativa da comunidade arbórea, apresentando os maiores valores de Densidade, Dominância, Frequência, e conseqüentemente de Valor de Importância em ambas as avaliações (22,20% e 22,72%, respectivamente), seguida por *Matayba elaeagnoides*, *Prunus myrtifolia* e *Ilex theezans*. A floresta apresentou incremento médio em área basal de 0,86 m².ha.ano⁻¹, sendo que *Matayba elaeagnoides* foi a espécie que mais contribuiu com este aumento, apresentando um crescimento de 15,85% no período de 4 anos. O incremento diamétrico médio da floresta foi de 0,24 cm.ano⁻¹, sendo que a espécie *Araucaria angustifolia* foi a que mais cresceu em diâmetro, com IPA de 0,89 cm.ano⁻¹. A taxa de mortalidade média para a floresta foi superior à taxa de ingresso (3,77% ano⁻¹ e 2,88% ano⁻¹, respectivamente), indicando desequilíbrio. Concluiu-se que as condições ambientais limitantes em ambientes aluviais refletem na diversidade florística menor, e no predomínio de espécies mais adaptadas a essas condições.

Palavras-chave: Floresta ripária; diversidade florística; mortalidade e recrutamento

ABSTRACT

The purpose of this study was to characterize the floristic composition and structure of the arboreal community at an Alluvial Araucaria Forest fragment, in the Guarapuava Municipality, PR, as well as to evaluate the forest dynamics in the period of 2007 and 2011. The study was based on six permanent sample plots with 500 m², subdivided in five subplots with 100 m², totaling 30 subplots and 0.3 ha of sampled area. The floristic composition and horizontal structure was evaluated considering the individuals with DBH \geq 5 cm. In 2007, trees matching this criterion got their DBH measured, the botanical identification and was marked for the future measurements. In 2011 trees were measured again and the dead trees and recruitments were counted. According to these data the phytosociological parameters were estimated in both evaluations, the diameter and basal area increments were calculated for the species and the forest, as well as the mortality and recruitment rates. A total of 44 arboreal species were identified, and the Shannon's Diversity Index ranged from 2.62 in 2007 to 2.67 in 2011, reflecting the entrance of two species not observed on the first evaluation. The results of the horizontal structure points out *Sebastiania commersoniana* as the most representative species of the arboreal community, presenting the highest values for the Density, Dominance and Frequency parameters, and consequently, the highest Importance Value on both evaluations (22.20% and 22.72%, respectively), followed by *Matayba elaeagnoides*, *Prunus myrtifolia* and *Ilex theezans*. The forest presented an average increment in basal area of 0.86 m².ha.year⁻¹, and *Matayba elaeagnoides* was the specie which most contributed to this increasing, presenting a growth of 15.85% in the four years period. The average diameter increment of the forest was 0.24 cm.year⁻¹, and *Araucaria angustifolia* was the species which most grew, increasing in a rate of 0.89 cm.year⁻¹. The forest mortality rate was higher than the recruitment rate (3.77% ano⁻¹ and 2.88% ano⁻¹, respectively), indicating disequilibrium. As conclusion, the constraining environmental conditions taking place in the alluvial forests reflect at the lowest floristic composition of these ecosystems, supporting the presence of the more adapted species.

Key-words: Riparian forest; floristic diversity, mortality and recruitment.

2.1. INTRODUÇÃO

As florestas aluviais ou ripárias exercem importante função ecológica dentro dos ecossistemas por atuarem na regulação da temperatura dos córregos e conseqüentemente, na evaporação, e ainda, evitando a erosão das margens e assoreamento dos rios ou servindo como área de expansão em períodos de cheia. Essa possibilidade de inundações periódicas cria nessa formação florestal um ambiente único, que exige adaptações específicas das espécies e tornam os aspectos florísticos e sucessionais dependentes do regime hidrológico.

Nessas florestas o teor de água no solo é o maior determinante da vegetação ripária. A disponibilidade de água no solo, nesses casos, é influenciada pelo regime pluviométrico, relevo local, o traçado do rio e os tipos de solo, que podem variar com a dinâmica de deposição e retirada de sedimentos junto às margens, nas curvas internas e externas dos rios (TROPPIAIR e MACHADO, 1974).

Tais fatores, como a elevação constante do lençol freático e deposição de sedimentos em áreas aluviais, contribuem para o aumento da heterogeneidade ambiental, e constituem-se em distúrbios recorrentes em florestas ripárias (KELLMAN e TACKABERRY, 1993), que favorecem os processos de sucessão e geram conseqüentes alterações na composição florística ao longo do tempo.

O estudo da dinâmica florestal, em especial considerando as taxas de mortalidade e recrutamento é de fundamental importância na caracterização das populações arbóreas em florestas tropicais (HARTSHORN, 1990; PHILLIPS e GENTRY, 1994). Tendo em vista as condições singulares das florestas aluviais, estudos da dinâmica nestas formações são de grande interesse, possibilitando compreender a resposta da comunidade arbórea aos distúrbios periódicos.

Considerando os aspectos da importância das florestas aluviais para o equilíbrio dos ecossistemas, faz-se necessário compreender esses remanescentes através de estudos florísticos, que permitam a identificação das espécies adaptadas a heterogeneidade desses ambientes. Além do mais, compreender a dinâmica dessas florestas com base nas alterações na diversidade florística e estrutura torna-se necessário para o entendimento dos fatores biológicos e ambientais mais determinantes no desenvolvimento dessas formações, visando melhores práticas de conservação e manejo.

2.2. OBJETIVOS

2.2.1. Objetivo Geral

O objetivo geral deste capítulo foi avaliar a composição florística do componente arbóreo de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, no Município de Guarapuava, PR, bem como os aspectos dinâmicos do remanescente, comparando a evolução da floresta no período de 2007 a 2011, com base nos parâmetros fitossociológicos, capacidade de crescimento, e nos índices de mortalidade e ingresso.

2.2.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar a comunidade arbórea do fragmento em estudo quanto a sua composição florística no período de avaliação;
- Analisar a estrutura horizontal da floresta, com base na fitossociologia, e verificar a evolução dos parâmetros fitossociológicos das espécies no período de 2007 a 2011;
- Avaliar a dinâmica do fragmento com base nos dados de incremento, mortalidade e ingresso.

2.3. MATERIAL E MÉTODOS

2.3.1. Caracterização da Área

A descrição da área de estudo, a partir de suas características físicas, de vegetação e localização encontra-se detalhada no Capítulo 1.

2.3.2. Amostragem da vegetação

No ano de 2007 foram instaladas 6 unidades amostrais de 500 m² cada, distribuídas aleatoriamente sobre a área do fragmento. Todas as unidades foram subdivididas em 5 subunidades de 10 x 10 m (100 m²) para a estimativa dos parâmetros da vegetação, conforme recomendação da Rede de Parcelas Permanentes dos Biomas Mata Atlântica e Pampa - RedeMAP – (SANQUETTA, 2008). O número ideal de unidades amostrais foi obtido com base no cálculo da suficiência amostral, a partir dos dados de densidade de indivíduos, considerando um erro admissível de 10% a um nível de 95% de probabilidade de confiança.

Em cada unidade amostral, todas as árvores com DAP (diâmetro à altura do peito) maiores ou iguais a 5 cm foram numeradas com etiquetas de metal a altura de 1,20 m do solo, medidas e identificadas, bem como alocadas em croqui (coordenadas x,y). A Figura 3 mostra a área de estudo com destaque para as unidades amostrais. Em 2011 as árvores foram remedidas, bem como contabilizadas as árvores mortas e ingressos.

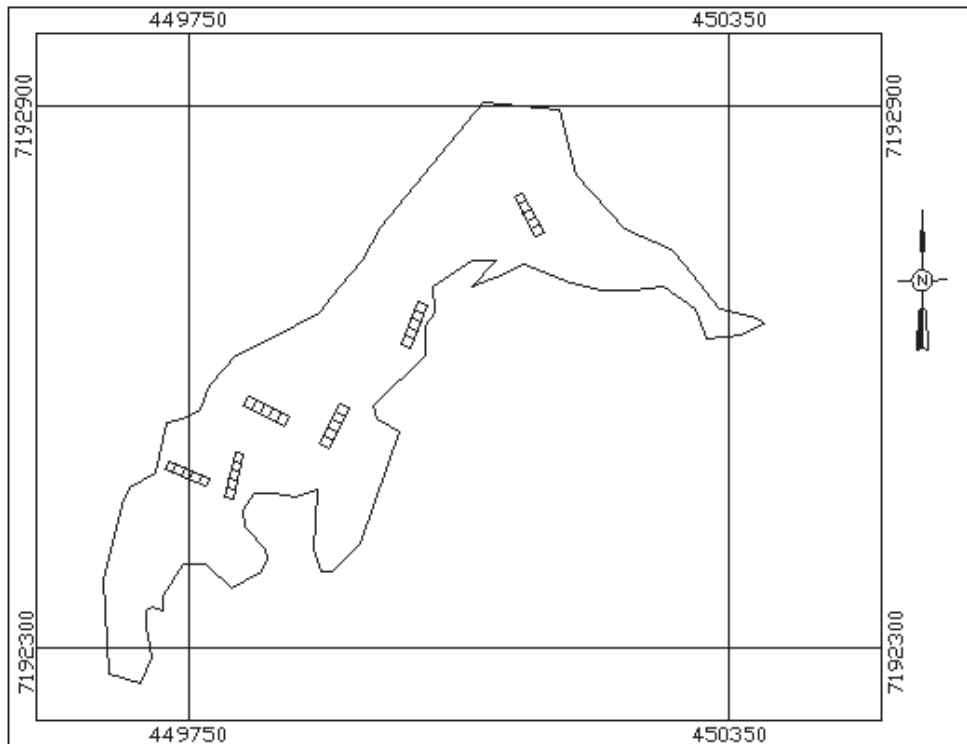


Figura 3: Remanescente de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, localizado nas dependências do Campus CEDETEG, da UNICENTRO, em Guarapuava, PR. Destaque para a localização das unidades amostrais permanentes instaladas em 2007.

2.3.3. Avaliação da Composição Florística e Fitossociológica

As árvores que atenderam ao critério de inclusão ($DAP \geq 5$ cm), foram identificadas a nível de espécie conforme nomenclatura do Sistema APG, Angiosperm Phylogeny Group III (APG III, 2009). A identificação botânica (taxonômica) foi realizada inicialmente *in loco*, bem como baseada na literatura especializada, consultas em herbários e especialistas.

2.3.3.1. Índices de Diversidade

A diversidade florística da área de estudo foi calculada com base no Índice de Shannon-Weaver – H' - (SHANNON e WEAVER, 1949). A expressão 1 representa a fórmula utilizada para a obtenção dos índices empregados.

$$H' = \sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \cdot \ln \frac{N}{n_i} \quad (1)$$

Em que:

H' : Índice de Diversidade de Shannon;

n_i : número de indivíduos amostrados para a i -ésima espécie;

N : número total de indivíduos amostrados;

\ln : Logaritmo Neperiano.

Com o objetivo de avaliar os ganhos ou perdas em diversidade no fragmento avaliado, empregou-se o Índice de Mudança da Diversidade Arbórea, baseado no Índice de Riqueza desenvolvido por Kempton (1979), e proposto por Ledo et al. (2009). Esse índice mostra a diferença nos valores da riqueza das espécies entre as árvores velhas e árvores novas em cada parcela, e pode indicar os diferentes níveis de diversidade entre as árvores que formam a estrutura atual da floresta e a regeneração que irá ocupar a floresta no futuro. Valores negativos para o índice podem indicar que uma perda na diversidade está ocorrendo, enquanto valores positivos indicam que a diversidade de espécie é maior no recrutamento que nas árvores já estabelecidas. Valores próximos a zero indicam que não está havendo mudanças na riqueza de espécies (LEDO et al., 2009).

$$IMD = \frac{S_{2011}}{N_{2011}} - \frac{S_{2007}}{N_{2007}} \quad (2)$$

Em que:

IMD: Índice de Mudança na Diversidade Arbórea;

S : Número de espécies (2007 e 2011);

N : Número de Árvores (2007 e 2011).

A estrutura horizontal da floresta foi caracterizada a partir do cálculo dos parâmetros fitossociológicos: densidade absoluta (DA); dominância absoluta (DoA); frequência absoluta (FR Abs); densidade relativa (AB Rel); dominância relativa (D Rel); frequência relativa (FR Rel); índice de valor de cobertura (IVC) e índice de valor de importância (IVI) (MUELLER-DUMBOIS e ALLENBERG, 1974).

2.3.3.2. Densidade

A densidade das espécies foi calculada a partir da expressão 3, que denota o número de indivíduos da espécie “i” por unidade de área e sua forma relativa em função do número total de indivíduos.

$$DA = n/ha \quad e \quad DR = \frac{DA}{N}.100 \quad (3)$$

Em que:

DA: densidade absoluta;

DR: densidade relativa;

n: número de indivíduos da espécie “i”;

N: número total de indivíduos.

2.3.3.3. Frequência

A frequência indica a porcentagem de parcelas em que determinada espécie ocorreu, sendo representada pela expressão 4 em sua forma absoluta e relativa. Considerando a área de estudo, a frequência absoluta foi dada pela porcentagem de presença da espécie “i” nas 30 subunidades amostrais.

$$FA = \frac{n}{N} . 100 \quad e \quad FR = \frac{FA}{\sum FA} .100 \quad (4)$$

Em que:

FA: frequência absoluta;

FR: frequência relativa;

n: número de parcelas com ocorrência da espécie;

N: número total de parcelas.

2.3.3.4. Dominância

A dominância representa a ocupação de determinada espécie em termos de área transversal, sendo obtida pela soma das áreas transversais de todos os indivíduos da espécie (expressão 5).

$$DoA = \sum g / ha \text{ e } DoR = \frac{DoA}{\sum DoA} .100 \quad (5)$$

Em que:

DoA: dominância absoluta;

DoR: dominância relativa;

g: área transversal da espécie.

2.3.3.5. Valor de Importância

Consiste na somatória dos valores relativos da Densidade, Frequência e Dominância, como representado pela expressão 6.

$$VI = DR + FR + DoR \quad (6)$$

Em que:

VI: valor de importância

DR: densidade relativa;

FR: frequência relativa;

DoR: dominância relativa.

2.3.3.6. Valor de Cobertura

É dado pela somatória dos valores da Densidade Relativa e Dominância Relativa, como apresentado pela expressão 7.

$$VC = DR + DoR \quad (7)$$

Em que:

VC: valor de cobertura;

DR: densidade relativa;

DoR: dominância relativa.

2.3.4. Avaliação dos Processos Dinâmicos da Floresta

A avaliação dos processos dinâmicos da floresta foi efetuada com base na evolução dos parâmetros fitossociológicos durante o período de quatro anos (2007-2011), entre a primeira e a última avaliação. O comportamento das espécies quanto aos parâmetros neste período foi considerado como indicativo do comportamento dinâmico no fragmento de estudo. Outros parâmetros também foram avaliados, como crescimento, mortalidade e recrutamento.

2.3.4.1. Mortalidade e Recrutamento

As árvores vivas na primeira avaliação e que morreram ao longo dos quatro anos foram utilizadas para o cômputo da taxa de mortalidade, dada para o total da floresta e por espécie, como segue na expressão 8.

$$M\% = \frac{Nm}{N} .100 \quad (8)$$

Em que:

M%: percentual de mortalidade

Nm: número de indivíduos mortos da espécie no período;

N: número total de indivíduos.

O recrutamento foi avaliado com base naquelas árvores que não constavam na medição inicial e que atingiram o diâmetro mínimo de inclusão ($DAP \geq 5$ cm) na medição final. A taxa de recrutamento foi dada por espécie e para toda a floresta a partir da expressão 9.

$$I\% = \frac{N_i}{N} \cdot 100 \quad (9)$$

Em que:

I%: porcentagem de recrutas;

Ni: número de indivíduos recrutas da espécie no período;

N: número total de indivíduos.

2.3.4.2. Crescimento

O crescimento da floresta no período de 2007 a 2011 foi avaliado com base no incremento diamétrico e incremento em área basal. Os cálculos foram baseados nas árvores incluídas na primeira medição que permaneceram vivas até o momento da segunda avaliação. Os incrementos diamétricos e em área basal foram obtidos para espécie e também para toda a floresta. Calculou-se o incremento periódico, e incremento periódico anual, conforme expressão 10 (diâmetro) e 11 (Área Basal).

$$IP_{DAP} = DAP_{t1} - DAP_{t0} \quad \text{e} \quad IPA_{DAP} = \frac{IP_{DAP}}{T} \quad (10)$$

$$IP_g = g_1 - g_2 \quad \text{e} \quad IPA_g = \frac{IP_g}{T} \quad (11)$$

Em que:

IP: incremento periódico;

DAP: diâmetro à altura do peito;

g: área transversal;

T: tempo decorrido entre as avaliações.

2.3.4.3. Distribuição diamétrica

A distribuição diamétrica da floresta foi avaliada com base na medição inicial e final. Os diâmetros em ambos os períodos foram agrupados em classes de 5 cm, com a respectiva frequência de indivíduos por classes diamétricas. Ao todo foram consideradas 10 classes diamétricas, sendo a décima classe correspondente aos indivíduos com diâmetros > 50 cm.

2.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.4.1. Suficiência Amostral

A intensidade amostral para a avaliação florística e de dinâmica indicou que o número de unidades utilizadas no levantamento foram suficientes para o estudo da comunidade arbórea, considerando um erro admissível de 10% e 95% de probabilidade de confiança. Com bases nestes valores e considerando uma população finita, o número mínimo recomendando de unidades amostrais para a área de estudo foi igual a 26, sendo que o número de unidades utilizadas foi igual a 30.

2.4.2. Composição Florística

No período de 2007 e 2011, em que foram avaliados os aspectos florísticos e dinâmicos do remanescente florestal, foram encontradas 44 espécies arbóreas, distribuídas em 27 famílias e 37 gêneros (Tabela 1). As famílias mais representativas quanto ao número de espécies foram Lauraceae, representada por seis espécies, seguida por Myrtaceae com cinco espécies, Salicaceae e Sapindaceae com três espécies, Anacardiaceae, Aquifoliaceae, Asteraceae, Euphorbiaceae, Primulaceae e Rutaceae com duas espécies, sendo que as demais famílias apresentaram uma única espécie.

Tabela 1: Espécies identificadas em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapuava, PR

FAMÍLIA/ESPÉCIE	NOME COMUM	2007	2011
ANACARDIACEAE			
<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	Aroeira Branca	o	o
<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	Aroeira vermelha	o	o
ANNONACEAE			
<i>Rollinia rugulosa</i> Schltldl.	Ariticum	o	o
AQUIFOLIACEAE			
<i>Ilex dumosa</i> Reissek	Orelha de mico	o	o
<i>Ilex theezans</i> Mart. Ex Reissek	Caúna	o	o
ARAUCARIACEAE			
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	Araucária	o	o

ASTERACEAE			
<i>Gochnatia polymorpha</i> (Less.) Cabrera	Cambará	o	o
<i>Vernonanthura discolor</i> (Spreng.) H. Rob.	Vassourão		o
BIGNONIACEAE			
<i>Bignonia alba</i> Aubl.	Ipê-amarelo	o	o
CANELLACEAE			
<i>Capsicodendron dinisii</i> (Schwacke) Occhioni	Pimenteira	o	o
CELASTRACEAE			
<i>Maytenus ilicifolia</i> (Schrad.) Planch.	Espinheira Santa	o	o
CLETHRACEAE			
<i>Clethra scabra</i> Pers.	Carne de vaca	o	o
DICKSONIACEAE			
<i>Dicksonia sellowiana</i> Hook.	Xaxim	o	o
ERYTHROXYLACEAE			
<i>Erythroxylum deciduum</i> A. St.-Hil.	Marmeleiro	o	o
EUPHORBIACEAE			
<i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L.B. Sm. & Downs	Branquilha	o	o
<i>Sapium glandulatum</i> (Vell.) Pax	Leiteiro	o	o
FABACEAE			
<i>Mimosa scabrella</i> Benth.	Bracatinga	o	
LAMIACEAE			
<i>Vitex megapotamica</i> (Spreng.) Moldenke	Tarumã	o	o
LAURACEAE			
<i>Cinnamomum vesiculosum</i> (Nees) Kosterm.	Canela alho	o	o
<i>Nectandra lanceolata</i> Ness	Canela amarela		o
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	Canela guaicá	o	o
<i>Ocotea pulchella</i> (Nees & Mart.) Mez	Canela lageana	o	o
<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez	Canela pimenta	o	o
<i>Cinnamomum sellowianum</i> (Nees & C. Martius ex Nees) Kosterm.	Canela raposa	o	o
MYRTACEAE			
<i>Eugenia rostrifolia</i> D. Legrand	Batinga	o	o
<i>Calyptanthus concinna</i> DC.	Guamirim facho	o	o
<i>Myrcia arborescens</i> O. Berg	Guamirim ferro	o	o
<i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC.	Guamirim vermelho	o	o
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> Mart. ex O. Berg	Guavirova	o	o
OLEACEAE			
<i>Ligustrum lucidum</i> W.T. Aiton	Alfeneiro	o	o
PRIMULACEAE			
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	Capororóquina	o	o
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	Capororoca	o	o
RHAMNACEAE			
<i>Rhamnus sphaerosperma</i> Sw.	Fruto de pombo	o	o

ROSACEAE			
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	Pessegueiro Bravo	o	o
RUTACEAE			
<i>Zanthoxylum kleinii</i> (R.S. Cowan) P.G. Waterman	Juvevê	o	o
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Mamica de cadela	o	o
SALICACEAE			
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	Guaçatunga	o	o
<i>Xylosma pseudosalzmanii</i> Sleumer	Sucará	o	o
<i>Xylosma ciliatifolia</i> (Clos) Eichler	Sucará	o	o
SAPINDACEAE			
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	Cuvatã	o	o
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	Miguel pintado	o	o
<i>Allophylus edulis</i> (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Hieron. ex Niederl.	Vacum	o	o
SOLANACEAE			
<i>Solanum</i> sp.	Solanum	o	o
SYMPLOCACEAE			
<i>Symplocos tetrandra</i> Mart.	Sete sangrias	o	o

As famílias Lauraceae, Myrtaceae, Salicaceae e Sapindaceae correspondem juntas a 38,64% do total de espécies presentes na área de estudo, sendo, portanto, as famílias mais representativas da comunidade arbórea. Para Leite e Klein (1990), composições como esta, onde há associações de araucária com espécies das famílias Aquifoliaceae, Lauraceae e Myrtaceae, caracterizam a fitosisionomia da Floresta Ombrófila Mista.

Para as formações aluviais na Floresta Ombrófila Mista no Estado do Paraná, esta composição das famílias mais representativas da comunidade arbórea é bastante frequente. Outros trabalhos em áreas aluviais constataram a importância de outras famílias além daquelas encontradas no presente estudo, como Asteraceae, Solanaceae e Euphorbiaceae em áreas de várzea do Rio Iguaçu, em São Mateus do Sul, PR (SILVA et al., 1997), e Anacardiaceae, Rubiaceae e Rhamnaceae em áreas aluviais em Araucária, PR (BARDDAL et al., 2004).

No período avaliado houve o ingresso de duas espécies que não constavam nas avaliações iniciais: *Nectandra lanceolata* e *Vernonanthura discolor*. A entrada destas espécies na comunidade arbórea refletiu-se no aumento no valor do Índice de Shannon (H'), que passou de 2,62 em 2007 para 2,67 em 2011, indicando um leve ganho em diversidade florística no local. Estes valores encontrados para a diversidade podem ser considerados altos, comparados a outros trabalhos realizados em áreas semelhantes. Pasdiora (2003), em estudos

da vegetação ripária em Araucária, PR obteve um Índice de Shannon no valor de 2,06, enquanto Barddal et al. (2004) em estudos semelhantes também em Araucária, PR, obtiveram Índice de Shannon no valor de 1,59.

Entretanto, quando comparado com valores de Índice de Shannon obtidos para estudos em Floresta Ombrófila Mista sem influência aluvial, o valor obtido para o presente estudo é menor, indicando a influência restritiva de ambientes sujeitos à saturação hídrica. Em estudos na Floresta Ombrófila Mista no estado do Paraná, Silvestre (2009) em estudos em fragmentos de FOM em Castro, Boa Ventura do São Roque e Guarapuava obteve valores iguais a 3,08, 2,93 e 3,30, respectivamente; e Almeida et al. (2008), também em Guarapuava obteve valor para o Índice de Shannon de 3,26.

O Índice de Mudança na Diversidade (IMD) apresentou valores que variaram de -0,50 a 0,02 quando calculado para todas as subunidades avaliadas. Segundo Ledo et al. (2009), valores positivos indicam ganho em diversidade, enquanto valores negativos indicam redução da mesma. Valores zerados indicam a inexistência de mudança na composição florística local. Dentre as 30 subunidades avaliadas, apenas 3 (10%) indicaram aumento na diversidade florística, enquanto 7 subunidades (23,33%) não apresentaram alteração na composição de espécies. A grande maioria das parcelas (20 – 66,66%) obteve valores negativos para o índice, indicando uma tendência de redução na diversidade florística do fragmento florestal. Esta tendência pode ser confirmada pelo valor do índice calculado para toda a floresta, igual a -0,0026.

A tendência na redução da diversidade florística no período avaliado pode ser consequência das condições ambientais limitantes em ambientes aluviais. De acordo com Lobo e Joly (2000), as mudanças do padrão florístico e estrutural da vegetação de áreas inundáveis ocorrem em função da heterogeneidade ambiental associada ao regime de inundação, como por exemplo, diferentes níveis de oxigenação do solo e padrões de sedimentação.

A eliminação do ar no solo limita as trocas gasosas entre as plantas e a atmosfera criando, assim, um ambiente hipóxico ou anóxico, que exerce caráter fortemente seletivo no processo de estabelecimento das espécies. Além disso, associada às inundações, ocorre deposição periódica de sedimentos, fator limitante ao estabelecimento das plantas, pois pode inibir a germinação de sementes e aumentar a mortalidade de plântulas pelo soterramento (JUNK e PIEDADE, 1993). Estes fatores associados dificultam o estabelecimento de espécies

menos adaptadas a estes ambientes, proporcionando uma diversidade menos expressiva que em florestas sem influência direta da condição aluvial, como pôde ser observado neste trabalho.

2.4.3. Dinâmica da Estrutura Horizontal

2.4.3.1. Distribuição Diamétrica

A distribuição diamétrica observada para a floresta em ambos os períodos seguiu a tendência exponencial negativa, característica de florestas mistas (Figura 4). Observa-se que a redução de 2,82% no número de indivíduos durante o período avaliado é resultado principalmente da mortalidade na classe inicial (5,0 – 9,9 cm), que apresentou perda de 11,02% no total de árvores. Este fato, associado à transição de indivíduos para classes diamétricas superiores, provocou um atenuamento na inclinação da curva em 2011, além do prolongamento às classes diamétricas superiores não observadas em 2007.

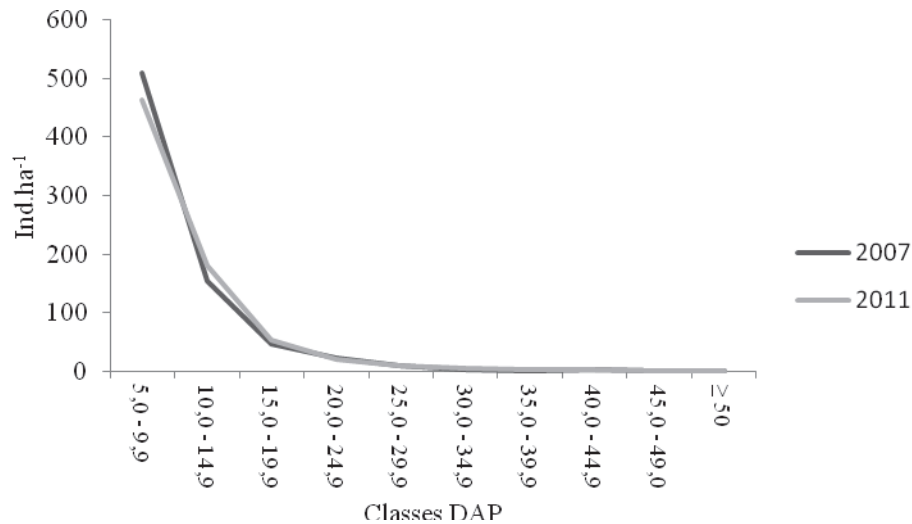


Figura 4: Distribuição diamétrica de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial nos períodos de 2007 e 2011.

Um número maior de indivíduos nas classes inferiores de diâmetro pode caracterizar uma floresta estocada, sendo este o padrão em florestas tropicais estáveis formadas por

espécies variadas e de diferentes idades (SCOLFORO et al., 1998). Este modelo de distribuição exponencial negativa indica que as populações que compõe a comunidade são estáveis e autoregenerativas, havendo um balanço entre a mortalidade e o recrutamento dos indivíduos (PEREIRA-SILVA, 2004).

O diâmetro médio também sofreu alteração no período, sendo que em 2007 era igual a 9,74 cm, e em 2011 passou a 10,51 cm. Esse aumento deve-se ao incremento das árvores remanescentes e também à redução no número de indivíduos das classes iniciais.

Graff Neto (2011) e Socher (2004) avaliando fragmentos de Floresta Ombrófila Mista Aluvial em Araucária, PR, também constataram o padrão de distribuição diamétrica exponencial negativa. Em trabalhos desenvolvidos na FLONA de Irati (PR), Orellana (2009) também constatou a redução no número de indivíduos e aumento no diâmetro médio durante o período analisado (2002 a 2008). Entretanto, Schaaf (2001) avaliando a dinâmica de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo, PR observou que o número de árvores aumentou no período avaliado (1979-2000), e as médias dos diâmetros também aumentaram, e houve um grande aumento no número de indivíduos nas classes diamétricas > 50 cm.

2.4.3.2. Evolução dos parâmetros fitossociológicos

Os parâmetros fitossociológicos das espécies da floresta foram calculados para a primeira avaliação, em 2007 e a última, em 2011. Com base nestes parâmetros foi possível identificar as variações estruturais ocorridas no fragmento florestal no período, bem como compreender a dinâmica das espécies presentes. As Tabelas 2 e 3 relacionam as espécies encontradas em ambas às avaliações com seus respectivos parâmetros fitossociológicos.

Tabela 2: Estimativa dos parâmetros fitossociológicos de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial para o ano de 2007, no município de Guarapuava, PR

Espécie	DoA m ² .ha ⁻¹	DoR %	FA %	FR %	DA Ind.ha ⁻¹	DR %	VC (0-100%)	VI (0-100%)
<i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L.B. Sm. & Downs	5,61	22,58	76,67	8,16	933,33	35,85	29,22	22,20
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	3,18	12,80	70,00	7,45	336,67	12,93	12,86	11,06
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	1,56	6,29	90,00	9,57	153,33	5,89	6,09	7,25
<i>Ilex theezans</i> Mart. Ex Reissek	0,55	2,20	63,33	6,74	106,67	4,10	3,15	4,35
<i>Ocotea pulchella</i> (Nees & Mart.) Mez	1,07	4,31	40,00	4,26	90,00	3,46	3,88	4,01
<i>Dicksonia sellowiana</i> Hook.	1,54	6,20	30,00	3,19	46,67	1,79	4,00	3,73
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	0,61	2,47	53,33	5,67	70,00	2,69	2,58	3,61
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	0,63	2,55	40,00	4,26	83,33	3,20	2,88	3,34
<i>Cinnamodendron dinisii</i> Schwanke	0,75	3,02	36,67	3,90	70,00	2,69	2,85	3,20
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil., Cambess. & A. Juss.) Radlk.)	0,30	1,19	43,33	4,61	86,67	3,33	2,26	3,04
<i>Erythroxyllum deciduum</i> A. St.-Hil.	0,74	2,97	26,67	2,84	43,33	1,66	2,31	2,49
<i>Ligustrum lucidum</i> W.T. Aiton	0,48	1,93	30,00	3,19	50,00	1,92	1,93	2,35
<i>Symplocos tetrandra</i> Mart.	0,52	2,10	23,33	2,48	63,33	2,43	2,26	2,34
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	0,99	3,99	13,33	1,42	20,00	0,77	2,38	2,06
<i>Ilex dumosa</i> Reissek	0,59	2,37	20,00	2,13	40,00	1,54	1,95	2,01
<i>Clethra scabra</i> Pers.	0,72	2,90	16,67	1,77	33,33	1,28	2,09	1,98
<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez	0,79	3,20	13,33	1,42	16,67	0,64	1,92	1,75
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	0,91	3,66	10,00	1,06	10,00	0,38	2,02	1,70
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	0,34	1,36	16,67	1,77	20,00	0,77	1,06	1,30
<i>Zanthoxylum kleinii</i> (R.S. Cowan) P.G. Waterman	0,32	1,28	13,33	1,42	20,00	0,77	1,02	1,15
<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	0,14	0,56	20,00	2,13	20,00	0,77	0,66	1,15

Continua...

Tabela 2: Estimativa dos parâmetros fitossociológicos de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial para o ano de 2007, no município de Guarapuava, PR.

Espécie	DoA m ² .ha ⁻¹	DoR %	FA %	FR %	DA Ind.ha ⁻¹	DR %	VC (0-100%)	VI (0-100%)
<i>Solanum sp</i>	0,21	0,86	16,67	1,77	16,67	0,64	0,75	1,09
<i>Myrcia arborescens</i> O. Berg	0,06	0,26	20,00	2,13	16,67	0,64	0,45	1,01
<i>Calyptranthes concinna</i> DC.	0,06	0,23	13,33	1,42	16,67	0,64	0,43	0,76
<i>Cinnamomum vesiculosum</i> (Nees) Kosterm.	0,07	0,28	13,33	1,42	13,33	0,51	0,40	0,74
<i>Gochnatia polymorpha</i> (Less.) Cabrera	0,19	0,78	6,67	0,71	16,67	0,64	0,71	0,71
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	0,10	0,39	10,00	1,06	13,33	0,51	0,45	0,66
<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	0,27	1,08	3,33	0,35	10,00	0,38	0,73	0,61
<i>Xylosma ciliatifolia</i> (Clos) Eichler	0,05	0,20	10,00	1,06	10,00	0,38	0,29	0,55
<i>Rollinia rugulosa</i> Schldtl.	0,07	0,28	6,67	0,71	6,67	0,26	0,27	0,42
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	0,04	0,14	3,33	0,35	13,33	0,51	0,33	0,34
<i>Eugenia rostrifolia</i> D. Legrand	0,04	0,15	3,33	0,35	10,00	0,38	0,27	0,30
<i>Bignonia alba</i> Aubl.	0,04	0,15	3,33	0,35	3,33	0,13	0,14	0,21
<i>Rhamnus sphaerosperma</i> Sw.	0,03	0,11	3,33	0,35	3,33	0,13	0,12	0,20
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> Mart. ex O. Berg	0,02	0,08	3,33	0,35	3,33	0,13	0,10	0,19
<i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC.	0,02	0,07	3,33	0,35	3,33	0,13	0,10	0,18
<i>Vitex megapotamica</i> (Spreng.) Moldenke	0,02	0,07	3,33	0,35	3,33	0,13	0,10	0,18
<i>Xylosma pseudosalzmanii</i> Sleumer	0,02	0,06	3,33	0,35	3,33	0,13	0,09	0,18
<i>Sapium glandulatum</i> (Vell.) Pax	0,01	0,05	3,33	0,35	3,33	0,13	0,09	0,18
<i>Cinnamomum sellowianum</i> (Nees & C. Martius ex Nees) Kosterm.	0,01	0,04	3,33	0,35	3,33	0,13	0,08	0,17
<i>Maytenus ilicifolia</i> (Schrud.) Planch.	0,01	0,04	3,33	0,35	3,33	0,13	0,08	0,17
<i>Mimosa scabrella</i> Benth.	0,01	0,03	3,33	0,35	3,33	0,13	0,08	0,17
NI Morta	1,18	4,76	53,33	5,67	113,33	4,35	4,56	4,93
Total	24,83	100,00	940,00	100,00	2603,33	100,00	100,00	100,00

Onde: DoA: Dominância Absoluta; DoR: Dominância Relativa; FA: Frequência Absoluta; FR: Frequência Relativa; DA: Densidade Absoluta; DR: Densidade Relativa; VC: Valor de Cobertura; VI: Valor de Importância.

Tabela 3: Estimativa dos parâmetros fitossociológicos de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial para o ano de 2011, no município de Guarapuava, PR.

Espécie	DoA m².ha⁻¹	DoR %	FA %	FR %	DA Ind.ha⁻¹	DR %	VC (0-100%)	VI (0-100%)
<i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L.B. Sm. & Downs	5,91	22,96	76,67	8,85	920,00	36,36	29,66	22,72
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	3,82	14,86	63,33	7,31	340,00	13,44	14,15	11,87
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	1,73	6,74	73,33	8,46	150,00	5,93	6,33	7,04
<i>Ilex theezans</i> Mart. Ex Reissek	0,51	1,98	63,33	7,31	93,30	3,69	2,83	4,32
<i>Ligustrum lucidum</i> W.T. Aiton	1,09	4,22	30,00	3,46	110,00	4,35	4,28	4,01
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	0,72	2,78	53,33	6,15	73,30	2,90	2,84	3,94
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	0,79	3,07	40,00	4,62	93,30	3,69	3,38	3,79
<i>Ocotea pulchella</i> (Nees & Mart.) Mez	1,01	3,94	36,67	4,23	76,70	3,03	3,49	3,74
<i>Dicksonia sellowiana</i> Hook.	1,37	5,34	30,00	3,46	43,30	1,71	3,52	3,50
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil., Cambess. & A. Juss.) Radlk.)	0,27	1,06	43,33	5,00	80,00	3,16	2,11	3,07
<i>Cinnamodendron dinisii</i> Schwanke	0,61	2,38	33,33	3,85	60,00	2,37	2,38	2,87
<i>Erythroxylum deciduum</i> A. St.-Hil.	0,86	3,33	26,67	3,08	40,00	1,58	2,46	2,66
<i>Clethra scabra</i> Pers.	0,92	3,58	16,67	1,92	33,33	1,32	2,45	2,27
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	1,11	4,31	13,33	1,54	20,00	0,79	2,55	2,21
<i>Ilex dumosa</i> Reissek	0,62	2,39	20,00	2,31	40,00	1,58	1,99	2,09
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	1,18	4,59	10,00	1,15	10,00	0,40	2,49	2,05
<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez	0,90	3,50	13,33	1,54	16,67	0,66	2,08	1,90
<i>Symplocos tetrandra</i> Mart.	0,29	1,13	20,00	2,31	26,70	1,06	1,09	1,50
<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	0,12	0,45	20,00	2,31	16,70	0,66	0,56	1,14
<i>Zanthoxylum kleinii</i> (R.S. Cowan) P.G. Waterman	0,36	1,41	13,33	1,54	13,30	0,53	0,97	1,16
<i>Myrcia arborescens</i> O. Berg	0,07	0,27	20,00	2,31	20,00	0,79	0,53	1,12
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	0,32	1,25	13,33	1,54	10,00	0,40	0,82	1,06
<i>Solanum sp</i>	0,22	0,86	13,33	1,54	13,30	0,53	0,69	0,98

Continua...

Tabela 3: Estimativa dos parâmetros fitossociológicos de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial para o ano de 2011, no município de Guarapuava, PR.

Espécie	DoA m ² .ha ⁻¹	DoR %	FA %	FR %	DA Ind.ha ⁻¹	DR %	VC (0-100%)	VI (0-100%)
<i>Gochnatia polymorpha</i> (Less.) Cabrera	0,17	0,67	6,67	0,77	20,00	0,79	0,73	0,74
<i>Calypttranthes concinna</i> DC.	0,03	0,11	13,33	1,54	6,70	0,26	0,19	0,64
<i>Xylosma ciliatifolia</i> (Clos) Eichler	0,06	0,22	10,00	1,15	10,00	0,40	0,31	0,59
<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	0,08	0,30	3,33	0,38	6,70	0,26	0,28	0,32
<i>Cinnamomum vesiculosum</i> (Nees) Kosterm.	0,05	0,18	10,00	1,15	6,70	0,26	0,22	0,53
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	0,05	0,20	6,67	0,77	10,00	0,40	0,30	0,46
<i>Rollinia rugulosa</i> Schldtl.	0,06	0,24	6,67	0,77	6,70	0,26	0,25	0,42
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	0,04	0,15	3,33	0,38	13,33	0,53	0,34	0,35
<i>Eugenia rostrifolia</i> D. Legrand	0,05	0,19	3,33	0,38	10,00	0,40	0,29	0,32
<i>Rhamnus sphaerosperma</i> Sw.	0,07	0,27	3,33	0,38	3,33	0,13	0,20	0,26
<i>Vernonanthura discolor</i> (Spreng.) H.Rob.	0,07	0,27	3,33	0,38	3,33	0,13	0,20	0,26
<i>Bignonia alba</i> Aubl.	0,07	0,25	3,33	0,38	3,33	0,13	0,19	0,26
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> Mart. ex O. Berg	0,03	0,11	3,33	0,38	3,33	0,13	0,12	0,21
<i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC.	0,03	0,10	3,33	0,38	3,33	0,13	0,12	0,21
<i>Vitex megapotamica</i> (Spreng.) Moldenke	0,02	0,09	3,33	0,38	3,33	0,13	0,11	0,20
<i>Cinnamomum sellowianum</i> (Nees & C. Martius ex Nees) Kosterm.	0,02	0,07	3,33	0,38	3,33	0,13	0,10	0,20
<i>Sapium glandulatum</i> (Vell.) Pax	0,02	0,06	3,33	0,38	3,33	0,13	0,10	0,19
<i>Xylosma pseudosalzmanii</i> Sleumer	0,01	0,05	3,33	0,38	3,33	0,13	0,09	0,19
<i>Maytenus ilicifolia</i> (Schrad.) Planch.	0,01	0,04	3,33	0,38	3,33	0,13	0,08	0,18
<i>Nectandra lanceolata</i> Nees	0,01	0,02	3,33	0,38	3,33	0,13	0,08	0,18
NI Morta	0,06	0,23	23,33	2,69	103,30	4,08	2,15	2,33
Total	25,73	100,00	866,66	100,00	2530,00	100,00	100,00	100,00

Onde: DoA: Dominância Absoluta; DoR: Dominância Relativa; FA: Frequência Absoluta; FR: Frequência Relativa; DA: Densidade Absoluta; DR: Densidade Relativa; VC: Valor de Cobertura; VI: Valor de Importância.

No ano de 2007, a floresta apresentava área basal de 24,83 m².ha⁻¹. Desse total, *Sebastiania commersoniana* foi a espécie que apresentou a maior dominância, com valores relativos de 22,58%. Esta espécie, juntamente com *Matayba elaeagnoides*, *Prunus myrtifolia*, *Dicksonia sellowiana* e *Ocotea pulchella*, foram as cinco espécies mais dominantes, e representavam 52,17% da dominância total da floresta.

Em 2011, apesar da redução no número de indivíduos, a área basal da floresta apresentou um acréscimo de 3,62%, passando a 25,73 m².ha⁻¹. *Sebastiania commersoniana* permaneceu como a espécie de maior dominância na floresta, com valor relativo de 22,96%. *Matayba elaeagnoides*, *Prunus myrtifolia* e *Dicksonia sellowiana* permaneceram na sequência como espécies de maior dominância. No entanto, *Ocotea pulchella*, que em 2007 representava a 5ª posição entre as dominantes, foi substituída por *Araucaria angustifolia*, que passou de uma dominância de 3,67% em 2007 a 4,59% em 2011.

Graff Neto (2011), avaliando a dinâmica de uma Floresta Ombrófila Mista Aluvial em Araucária, PR constatou um aumento de 13,20% na área basal da floresta, que passou de 42,50 m².ha⁻¹ em 2001 a 48,12 m².ha⁻¹ em 2010, representando um aumento de 1,47% ao ano. Tais valores de área basal são considerados altos quando comparados com o presente estudo, sendo devido especialmente à grande participação de *Sebastiania commersoniana* no trabalho deste autor, que correspondia sozinha em 2001 a 73,28% da dominância total da floresta e em 2010 a 72,32%, dominância esta, decorrente especialmente do grande número de fustes observados para esta espécie (2725 fustes.ha⁻¹ em 2001 e 2535 fustes.ha⁻¹ em 2010).

Ao avaliar a estrutura de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo, Durigan (1999) constatou que 14 espécies representavam 76,12% da dominância da floresta. *Araucaria angustifolia* foi a espécie mais dominante, representando 43,62% da dominância total, seguida por *Matayba elaeagnoides* com 13,39%, e *Ocotea porosa* com 9,29%. Durante o período de um ano, a autora constatou um acréscimo na dominância total de 1,57%.

Em estudos de dinâmica florestal na FLONA de Irati, PR, Sawczuk (2009) observou aumento de 5,12% na área basal da floresta (0,85% ao ano), num período de seis anos, que passou de 28,68 m².ha⁻¹ a 30,15 m².ha⁻¹. Conforme o autor, este processo decorre do aumento na participação de árvores de maior porte na floresta. Semelhantemente, Schaaf (2000), avaliando a dinâmica de uma Floresta Ombrófila Mista no Paraná, observou aumento

expressivo na área basal da floresta no período avaliado de 21 anos, onde o acréscimo foi de 21,27%, ou 1,01% ao ano.

As espécies *Prunus myrtifolia*, *Sebastiania commersoniana*, *Matayba elaeagnoides*, *Ilex theezans* e *Zanthoxylum rhoifolium* foram as mais frequentes na área de estudo em 2007 (FA = 90%, 76,67%, 70%, 63,33% e 53,33%, respectivamente). Em 2011, *Prunus myrtifolia* reduziu sua distribuição na floresta, sendo, portanto, a primeira posição ocupada por *Sebastiania commersoniana*.

A redução na distribuição de espécies na área de estudo, além de ser devida aos processos dinâmicos e de sucessão da floresta, pode ser resultado dos fatores ambientais limitantes que predominam em formações aluviais. Esses fatores, especialmente àqueles ligados a duração do período de alagamento, causam variações na fisionomia e composição florística das áreas, assim como na densidade, dominância, frequência e estrutura das comunidades (SCHIAVINI, 1992).

Durante a primeira avaliação da comunidade florestal, em 2007, foram observados 781 indivíduos, com DAP ≥ 5 cm, considerando toda a área amostral - 3.000 m² - (2.603,33 ind.ha⁻¹). No período de 4 anos (2007-2011), houve redução no número de indivíduos, considerando o balanço entre mortalidade e ingresso, o que resultou em um total de 759 indivíduos (2.530 ind.ha⁻¹).

Sebastiania commersoniana foi a espécie que mais contribuiu com o número de indivíduos da floresta, apresentando uma densidade de 933,33 ind.ha⁻¹ em 2007, e 920,00 ind.ha⁻¹ em 2011. Embora tenha havido redução no número de indivíduos desta espécie, não houve redução na dominância, indicando que o incremento dos indivíduos remanescentes e as árvores recrutadas compensaram a redução da área basal causada pela mortalidade.

Além de *Sebastiania commersoniana*, na primeira avaliação, as espécies *Matayba elaeagnoides*, *Prunus myrtifolia*, *Ilex theezans* e *Ocotea pulchella* apresentaram as maiores densidades (336,67 ind.ha⁻¹, 153,33 ind.ha⁻¹, 106,67 ind.ha⁻¹, e 90 ind.ha⁻¹, respectivamente). Em 2011, houve alteração em relação às espécies com maior densidade na área de estudo, principalmente devido ao aumento na participação de *Ligustrum lucidum*, espécie exótica que passou a ocupar a quarta posição entre as espécies de maior densidade, passando de um total de 50 ind.ha⁻¹ em 2007 a 110 ind.ha⁻¹ em 2011, representando aumento de 120% no número de indivíduos. Na última avaliação, apenas 4 espécies (*Sebastiania commersoniana*, *Matayba*

elaeagnoides, *Prunus myrtifolia* e *Ligustrum lucidum*) foram responsáveis por 60,08% do total de indivíduos da floresta.

Barddal et al. (2004), caracterizando a vegetação de uma Floresta Ombrófila Mista Aluvial no Paraná, considerando um limite de inclusão também de 5 cm, observaram uma densidade de indivíduos semelhante à obtida no presente estudo, igual a 2535 ind.ha⁻¹, sendo que apenas *Sebastiania commersoniana* representou 60,3% deste total. Socher (2004), em estudos na Floresta Ombrófila Mista Aluvial também observou valores de densidade semelhantes (2600 ind.ha⁻¹), em que *Sebastiania commersoniana* apresentou igualmente alta densidade na floresta, correspondendo a 65,24% do total dos indivíduos. Silva et al. (2009), em estudos da comunidade arbórea em Floresta Aluvial em Minas Gerais, observou um total de 1911,11 ind.ha⁻¹, onde *Sebastiania commersoniana* também foi a espécie mais abundante, representando 41,42% da densidade total.

A presença de *Ligustrum lucidum* na composição da comunidade arbórea na Floresta Ombrófila Mista Aluvial, também foi constatada por Graff Neto (2011). Introduzida originalmente no Brasil para fins ornamentais *Ligustrum lucidum* passou a espécie invasora, ocupando além dos ambientes urbanos e da Floresta Ombrófila Mista Aluvial, a Floresta Ombrófila Mista Montana e Floresta Estacional Semidecidual Submontana (BIONDI e PEDROSA-MACEDO, 2008). O êxito de sua rápida distribuição por estes ambientes, também como observado na área de estudo, se dá pela grande produção de frutos desta espécie, com maturação sincronizada, que são atrativos a diferentes espécies de pássaros, que facilitam ainda mais o processo de dispersão da espécie (MOLTALDO, 1993).

Plantas invasoras, como *Ligustrum lucidum*, são consideradas um dos maiores problemas ecológicos da atualidade, visto que a sua proliferação afeta a conservação da biodiversidade e funcionamento dos ecossistemas (PAUCHARD et al., 2004). O estabelecimento e reprodução destas espécies implicam em alterações físicas e biológicas na comunidade, que pode modificar a disponibilidade de recursos, permitindo a entrada de outras espécies invasoras (COHEN, 2002).

Em relação ao Valor de Cobertura (VC), em 2007 a espécie *Sebastiania commersoniana* foi a que apresentou o maior resultado (29,22%), seguida pelas espécies *Matayba elaeagnoides*, *Prunus myrtifolia*, *Dicksonia sellowiana* e *Ocotea pulchella*, correspondendo juntas a 56,05% do Valor de Cobertura total. Em 2011, *Sebastiania commersoniana* permaneceu como a espécie de maior VC na floresta, seguida por *Matayba*

elaeagnoides, *Prunus myrtifolia*, *Ligustrum lucidum* e *Dicksonia sellowiana*. Juntas essas espécies correspondem a 59,26% do Valor de Cobertura.

Das espécies que compunham a comunidade florestal em 2007, *Sebastiania commersoniana* foi a que apresentou o maior Valor de Importância (22,20%), seguida por *Matayba elaeagnoides* (11,05%), *Prunus myrtifolia* (7,25%), *Ilex theezans* (4,34%) e *Ocotea pulchella* (4,00%). Juntas, estas cinco espécies correspondiam em 2007 a 48,86% do VI da comunidade arbórea. Em 2011, *Sebastiania commersoniana* permaneceu como a espécie com o maior percentual de importância, com 22,72%, seguida por *Matayba elaeagnoides* (11,87%), *Prunus myrtifolia* (7,04%), *Ilex theezans* (4,32%) e *Ligustrum lucidum* (4,01%), que passou à quinta posição, substituindo *Ocotea pulchella*.

A grande participação de *Sebastiania commersoniana*, em relação ao Valor de Importância, em ambos os períodos avaliados, dá-se principalmente aos expressivos valores de densidade obtidos por esta espécie (DR = 35,85% em 2007, e 36,36% em 2011). O parâmetro mais representativo na composição do VI de *Matayba elaeagnoides* foi a dominância, apresentando valores relativos de 12,80% em 2007, e 14,86% em 2011. Para *Prunus myrtifolia* e *Ilex theezans* o parâmetro mais representativo na composição do Valor de Importância foi a frequência em ambos os anos (FA = 90% e 63,33% em 2007, e 73,33 e 63,33% em 2011, respectivamente), indicando ampla distribuição destas espécies na área de estudo.

Em trabalho desenvolvido na Floresta Ombrófila Mista Aluvial em Palmeira, PR, Iurk (2008) também observou grande participação de *Sebastiania commersoniana* na comunidade estudada. Segundo o autor, a abundância desta espécie se dá pela grande facilidade de regeneração destes indivíduos e sua grande adaptabilidade aos ambientes de alta umidade. Barddal (2004) em estudos semelhantes, também constatou a hegemonia de *Sebastiania commersoniana* na floresta, sendo esta a espécie que apresentou os maiores valores de densidade, dominância e frequência, o que conseqüentemente lhe rendeu o maior Valor de Importância.

Conforme Reitz (1988), *Sebastiania commersoniana* é praticamente exclusiva de planícies aluviais, e que não raro, se torna a espécie mais representativa da comunidade arbórea, chegando a ocupar de 60 a 80% do estrato contínuo em florestas ciliares. A expressiva participação desta espécie no domínio da Floresta Ombrófila Mista Aluvial, como

constatada por este trabalho e autores citados vem reafirmar a sua grande importância na colonização de ambientes sujeitos a inundações.

2.4.4. Processos Dinâmicos da Floresta

2.4.4.1. Crescimento

A floresta apresentou um incremento periódico em área basal de $3,44 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ no período de 2007-2011, o que representa um incremento periódico anual de $0,86 \text{ m}^2.\text{ha}.\text{ano}^{-1}$, considerando apenas a área basal total dos indivíduos avaliados na primeira medição e que permaneceram vivos até o momento da segunda avaliação. Em termos percentuais o incremento em área basal no período avaliado foi de 13,80% ou $3,45\% \text{ ano}^{-1}$. A média aritmética do incremento em área basal, considerando todas as espécies, foi de $0,084 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$, como mostra a Tabela 4.

Tabela 4: Relação de espécies e respectivos incrementos em área basal no período de 2007 a 2011, em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial em Guarapuava, PR.

Espécie	G.ha ⁻¹ 2007	G.ha ⁻¹ 2011	IP (m ² .ha ⁻¹) 2007-2011	IPA (m ² .ha.ano ⁻¹)	%
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	3,025	3,775	0,750	0,187	24,79
<i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L.B. Sm. & Downs	5,269	5,762	0,492	0,123	9,34
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	1,316	1,671	0,356	0,089	27,03
<i>Ligustrum lucidum</i> W.T. Aiton	0,470	0,794	0,324	0,081	68,93
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	0,972	1,181	0,209	0,052	21,50
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	0,459	0,663	0,205	0,051	44,64
<i>Clethra scabra</i> Pers.	0,720	0,921	0,200	0,050	27,83
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	0,627	0,758	0,131	0,033	20,96
<i>Erythroxylum deciduum</i> A. St.-Hil.	0,729	0,858	0,129	0,032	17,65
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	0,990	1,108	0,117	0,029	11,85
<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez	0,794	0,900	0,106	0,027	13,36
<i>Cinnamodendron dinisii</i> Schwanke	0,539	0,617	0,079	0,020	14,64
<i>Zanthoxylum kleinii</i> (R.S. Cowan) P.G. Waterman	0,320	0,363	0,043	0,011	13,35
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil., Cambess. & A. Juss.) Radlk.)	0,237	0,276	0,039	0,010	16,36
<i>Ilex theezans</i> Mart. Ex Reissek	0,465	0,503	0,038	0,010	8,25
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	0,289	0,323	0,034	0,008	11,78
<i>Ocotea pulchella</i> (Nees & Mart.) Mez	0,983	1,015	0,031	0,008	3,20
<i>Ilex dumosa</i> Reissek	0,588	0,615	0,028	0,007	4,71
<i>Solanum</i> sp.	0,198	0,222	0,024	0,006	12,22
<i>Dicksonia sellowiana</i> Hook.	1,314	1,336	0,022	0,006	1,69
<i>Symplocos tetrandra</i> Mart.	0,212	0,224	0,013	0,003	5,93
<i>Eugenia rostrifolia</i> D. Legrand	0,037	0,049	0,012	0,003	32,94
<i>Bignonia alba</i> Aubl.	0,055	0,065	0,010	0,003	18,83
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> Mart. ex O. Berg	0,020	0,029	0,009	0,002	47,19
<i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC.	0,017	0,025	0,008	0,002	47,79

Continua...

Tabela 4: Relação de espécies e respectivos incrementos em área basal no período de 2007 a 2011, em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial em Guarapuava, PR.

Espécie	G.ha ⁻¹ 2007	G.ha ⁻¹ 2011	IP (m ² .ha ⁻¹) 2007-2011	IPA (m ² .ha.ano ⁻¹)	%
<i>Myrcia arborescens</i> O. Berg	0,055	0,063	0,008	0,002	14,53
<i>Cinnamomum sellowianum</i> (Nees & C. Martius ex Nees) Kosterm.	0,010	0,018	0,008	0,002	77,78
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	0,045	0,052	0,007	0,002	15,01
<i>Xylosma ciliatifolia</i> (Clos) Eichler	0,050	0,056	0,006	0,002	12,68
<i>Vitex megapotamica</i> (Spreng.) Moldenke	0,016	0,022	0,006	0,001	36,74
<i>Rhamnus sphaerosperma</i> Sw.	0,064	0,069	0,005	0,001	8,33
<i>Sapium glandulatum</i> (Vell.) Pax	0,012	0,015	0,004	0,001	30,61
<i>Calyptranthes concinna</i> DC.	0,027	0,029	0,003	0,001	9,66
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	0,035	0,038	0,002	0,001	6,89
<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	0,117	0,119	0,002	0,000	1,69
<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	0,080	0,082	0,002	0,000	2,09
<i>Rollinia rugulosa</i> Schlttdl.	0,057	0,059	0,001	0,000	2,16
<i>Cinnamomum vesiculosum</i> (Nees) Kosterm.	0,046	0,047	0,001	0,000	2,46
<i>Maytenus ilicifolia</i> (Schrad.) Planch.	0,010	0,011	0,001	0,000	9,59
<i>Xylosma pseudosalzmanii</i> Sleumer	0,015	0,015	0,000	0,000	0,84
<i>Gochnatia polymorpha</i> (Less.) Cabrera	0,193	0,165	-0,028	-0,007	-14,45
Média	0,524	0,608	0,084	0,021	18,131

Conforme Tabela 4, em relação à área basal, *Matayba elaeagnoides* foi a espécie que apresentou o maior incremento periódico, igual a $0,750 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$, o que representa um incremento periódico anual de $0,187 \text{ m}^2.\text{ha}.\text{ano}^{-1}$ e um aumento percentual de 24,79%. A segunda espécie a apresentar o maior incremento em área basal foi *Sebastiania commersoniana*, com um ganho de $0,50 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ no período de 4 anos, representando um incremento periódico anual de $0,123 \text{ m}^2.\text{ha}.\text{ano}^{-1}$.

Prunus myrtifolia, *Ligustrum lucidum* e *Araucaria angustifolia* também apresentaram incrementos periódicos considerável ($0,356 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$, $0,324 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ e $0,209 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$, respectivamente) no período de avaliação. Em termos percentuais, *Ligustrum lucidum* foi a espécie que apresentou o maior incremento, sendo que a área basal das árvores desta espécie que permaneceram vivas na segunda avaliação passou de $0,470 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ à $0,794 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ em 2011, indicando um incremento periódico anual de $0,081 \text{ m}^2.\text{ha}.\text{ano}^{-1}$ o que representa um acréscimo de 68,93% ao longo do período de estudo. O crescimento acelerado de *Ligustrum lucidum* indica boa adaptação da espécie invasora na área, mesmo diante de condições ambientais limitantes que são características de ambientes aluviais.

Graff Neto (2011), em estudos na Floresta Ombrófila Mista Aluvial em Araucária, PR, observou um incremento periódico anual em área basal de $0,818 \text{ m}^2.\text{ha}.\text{ano}^{-1}$, semelhante ao resultado encontrado no presente trabalho. *Sebastiania commersoniana* apresentou o maior incremento em área basal durante o período de avaliação da floresta havendo um incremento considerável de 62,27% durante todo o período. As espécies *Allophylus edulis*, *Myrrhinium atropurpureum* e *Schinus terebinthifolius* seguiram como destaques quanto ao incremento em área basal no estudo conduzido pelo autor. Socher (2004), em estudos de dinâmica também em Araucária, PR, constatou um incremento médio em área basal de $1,11 \text{ m}^2.\text{ha}.\text{ano}^{-1}$, com destaque para as espécies *Sebastiania commersoniana*, *Schinus terebinthifolius*, *Luehea divaricata* e a espécie exótica *Hovenia dulcis*, que contribuíram com 61,99%, 8,07%, 5,39% e 4,42% do incremento total, respectivamente.

Ao estudar o incremento em área basal de espécies da Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo, PR, Schaaf (2001) observou que *Nectandra megapotamica*, *Cedrela fissilis*, *Ocotea porosa*, *Cinnamomum sellowianun* e *Ocotea puberula* foram as espécies que apresentaram os maiores incremento em área basal no período de 21 anos. Durigan (1999) também em São João do Triunfo, PR, verificou que o incremento em área basal da floresta foi

de $0,705 \text{ m}^2.\text{ha}.\text{ano}^{-1}$, onde *Piptocarpha angustifolia*, *Ocotea porosa*, *Luehea divaricata*, *Clethra scabra* e *Araucaria angustifolia* foram as espécies de maior incremento em área transversal .

Observa-se com base no presente estudo e trabalhos citados que o incremento em área basal é bastante variável, dependendo da tipologia em estudo e do estágio sucessional. As espécies que apresentaram os maiores incrementos também variam consideravelmente, indicando comportamento diferenciado de uma mesma espécie submetida a ambientes diferentes.

Quanto ao incremento diamétrico, a floresta apresentou um incremento médio considerando todas as espécies de $0,24 \text{ cm}.\text{ano}^{-1}$ (Tabela 5), variando de crescimento de $0,01 \text{ cm}.\text{ano}^{-1}$ até um crescimento de $0,89 \text{ cm}.\text{ano}^{-1}$ ($\text{CV} = 97,7\%$). *Araucaria angustifolia* foi a espécie que apresentou o maior incremento periódico anual em diâmetro, sendo igual a $0,89 \text{ cm}.\text{ano}^{-1}$. *Ligustrum lucidum* foi a segunda espécie entre as que apresentaram maior incremento diamétrico, com valores muito próximos aos observados para a Araucária, superando as demais espécies nativas, com exceção desta última. A espécie invasora apresentou IPA de $0,88 \text{ cm}.\text{ano}^{-1}$. Em termos percentuais, *Ligustrum lucidum* foi a espécie que apresentou as maiores variações em seu DAP médio ($34,62\%$), como também foi observado para o incremento periódico em área basal desta espécie.

Tabela 5: Relação de espécies e respectivos incrementos em diâmetro no período de 2007-2011 em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapuava, PR.

Espécie	DAP médio (cm) 2007	DAP médio (cm) 2011	IP (cm) 2007-2011	IPA (cm.ano ⁻¹)	%
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	33,95	37,51	3,55	0,89	10,47
<i>Ligustrum lucidum</i> W.T. Aiton	10,16	13,68	3,52	0,88	34,62
<i>Clethra scabra</i> Pers.	13,89	16,79	2,91	0,73	20,93
<i>Cinnamomum sellowianum</i> (Nees & C. Martius ex Nees) Kosterm.	6,21	8,28	2,07	0,52	33,33
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	9,91	11,93	2,02	0,51	20,43
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> Mart. ex O. Berg	8,66	10,50	1,85	0,46	21,32
<i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC.	8,12	9,87	1,75	0,44	21,57
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	21,94	23,61	1,67	0,42	7,59
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	10,50	11,94	1,44	0,36	13,68
<i>Vitex megapotamica</i> (Spreng.) Moldenke	7,89	9,23	1,34	0,33	16,94
<i>Bignonia alba</i> Aubl.	14,48	15,79	1,31	0,33	9,01
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	18,19	19,45	1,26	0,32	6,94
<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez	21,84	23,05	1,21	0,30	5,54
<i>Zanthoxylum kleinii</i> (R.S. Cowan) P.G. Waterman	16,33	17,47	1,14	0,28	6,97
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	7,96	9,07	1,10	0,28	13,88
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	9,55	10,64	1,09	0,27	11,36
<i>Erythroxylum deciduum</i> A. St.-Hil.	13,57	14,61	1,05	0,26	7,70
<i>Eugenia rostrifolia</i> D. Legrand	6,82	7,85	1,03	0,26	15,09
<i>Solanum sp</i>	13,42	14,38	0,96	0,24	7,18
<i>Sapium glandulatum</i> (Vell.) Pax	6,68	7,64	0,95	0,24	14,29
<i>Cinnamodendron dinisii</i> Schwanke	10,02	10,86	0,85	0,21	8,44
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	7,27	7,90	0,64	0,16	8,76
<i>Rhamnus sphaerosperma</i> Sw.	15,60	16,23	0,64	0,16	4,08
<i>Myrcia arborescens</i> O. Berg	7,21	7,72	0,51	0,13	7,06
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil., Cambess. & A. Juss.) Radlk.)	6,10	6,58	0,48	0,12	7,87

Continua...

Tabela 5: Relação de espécies e respectivos incrementos em diâmetro no período de 2007-2011 em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapuava, PR.

Espécie	DAP médio (cm) 2007	DAP médio (cm) 2011	IP (cm) 2007-2011	IPA (cm.ano ⁻¹)	%
<i>Xylosma ciliatifolia</i> (Clos) Eichler	7,76	8,22	0,47	0,12	6,02
<i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L.B. Sm. & Downs	8,36	8,74	0,37	0,09	4,47
<i>Ilex theezans</i> Mart. Ex Reissek	7,82	8,18	0,36	0,09	4,59
<i>Maytenus ilicifolia</i> (Schrad.) Planch.	6,11	6,40	0,29	0,07	4,69
<i>Calypttranthes concinna</i> DC.	7,03	7,32	0,29	0,07	4,07
<i>Symplocos tetrandra</i> Mart.	9,57	9,86	0,28	0,07	2,95
<i>Ocotea pulchella</i> (Nees & Mart.) Mez	12,01	12,24	0,22	0,06	1,84
<i>Dicksonia sellowiana</i> Hook.	19,92	20,12	0,20	0,05	1,01
<i>Cinnamomum vesiculosum</i> (Nees) Kosterm.	8,80	8,99	0,19	0,05	2,17
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	5,78	5,97	0,19	0,05	3,31
<i>Rollinia rugulosa</i> Schltdl.	14,80	14,96	0,16	0,04	1,08
<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	12,22	12,33	0,11	0,03	0,91
<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	8,96	9,07	0,11	0,03	1,21
<i>Xylosma pseudosalzmanii</i> Sleumer	7,61	7,64	0,03	0,01	0,42
<i>Gochnatia polymorpha</i> (Less.) Cabrera	11,55	10,54	-1,01	-0,25	-8,76
Média	11,39	12,34	0,95	0,24	8,98

Graff Neto (2011) avaliando o incremento anual em diferentes períodos em floresta aluvial em Araucária, PR obteve valores que variaram de 0,050 cm.ano⁻¹ a 0,138 cm.ano⁻¹. Este autor observou que as espécies exóticas *Ligustrum lucidum* e *Hovenia dulcis* foram as que apresentaram os maiores incrementos em diâmetro, variando de 0,955 cm.ano⁻¹ a 2,02 cm.ano⁻¹ e 0,499 cm.ano⁻¹ a 1,108 cm.ano⁻¹, respectivamente. Socher (2004) também em floresta aluvial em Araucária, PR, observou incremento diamétrico médio igual a 0,129 cm.ano⁻¹, com destaque para as espécies *Ligustrum lucidum*, *Syagrus romanzoffiana* e *Hovenia dulcis*, que representaram 26,01%, 23,95%, e 16,72% do incremento total, respectivamente.

Observa-se que os incrementos médios observados pelos autores supracitados, também em estudos em Floresta Ombrófila Mista Aluvial, estão abaixo daqueles observados no presente estudo. Tais resultados podem indicar que, apesar das condições ambientais limitantes observadas na área do presente estudo, como elevação frequente do lençol freático e inundações periódicas, o crescimento das árvores avaliadas é pouco afetado por estes fatores, indicando adaptação dos indivíduos avaliados a tais condições. Estudos desenvolvidos em Floresta Ombrófila Mista no Paraná, sem o caráter aluvial constataram incrementos mais próximos ao do presente estudo. Schaff (2001) encontrou um incremento diamétrico médio igual a 0,27 cm.ano⁻¹ em Floresta Ombrófila Mista no Paraná Durigan (1999), encontrou incremento médio anual em diâmetro igual 0,34 cm. Pizzato (1999), observou um incremento diamétrico médio igual a 0,18 cm e Stepka (2009), observou incremento médio igual a 0,3069 cm.ano⁻¹.

2.4.4.2. Mortalidade e Recrutamento

Considerando o total da floresta, o número de árvores mortas foi superior ao número de árvores ingressantes, que foram 300 ind.ha⁻¹ e 226,6 ind.ha⁻¹, respectivamente. A diferença no número de recrutamentos e mortas corresponde à diferença no número de árvores presentes na primeira e na última avaliação (redução de 73,4 ind.ha⁻¹ no período de estudo). A Tabela 6 relaciona as espécies observadas em ambas as avaliações, com suas respectivas taxas de ingresso e mortalidade.

Tabela 6: Relação de espécies e respectivas taxas de ingresso e mortalidade, em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapuava, PR.

Espécie	N.ha ⁻¹ 2007	N.ha ⁻¹ 2011	Ingresso Ind.ha ⁻¹ 2011	Mortalidade Ind.ha ⁻¹ 2011	Ingresso %	Mortalidade %
<i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L.B. Sm. & Downs	933,33	920,0	63,3	76,7	6,79	8,21
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	336,67	340,0	20,0	16,7	5,94	4,95
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	153,33	150,0	23,3	26,7	15,22	17,39
<i>Ilex theezans</i> Mart. Ex Reissek	106,67	93,3	6,7	20,0	6,25	18,75
<i>Ocotea pulchella</i> (Nees & Mart.) Mez	90,00	76,7	0,0	13,3	0,00	14,81
<i>Dicksonia sellowiana</i> Hook.	46,67	43,3	3,3	6,7	7,14	14,29
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	70,00	73,3	23,3	20,0	33,33	28,57
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	83,33	93,3	13,3	3,3	16,00	4,00
<i>Cinnamodendron dinisii</i> Schwanke	70,00	60,0	0,0	10,0	0,00	14,29
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil., Cambess. & A. Juss.) Radlk.)	86,67	80,0	0,0	6,7	0,00	7,69
<i>Erythroxylum deciduum</i> A. St.-Hil.	43,33	40,0	0,0	3,3	0,00	7,69
<i>Ligustrum lucidum</i> W.T. Aiton	50,00	110,0	53,3	3,3	106,67	6,67
<i>Symplocos tetrandra</i> Mart.	63,33	26,7	0,0	36,7	0,00	57,89
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	20,00	20,0	0,0	0,0	0,00	0,00
<i>Ilex dumosa</i> Reissek	40,00	40,0	0,0	0,0	0,00	0,00
<i>Clethra scabra</i> Pers.	33,33	33,3	0,0	0,0	0,00	0,00
<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez	16,67	16,7	0,0	0,0	0,00	0,00
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	10,00	10,0	0,0	0,0	0,00	0,00
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	20,00	10,0	0,0	10,0	0,00	50,00
<i>Zanthoxylum kleinii</i> (R.S. Cowan) P.G. Waterman	20,00	13,3	0,0	6,7	0,00	33,33
<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	20,00	16,7	0,0	3,3	0,00	16,67
<i>Solanum sp</i>	16,67	13,3	0,0	3,3	0,00	20,00
<i>Myrcia arborescens</i> O. Berg	16,67	20,0	6,7	3,3	40,00	20,00
<i>Calypttranthes concinna</i> DC.	16,67	6,7	0,0	10,0	0,00	60,00
<i>Cinnamomum vesiculosum</i> (Nees) Kosterm.	13,33	6,7	0,0	6,7	0,00	50,00

Continua...

Tabela 6: Relação de espécies e suas respectivas taxas de ingresso e mortalidade, em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapuava, PR.

Espécie	N.ha ⁻¹ 2007	N.ha ⁻¹ 2011	Ingresso Ind.ha ⁻¹ 2011	Mortalidade Ind.ha ⁻¹ 2011	Ingresso %	Mortalidade %
<i>Gochnatia polymorpha</i> (Less.) Cabrera	16,67	20,0	3,3	0,0	20,00	0,00
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	13,33	10,0	0,0	3,3	0,00	25,00
<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	10,00	6,7	0,0	3,3	0,00	33,33
<i>Xylosma ciliatifolia</i> (Clos) Eichler	10,00	10,0	0,0	0,0	0,00	0,00
<i>Rollinia rugulosa</i> Schltdl.	6,67	6,7	3,3	3,3	50,00	50,00
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	13,33	13,3	0,0	0,0	0,00	0,00
<i>Eugenia rostrifolia</i> D. Legrand	10,00	10,0	0,0	0,0	0,00	0,00
<i>Bignonia alba</i> Aubl.	3,33	3,3	0,0	0,0	0,00	0,00
<i>Rhamnus sphaerosperma</i> Sw.	3,33	3,3	0,0	0,0	0,00	0,00
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> Mart. ex O. Berg	3,33	3,3	0,0	0,0	0,00	0,00
<i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC.	3,33	3,3	0,0	0,0	0,00	0,00
<i>Vitex megapotamica</i> (Spreng.) Moldenke	3,33	3,3	0,0	0,0	0,00	0,00
<i>Xylosma pseudosalzmanii</i> Sleumer	3,33	3,3	0,0	0,0	0,00	0,00
<i>Sapium glandulatum</i> (Vell.) Pax	3,33	3,3	0,0	0,0	0,00	0,00
<i>Cinnamomum sellowianum</i> (Nees & C. Martius ex Nees) Kosterm.	3,33	3,3	0,0	0,0	0,00	0,00
<i>Maytenus ilicifolia</i> (Schrad.) Planch.	3,33	3,3	0,0	0,0	0,00	0,00
<i>Mimosa scabrella</i> Benth.	3,33	0,0	0,0	3,3	0,00	100,00
<i>Nectandra lanceolata</i> Nees	0,00	3,3	3,3	0,0	100,00	0,00
<i>Vernonanthura discolor</i> (Spreng.) H.Rob.	0,00	3,3	3,3	0,0	100,00	0,00
NI Mortas	113,33	103,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	2603,33	2530,00	226,6	300,0	-	-

Observa-se que *Sebastiania commersoniana*, a espécie mais representativa da comunidade em questão, apresentou taxa de mortalidade superior a taxa de ingresso. Expressivo número de ingressos e árvores mortas foram constatados para esta espécie (63,3 ind.ha⁻¹ e 76,7 ind.ha⁻¹, respectivamente), sendo esta a espécie que apresentou os maiores números de indivíduos ingressantes e mortos.

Maiores taxas de mortalidade que de ingresso também foram observadas para as demais espécies com os maiores VI na floresta, como *Prunus myrtifolia*, *Ilex theezans*, *Dicksonia sellowiana* e *Ocotea pulchella* e *Allophylus edulis*. Por outro lado, *Matayba elaeagnoides*, *Casearia decandra*, *Gochnatia polymorpha*, *Zhantoxylum rhoifolium* e *Ligustrum lucidum* apresentaram taxa de ingresso superior à taxa de mortalidade. *Ligustrum lucidum* merece especial destaque, considerando a sua elevada taxa de ingresso de 106,7%, representando um aumento de 53 ind.ha⁻¹ no período de 4 anos, com mortalidade de apenas 3,3 ind.ha⁻¹ durante o mesmo período. Em termos médios, a floresta apresentou uma taxa de ingresso igual a 11,5% (2,88% ano⁻¹), enquanto a taxa de mortalidade média, considerando toda a floresta, foi de 15,08% (3,77% ano⁻¹).

Em estudos de dinâmica na Floresta Ombrofila Mista, Stepka (2009) também encontrou maior taxa de mortalidade que de ingressos, com valores de 1,78% ano⁻¹ e 1,39% ano⁻¹, respectivamente. Comportamento semelhante entre as taxas de ingresso e mortalidade foram observados por Moscovich (2006) em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no RS, onde a taxa média anual de mortalidade foi de 7,40% ano⁻¹, enquanto a taxa de ingressos foi de 3,05% ano⁻¹. Silva et al. (2011), avaliando a dinâmica de áreas aluviais após enchentes severas em MG, observaram maior taxa de mortalidade (2,21% ano⁻¹), quando comparada às de ingresso (0,90% ano⁻¹), sendo este fato atribuído às consequências das fortes inundações, como períodos de alagamento prolongado, depósito de sedimentos e eventuais quedas de árvores devido à força da água. Guimarães et al. (2008), estudando florestas aluviais constataram taxas de mortalidade superiores às de ingresso (1,88% ano⁻¹ e 1,28% ano⁻¹, respectivamente).

Tais resultados, semelhantemente aos obtidos no presente estudo, indicam instabilidade nos processos dinâmicos da floresta, pois o padrão de florestas conservadas é de equilíbrio entre as taxas de mortalidade e recrutamento (LIEBERMAN et al., 1985). As condições limitantes observadas especialmente em florestas aluviais, com períodos prolongados de saturação hídrica nos solos, pode ser a possível causa para este desequilíbrio.

Outro fator que deve ser considerado em relação ao fragmento avaliado é o seu grau de isolamento, estando localizado dentro de uma área urbana, sem conexões consolidadas com outros fragmentos florestais.

Segundo Viana e Pinheiro (1998), o grau de isolamento como apresentado pela área de estudo, afeta o fluxo gênico entre remanescentes florestais e, portanto, a sustentabilidade das populações naturais presentes. A interação dos fatores inerentes ao processo de fragmentação, como redução de área, maior exposição ao efeito de borda e pressão antrópica resultam na crescente degradação dos fragmentos florestais, comprometendo a sua perpetuidade. Portanto, as condições ambientais naturalmente limitantes em formações aluviais, associada às características da fragmentação, ocorrentes na área de estudo, podem ser responsáveis pelo desequilíbrio nos processos dinâmicos da floresta, tal como observado.

A Tabela 7 relaciona o número de indivíduos recrutados e mortos, por classe diamétrica. Os indivíduos migrantes representam o saldo entre as árvores que deixaram determinada classe e que passaram a uma classe superior ao longo do período, sendo valor negativo quando a classe apresentou perda majoritária de indivíduos e valores positivos quando houve predominantemente ganho.

Tabela 7: Mortalidade e ingresso por classes diamétricas no período de 2007-2011, em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapuava, PR.

Classes (cm)	Ind.ha ⁻¹ 2007	Ind.ha ⁻¹ 2011	Recrutadas (Ind.ha ⁻¹)	Mortas (Ind.ha ⁻¹)	Migrantes (Ind.ha ⁻¹)
5,0 - 9,9	1693,33	1506,67	213,33	226,67	-173,33
10,0 - 14,9	513,33	613,00	6,67	43,33	136,34
15,0 - 19,9	153,33	166,67	3,33	20,00	30,00
20,0 - 24,9	73,33	66,67	3,33	6,67	-3,33
25,0 - 29,9	33,33	36,67	0,00	3,33	6,67
30,0 - 34,9	6,67	16,67	0,00	0,00	10,00
35,0 - 39,9	3,33	6,67	0,00	0,00	3,33
40,0 - 44,9	10,00	10,00	0,00	0,00	0,00
45,0 - 49,9	3,33	0,00	0,00	0,00	-3,33
> 50	0,00	3,33	0,00	0,00	3,33
Total	-	-	226,67	300,00	-

A 1ª classe diamétrica (5,0 – 9,9 cm) foi a que apresentou o maior número de indivíduos em ambas as avaliações, e também foi a classe que obteve os maiores números de indivíduos recrutados e mortos (213,33 ind.ha⁻¹ e 226,67 ind.ha⁻¹, respectivamente). Esta classe apresentou também o maior número de indivíduos que migraram para outras classes

(173,33 ind.ha⁻¹), que passaram para classes diamétricas superiores. Tais fatores, como o número de mortas ser superior ao de ingressos e grande número de indivíduos transitantes, ocasionaram a redução em 11,02% nos indivíduos desta classe.

Para todas as classes diamétricas o número de indivíduos mortos foi superior ao de indivíduos recrutados, como já indicado pela taxa média de mortalidade da floresta, superior à taxa de ingressos. Observa-se na Figura 5 que a mortalidade concentrou-se nas classes inferiores, reduzindo gradativamente em direção às classes maiores.

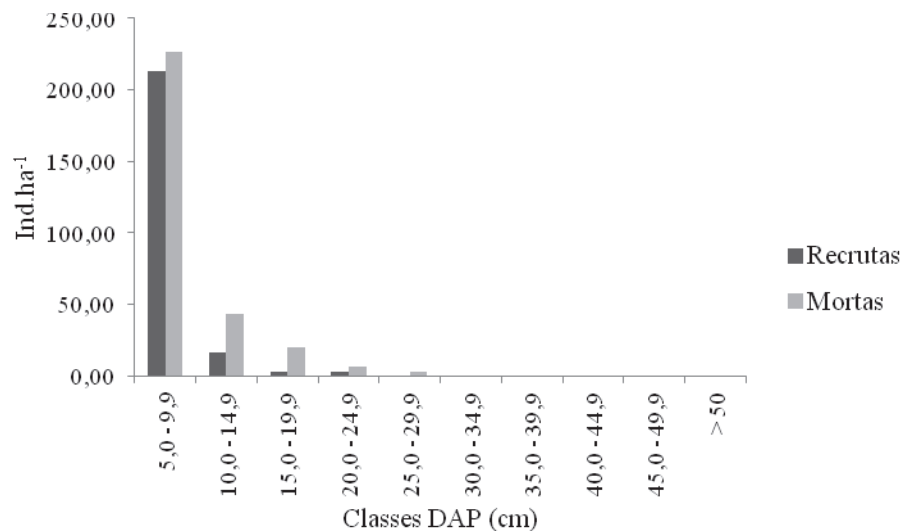


Figura 5: Número de árvores mortas e recrutadas por classe diamétrica, no período de 2007-2011 em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapuava, PR.

Resultados semelhantes foram obtidos por Rossi (2007c), em estudos de dinâmica na Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo, PR, em um período de 10 anos. Este autor constatou taxas de mortalidade marcadamente superiores nas classes de diâmetro menores, não observando morte de árvores com DAP maior ou igual a 60 cm. Guimarães et al. (2008), em avaliações de floresta aluvial em Minas Gerais também constatou taxas de mortalidade superiores às de ingresso na primeira classe (5 – 10 cm).

Com base em diferentes estudos de dinâmica conduzidos na Floresta Ombrófila Mista do Sul do Brasil, Figueiredo Filho et al. (2010) observaram que em geral a mortalidade está entre 1 e 2%, e as taxas de ingresso um pouco maior, em torno de 3%. Os autores também ressaltam que muitas vezes ocorrem taxas de mortalidade maiores nas classes diamétricas inferiores, como observado no presente trabalho, em decorrência do processo de competição.

2.5. CONCLUSÕES

- As condições ambientais limitantes em florestas aluviais possibilitam o estabelecimento e predomínio de um menor número de espécies adaptadas a essas condições, refletindo na menor diversidade da floresta quando comparada com a mesma tipologia sem o caráter aluvial.
- *Sebastiania commersoniana* foi a espécie mais representativa da floresta, apresentando os maiores valores para todos os parâmetros fitossociológicos avaliados e, conseqüentemente, maior Valor de Importância da floresta, reiterando o caráter hidrófilo desta espécie.
- A espécie exótica *Ligustrum lucidum* apresentou crescente participação na comunidade no período avaliado, sendo a espécie que apresentou as maiores taxas de ingresso e um dos maiores incrementos, indicando boa adaptação à área de estudo, podendo tornar-se limitante ao desenvolvimento das espécies nativas.
- A taxa de mortalidade média para a floresta foi superior à taxa de recrutamento, indicando possível desequilíbrio da comunidade arbórea local, conseqüência das condições ambientais restritivas dos ambientes aluviais.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, S. R. et al. Florística e síndromes de dispersão de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista em sistema faxinal. **Ambiência**, Guarapuava, v. 4, n. 2, p. 289-297, 2008.
- APG III. The Angiosperm Phylogeny Group. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**. v. 161, n. 2, p. 105-121, 2009.
- BARDDAL, M. L.; RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; CURCIO, G. R. Caracterização florística e fitossociológica de um trecho sazonalmente inundável de floresta aluvial, em Araucária, PR. **Ciência Florestal**, v. 14, n. 2, p. 37-50, 2004.
- BIONDI, D.; PEDROSA-MACEDO, J. H. Plantas invasoras encontradas na área urbana de Curitiba (PR). **Floresta**, 38, n. 1, p.130-144, 2008.
- COHEN, A.N. Success factors in the establishment of human-dispersed organisms. In: BULLOCK, J.M.; KENWARD, R.E.; HAILS, R.S. **Dispersal Ecology**. Oxford: Blackwell Science Ltd, 2002. p. 374–394
- LEDO, L.; MONTES, F.; CONDES, F. Species dynamics in a montane cloud forest: Identifying factors involved in changes in tree diversity and functional characteristics. **Forest Ecology and Management**, v. 2585, p.575-584, 2009.
- DURIGAN, M.E. **Florística, dinâmica e análise protéica de uma Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo – PR**. 1999. 138. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.
- FIGUEIREDO FILHO, A.; DIAS, A. N.; STEPKA, T. F.; SAWCZUK, A. R. Crescimetno, mortalidade, ingresso e distribuição diamétrica em Floresta Ombrófila Mista. **Floresta**, v. 40, n. 4, p. 763-776, 2010.
- GRAFF NETO, J. **Crescimento, recrutamento emortalidade no período de 2001-2012 de uma Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Município de Araucári, Paraná**. 2011. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.
- GUIMARÃES, J. C. C. et al. Dinâmica do componente arbustivo-arbóreo de uma floresta de galeria aluvial no planalto de Poços de Caldas, MG, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.31, n.4, p.621-632, 2008.
- HARTSHORN, G.S. An overview of neotropical forest dynamics. In: GENTRY, A.H. **Four Neotropical Rainforests**. p. 585–599. New Have: Yale University Press, 1990.
- IURK, M. C. **Levantamento florístico de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial do Rio Iguaçu, Município de Palmeira – PR**. 2008. 114 f. Dissertação – (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Paraná, 2008.

- JUNK, W.J. & PIEDADE, M.T.F. Herbaceous plants of the Amazon floodplain near Manaus: Species diversity and adaptations to the flood pulse. **Amazoniana**, v. 12, n. 3/4, p. 467-484, 1993.
- KELLMAN, M.; TACKABERRY, R. Disturbance and tree species coexistence in tropical riparian forest fragments. **Global Ecology Biogeography**, v.3, p.1-9, 1993.
- KEMPTON, R.A. The structure of species abundance and measurement of diversity. **Biometrics**, v. 35, p.307–321, 1979.
- LEITE, P.F.; KLEIN, R.M. Vegetação. In: IBGE. **Geografia do Brasil – Região Sul**. Rio de Janeiro: IBGE. v.2, 1990. p.113-150.
- LIEBERMAN, D. et al. Mortality patterns and stand turnover rates in a wet tropical forest in Costa Rica. **Journal of Ecology**, v.73, n.3, p.915-924, 1985.
- LOBO, P. C.; JOLY, C. A. Aspectos ecofisiológicos da vegetação de mata ciliar do sudoeste do Brasil. In: RODRIGUES, R. R. ; LEITÃO FILHO, H. F.(Eds.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 1. ed. São Paulo: EDUSP, 2000. p143-158.
- MOLTALDO, N.H. Dispersión por aves y éxito reproductivo de dos especies de *Ligustrum* (Oleaceae) en un relicto de la selva subtropical Argentina. **Revista Chilena de Historia Natural**, v. 66, p.75–85, 1993.
- MOSCOVICH, F. A. **Dinâmica de crescimento de uma Floresta Ombrófila Mista em Nova Prata, RS**. 2006. 130f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.
- MUELLER-DOMBAIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley e Sons, 1974. 547p.
- ORELLANA, E. **Funções densidade de probabilidade no ajuste da distribuição diamétrica de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista**. 2009. 122 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, PR.
- PASDIORA, A.L. **Florística e fitossociologia de um trecho de floresta ripária em dois compartimentos ambientais do rio Iguaçu, Paraná, Brasil**. 2003. 48p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.
- PAUCHARD, A., CAVIERES, L., BUSTAMANTE, R., BECERRA, P., RAPOPORT, E. Increasing the understanding of plant invasions in southern South America: firstsymposium on alien plant invasions in Chile. **Biological Invasions**, v. 6, p.255–257, 2004.
- PEREIRA-SILVA, E. F. L. **Alterações temporais na distribuição dos diâmetros de espécies arbóreas**. 17 f. 2004. Dissertação (Mestrado em Biologia), Universidade de Campinas, Campinas, SP.
- PHILLIPS, O.; GENTRY, A.H. Increasing turnover through time in tropical forests. **Science**, v. 263, p. 954–958, 1994.

- PIZATTO, W. **Avaliação biométrica da estrutura e da dinâmica de uma Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo - PR: 1995 a 1998**. Curitiba, 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.
- REITZ, R. Euforbiáceas. In: REITZ, R. **Flora Ilustrada Catarinense**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1988. 125p.
- ROSSI, L. M. B. **Processo de difusão para simulação da dinâmica de Floresta Natural**. Curitiba, 2007c. 168 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.
- SANQUETTA, C. R. **Manual para instalação e medição de parcelas permanentes nos biomas Mata Atlântica e Pampa**. Curitiba: RedeMAP, 2008, 43p.
- SAWCZUK, A. R. **Florística e estrutura horizontal no período 2002-2008 de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no Centro-Oeste do estado do Paraná**. 2009. 157f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestais) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, PR.
- SCHAAF, L.B.; **Florística, estrutura e dinâmica no período 1979-2000 de uma Floresta Ombrófila Mista localizada no Sul do Paraná**. 2001. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.
- SCHIAVINI, I.; **Estrutura das comunidades arbóreas de mata de galeria da Estação Ecológica do Panga (Uberlândia, MG)**. Tese (Doutorado em Ecologia), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.
- SCOLFORO, J. R. S.; PULZ, F. A.; MELO, J. M. Modelagem da produção, idade das florestas nativas, distribuição espacial das espécies e análise estrutural. In: SCOLFORO, J. R. S. **Manejo Florestal**. Lavras: UFLA, 1998. p.189-246.
- SHANNON, C. E.; WEAVER, W. **The mathematical theory of communication**. Illinois: University of Illinois Press, 1949. 125p.
- SILVA, A. C.; BERG, E. V. D.; HIGUCHI, P. NUNES, M. H. Dinâmica de uma comunidade arbórea após enchentes em fragmentos florestais n sul de Minas Gerais. **Árvore**, v. 35, n. 4, 2011.
- SILVA, A. C. et al. Florística e estrutura da comunidade arbórea em fragmentos de floresta aluvial em São Sebastião da Bela Vista, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.32, n.2, p.283-297, 2009.
- SILVA, S. M.; BRITEZ, R. M.; SOUZA, W. S.; MOTTA, J. T. W. Levantamento florístico em área de várzea do rio Iguaçú, São Mateus do Sul – PR – Brasil. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 40, n. 4, p. 903-913, 1997.
- SILVESTRE, R. **Comparação da florística, estrutura e padrão espacial em três fragmentos de Floresta Ombrófila Mista no estado do Paraná**. 2009, 77f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

SOCHER, L. G. **Dinâmica e biomassa aérea de um trecho de Floresta Ombrófila Mista Aluvial no município de Araucária, Paraná.** 2004. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

STEPKA, T.F. **Modelagem da dinâmica e prognose da estrutura diamétrica de uma floresta ombrófila mista por meio de matriz de transição e razão de movimentação.** 2008. 152 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, PR.

TROPPEMAIR, H.; MACHADO, M.L.A. Variação da estrutura da mata galeria na bacia do Rio Corumbataí (SP) em relação à água do solo, do tipo de margem e do traçado do rio. **Série Biogeografia**, v. 8, 1974.

VIANA, V. M.; PINHEIRO, L. A. F.V. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. **IPEF**, v. 12, n. 32, p. 25-42, 1998.

3. ANÁLISE MULTIVARIADA NO ESTUDO DE GRADIENTES AMBIENTAIS E VEGETACIONAIS EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência de variáveis ambientais sobre a vegetação arbórea ao longo de um gradiente ambiental em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial em Guarapuava, PR. O estudo contou com três transecções (A, B e C), instaladas seguindo um gradiente edáfico e vegetacional. As transecções foram subdivididas em um total de 42 subunidades de 100 m² cada, nas quais foram feitas as avaliações. As árvores que apresentaram DAP \geq 5 cm foram medidas, identificadas e plaqueadas para avaliações posteriores. Para a avaliação das variáveis edáficas coletou-se em cada subunidade três amostras de solo, que compuseram uma amostra composta por subunidade para as análises químicas e granulométricas. A compactação do solo foi verificada com o uso de penetrômetro digital, realizando-se cinco aferições em cada subunidade, obtendo-se a média aritmética das medições por subunidade. De modo geral, os solos da área avaliada apresentaram acidez elevada, alta concentração de Al⁺³, e baixa saturação por bases, indicando solos de baixa fertilidade. A análise granulométrica indicou a predominância da textura argilosa em todas as subunidades e a análise da compactação não demonstrou a existência de solos compactados a ponto de comprometer o desenvolvimento radicular das plantas. As transecções B e C apresentaram valores médios estatisticamente semelhantes para a maioria dos parâmetros do solo, enquanto a transecção A diferenciou-se, indicando a existência de características de solos distintas na área amostrada, resultados estes reiterados pela análise de agrupamentos. A análise de componentes principais demonstrou que o pH do solo e o Ca foram as variáveis mais importantes, com autovalor de -0,94. A análise de correspondência canônica indicou forte correlação entre as variáveis ambientais e a vegetação. As espécies *Sebastiania commersoniana*, *Allophylus edulis* e a exótica *Ligustrum lucidum* apresentaram maior frequência em locais com maiores concentrações dos nutrientes Ca, Mg, e P, e em locais de maior área basal. Por outro lado, as espécies *Prunus myrtifolia* e *Vitex megapotamica* apresentaram preferência por locais com maiores concentrações de Al⁺³ e conseqüentemente de pH ácido, e solos mais compactados. Conclui-se que os solos com melhores condições de fertilidade foram os que apresentaram menor diversidade florística, indicando que a elevada acidez, alta concentração de Al⁺³ e baixa disponibilidade de nutrientes não limita o desenvolvimento da comunidade arbórea, contudo, as condições de solos mal drenados e elevação constante no nível do lençol freático constituem-se em fatores restritivos ao desenvolvimento. O processo de ciclagem de nutrientes possivelmente é o fator responsável pela manutenção da diversidade florística nas condições de solos observadas. As técnicas de análise multivariada constituem-se em uma importante ferramenta no estudo de comunidades vegetais e de suas relações com o ambiente.

Palavras-chave: Floresta ripária; gradiente ambiental; análise multivariada.

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the influence of environmental variables over the arboreal vegetation along an environment gradient in an Alluvial Araucaria Forest remain in Guarapuava Municipality, PR. Data were obtained from three transects (A, B and C), plotted along an edaphic and vegetational gradient. The transects were subdivided into 10 x 10 m plots, totaling 42 subplots. Trees which DBH \geq 5 cm were measured, identified and marked for the future evaluations. For the chemical and physical soil analysis, were collected in each subplot three soil samples, making up a unique sample by subplot. Soil compaction was measured by a digital penetrometer, making five measurements on each plot, and obtaining the arithmetic mean by subplot. Soils of the analyzed area presented high acidity, high Al⁺³ concentration and low bases saturation, indicating low fertility soils. The physical analysis presented the predominance of clay texture in all the subplots and the compaction analysis did not show the existence of compacted soils constraining the root development. Transects B and C presented mean values statically similar for the most of the soil parameters, whereas the transect A stand apart, indicating homogeneity on the soil characteristics along the whole transect, and for B and C was observed the presence of an edaphic gradient, which was reiterated by the cluster analysis. The Principal Component Analysis showed that the soil pH and Ca were the most important variables, with an eigenvalue of -0,94. The Canonical Correspondence Analysis indicated strong correlation between the environmental variables and vegetation. The species *Sebastiania commersoniana*, *Allophylus edullis* and the exotic *Ligustrum lucidum* were more abundant in places with high Ca, Mg e P concentrations and sites with the highest basal area. Conversely, *Prunus myrtifolia* and *Vitex megapotamica* showed preference for places with high Al⁺³ concentration, and therefore, of low pH, and the most compacted soils. As conclusion, soils with high fertility presented the lowest floristic diversity, indicating that the high acidity, high Al⁺³ concentration and low nutrients availability are not constraining to the arboreal community development. However, the insufficient drained soils area the most restrictive factors to the species establishment. The nutrient cycling process is likely to be the responsible factor for the diversity maintenance on the observed soil conditions. Multivariate methods are important tools studying plant communities and their relations with the environment.

Key-words: Riparian forest; environmental gradient; multivariate methods.

3.1. INTRODUÇÃO

Florestas aluviais são importantes ecossistemas onde ocorre interação de variáveis ambientais específicas, que por sua vez, promovem a diversidade biológica. Grande parte da composição florística em áreas aluviais está relacionada à água, considerando que as características de relevo ao longo das regiões ribeirinhas produzem grandes diferenças no nível do lençol freático, variações no período de inundações e processos variados de erosão e sedimentação (CAMPBELL et al., 1992), que afetam diretamente as comunidades biológicas.

As espécies vegetais ocorrem em ambientes específicos, com uma limitada gama de variações. Dentro destas limitações, as espécies tendem a ser mais abundantes naqueles ambientes que agregam as condições ótimas para a sua manutenção. A composição das comunidades biológicas, portanto, varia ao longo de gradientes ambientais, sendo que as sucessivas substituições de espécies de um local para outro é função das variações no ambiente (PICKETT, 1980).

Formações aluviais permitem a observação direta dos reflexos da variação nas condições ambientais sobre a composição e estrutura da comunidade arbórea. Tais diferenciações graduais nas características do ambiente, partindo das regiões mais próximas à zona de deflúvios até regiões mais distantes, sem a influência direta dos corpos d'água, constituem-se em um gradiente ambiental, que por sua vez, permite a existência de um gradiente vegetacional.

Sendo assim, a comunidade vegetal das formações aluviais pode ser altamente heterogênea, apresentando o predomínio de diferentes grupos de espécies adaptadas à condições ambientais distintas. No entanto, embora diferenciadas em alguns aspectos, tais formações ainda agregam características semelhantes às suas formações de origem ou ao sistema fisionômico-ecológico a que pertencem como é o caso da Floresta Ombrófila Mista Aluvial, dentro das subdivisões da Floresta Ombrófila Mista (IBGE, 1992).

Dentre as características promotoras da heterogeneidade ambiental em formações aluviais, as condições edáficas merecem destaque, considerando o importante papel do solo na sustentação e desenvolvimento das comunidades de plantas superiores. O estudo integrado das condições edáficas, concernentes aos aspectos nutricionais e físicos, juntamente com o estudo da diversidade e estrutura da vegetação são fundamentais para a compreensão dos processos ecológicos operantes em tais fitofisionomias.

Considerando o aspecto multidimensional das variáveis ao se estudar comunidades vegetais de considerável diversidade, juntamente com as condições ambientais determinantes, é necessária a utilização de técnicas apropriadas que permitam a visualização integrada destas relações. Sendo assim a utilização de métodos da estatística multivariada no estudo ecológico de comunidades vegetais é de grande valia por possibilitar uma compreensão mais abrangente dos processos de resposta da vegetação às alterações no ambiente.

Portanto, o estudo dos aspectos ambientais determinantes à vegetação em florestas aluviais é de especial importância, pois permite a compreensão dos fatores que causam a heterogeneidade ambiental e seus reflexos sobre a vegetação, permitindo informações necessárias à conservação, recuperação e manejo de tais ambientes.

3.2. OBJETIVOS

3.2.1. Objetivo Geral

Avaliar a influência de fatores ambientais sobre a comunidade arbórea ao longo de um gradiente edáfico em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, em Guarapuava, PR.

3.2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar sob o aspecto químico, físico e de compactação, os solos do fragmento florestal;
- Agrupar os diferentes ambientes ao longo do gradiente edáfico de acordo com as características do solo e vegetação;
- Estimar os parâmetros ambientais de maior influência sobre a composição florística e estrutural da floresta;
- Identificar as relações entre espécies arbóreas e variáveis ambientais.

3.3. MATERIAL E MÉTODOS

3.3.1 Caracterização da Área de Estudo

A descrição da área de estudo, a partir de suas características físicas, de vegetação e localização encontra-se detalhada no Capítulo 1.

3.3.2. Amostragem e Análise da Vegetação

Visando avaliar as respostas da vegetação ao gradiente edáfico, foram instaladas três transecções na área de estudo, partindo do rio (região mais baixa e plana) em direção à borda do fragmento (região mais alta e inclinada), sendo denominadas: transecção “A”, “B” e “C”. As transecções foram divididas em subunidades de 100 m² cada, resultando em 15 subunidades para a transecção A, 13 subunidades para a transecção B e 14 subunidades para a transecção C. A Figura 6 demonstra a localização das transecções na área de estudo.

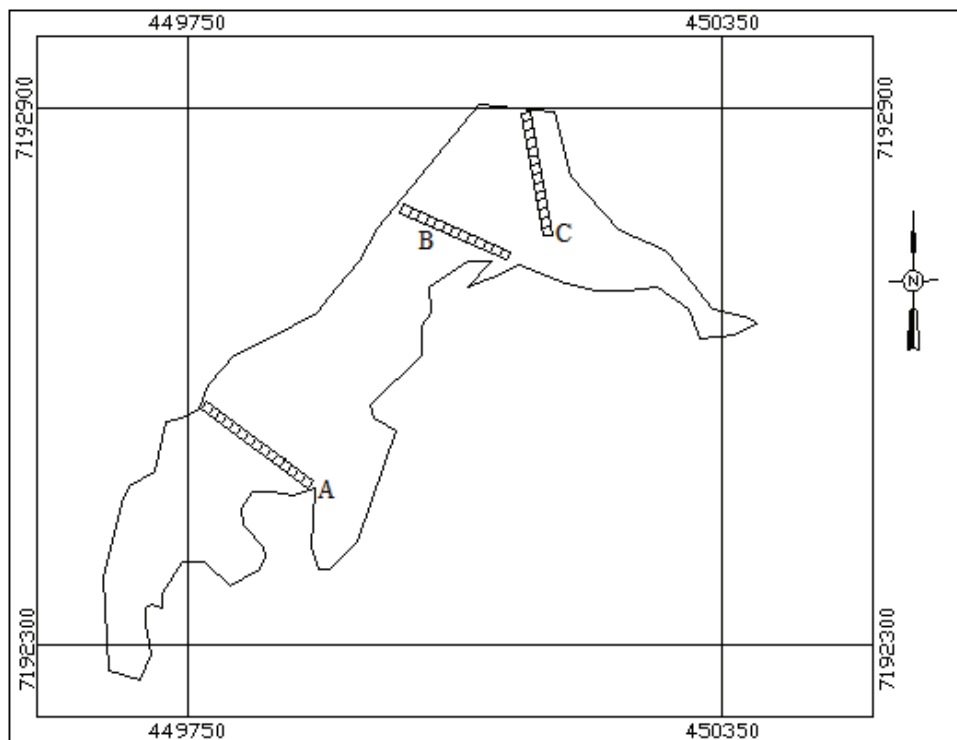


Figura 6: Remanescente de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, localizado nas dependências do Campus CEDETEG, da UNICENTRO, em Guarapuava, PR. Destaque para a localização das unidades amostrais permanentes instaladas em 2007.

O número mínimo de unidades amostrais requeridas foi obtido com base no cálculo da suficiência amostral, a partir dos dados de densidade de indivíduos, considerando um erro admissível de 10% a um nível de 95% de probabilidade de confiança.

As árvores que atenderam ao critério de inclusão ($DAP \geq 5$ cm), foram identificadas a nível de espécie conforme nomenclatura do Sistema APG, Angiosperm Phylogeny Group III (APG III, 2009). Os indivíduos amostrados tiveram o DAP mensurado para o cálculo da área basal das espécies e subunidades, para uso desta variável como fator de competição. Também foi calculado o Índice de Diversidade de Shannon - H' - (SHANNON e WEAVER, 1949) para cada subunidade e transecção (idem item 4.3 do capítulo 1).

3.3.3. Amostragem e Análise dos Solos

3.3.3.1. Análise Química e Granulométrica

Em cada subunidade de todas as transecções foram realizadas três coletas de solo (Figura 7) na profundidade de 0-20 cm com trado holandês. Essas amostras foram misturadas e homogeneizadas, formando uma amostra composta por subunidade. As amostras foram submetidas a análise laboratorial para determinação do pH (em $CaCl_2$), Matéria Orgânica, Fósforo (P - solução de Mehlich), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Alumínio (Al), Hidrogênio e Alumínio ($H+Al$) e análise granulométrica (método da pipeta), conforme metodologia da EMBRAPA (1997).

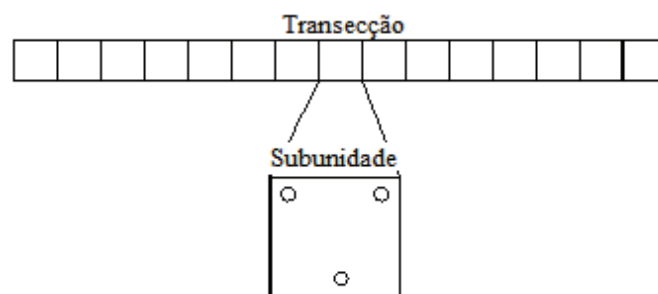


Figura 7: Esquema demonstrativo da coleta de solo e composição da amostra composta, a partir da tradagem de três pontos por subunidade para avaliação das características químicas e físicas do solo em um Fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapuava, PR.

A partir dos dados da análise foram calculadas a Capacidade de Troca Catiônica (CTC), Soma de Bases (SB), Saturação por Bases (V%) e Saturação por Alumínio (m%). Com base nos resultados da análise granulométrica foi determinada a classe textural do solo conforme a classificação simplificada da EMBRAPA (1979).

As médias dos parâmetros químicos do solo de cada transecção foram comparadas empregando-se um deliamente inteiramente casualizado com diferente número de repetições. Aplicou-se o teste de Tukey a 95% de probabilidade de confiança na comparação dos parâmetros cujas variâncias foram homogêneas. Para os parâmetros que mesmo depois de transformados o critério de homogeneidade não foi verificado, aplicou-se o teste *post hoc* Dunnett T3, que consiste em um teste de comparação de médias baseado no Módulo Máximo Studentizado, apropriado quando não há homogeneidade das variâncias (SPSS, 2004). As análises estatísticas foram realizadas com o uso do software SPSS 13.0 for Windows (2004).

3.3.3.2. Análise da Resistência à Penetração

Em cada subunidade foram efetuadas cinco avaliações da resistência à penetração, visando avaliar a compactação do solo, na profundidade de 0-60 cm (Figura 8), com a utilização de Medidor Eletrônico de Compactação do Solo (PenetroLOG 1020, Falker). Os cinco pontos foram distribuídos aleatoriamente nas subunidades e medidas da resistência à penetração foram tomadas com resolução de 5 cm em cada ponto (12 medidas por ponto).

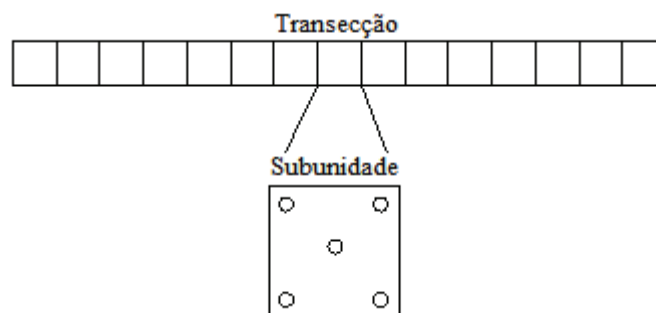


Figura 8: Esquema demonstrativo da aferição da resistência à penetração do solo, a partir de cinco pontos por subunidade em um Fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapuava, PR.

Calculou-se a média aritmética das medições de 5-60 cm para cada ponto, e a partir das médias dos 5 pontos de cada subunidade obteve-se a média da resistência à penetração de

5-60 cm por subunidade. Optou-se por desconsiderar a primeira medição (0 cm) no cálculo da média em cada ponto em virtude das maiores possibilidades de erros nesta primeira medição. A definição do grau de compactação foi feita conforme classificação da USDA (1993), conforme Tabela 8, a partir da média de cada subunidade.

Tabela 8: Classificação da resistência do solo a penetração em três classes.

Classes de Resistência	Resistência à Penetração
	MPa
Pequena	< 0,1
Extremamente pequena	< 0,01
Muito baixa	0,01-0,1
Intermediária	0,1 – 2
Baixa	0,1 – 1
Moderada	1 – 2
Grande	> 2
Alta	2 – 4
Muito alta	4 – 8
Extremamente alta	≥ 8

Fonte: USDA (1993)

3.3.4. Análise Multivariada dos Dados de Solo e Vegetação

Os dados de solo e vegetação foram processados com o uso de técnicas multivariadas visando melhor compreensão das relações do componente arbóreo com as variáveis ambientais. Três técnicas multivariadas foram empregadas no presente estudo: análise de agrupamentos, componentes principais e análise de correspondência canônica.

A análise de agrupamentos foi feita com base nos atributos do solo, área basal (G) e Índice de Diversidade de Shannon (H'), obtidos para cada subunidade. Sendo assim, as subunidades das transecções foram agrupadas de acordo com sua similaridade quanto a estes elementos ambientais e de vegetação, pelo método do “vizinho mais distante”. O Software STATGRAPHICS XV (STATISTICAL GRAPHICS CORPORATION, 2005) foi empregado nas análises de agrupamento.

A análise dos componentes principais foi aplicada sobre as variáveis do solo, área basal e densidade (indicadores da competição dentro das subunidades) e diversidade

(representada pelo Índice de Shannon de cada subunidade), visando identificar as intercorrelações entre estas variáveis e a identificação daquelas de maior peso na composição da floresta em estudo. A análise dos componentes principais foi realizada com o auxílio do software STATISTICA 10 (STATSOFT, 2011).

Visando compreender de forma conjunta as relações entre as variáveis ambientais e as espécies levantadas, procedeu-se com a análise de correspondência canônica. A matriz principal foi composta pelas espécies, representadas pela respectivas densidades em cada parcela. Foram desconsideradas as espécies consideradas raras na área de estudo, assumindo como critério de inclusão nas análises apenas espécies que apresentaram densidade superior a cinco indivíduos. Esta pré-seleção torna-se necessária devido ao fato de que tais espécies são pouco representativas nas análises (GAUCH, 1982).

As variáveis ambientais compuseram a segunda matriz de dados, e também passaram por uma seleção prévia. Esta seleção visou evitar o problema da multicolinearidade, que ocorre quando as variáveis independentes apresentam alta correlação entre si. Esta situação compromete os resultados da análise de correspondência canônica, tornando os coeficientes canônicos instáveis (TER BRAAK, 1986). Portanto, umas das possíveis soluções para evitar este problema é a remoção de variáveis, desde que não provoquem redução significativa nos autovalores finais. A análise de correspondência canônica foi realizada com o auxílio do software PC-ORD 5.0 (McCUNE e MEFFORD, 2006).

Juntamente com a Análise de Correspondência Canônica, efetuou-se o Teste de Permutação de Monte Carlo, que permite a observação de relações entre as variáveis ambientais e os eixos de ordenação, através de autovalores. O teste avalia também o comportamento do método estatístico empregado a partir de simulações realizadas com base na aleatorização das matrizes de dados originais (LEGENDRE e LEGENDRE, 1998).

3.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.4.1. Suficiência Amostral

A intensidade amostral para o estudo da vegetação com base nas subunidades das transecções indicou um número suficiente de unidades empregadas. Com base em um erro admissível de 10% e 95% de probabilidade de confiança e assumindo uma população finita, o número mínimo indicado de unidades amostrais para a área de estudo foi igual a 35, sendo que o número total de unidades utilizadas foi igual a 42.

O número de unidades requeridas no estudo do gradiente ambiental com base nas transecções foi maior (35), quando comparado ao número mínimo de unidades recomendadas para o estudo florístico e de dinâmica utilizando as parcelas (26) - Item 2.4.1. Tal resultado deve-se a maior heterogeneidade ambiental observada ao longo das transecções, com efeitos diretos sobre a densidade de indivíduos, enquanto as parcelas amostraram ambientes mais homogêneos, com conseqüente redução na variância da densidade de indivíduos entre suas subunidades.

3.4.2. Caracterização do Solo

Os resultados das análises de solo para as 42 subunidades distribuídas nas 3 transecções encontram-se relacionados na Tabela 9, sendo que as médias dos parâmetros avaliados foram comparadas entre as transecções. As variáveis que apresentaram variância homogênea (pH, MO, P, Ca, Mg, Al, H+Al, SB, V% e m%) foram comparadas pelo teste de Tukey, enquanto as demais variáveis (K, CTC, Areia, Silte, Argila e Resistência à Penetração - RP) que não atenderam a este critério, mesmo depois de transformadas, foram comparadas pelo teste de Dunnett T3 que não exige a homogeneidade na comparação.

Tabela 9: Parâmetros químicos e físicos do solo (0-20 cm), e resistência à penetração (0-60 cm) em três transecções, em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapuava, PR.

Transecção	pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	CTC	V	m	Areia	Silte	Argila	Resistência à penetração
	CaCl ₂	g.dm ⁻³	mg.dm ⁻³	cmol.dm ⁻³							%	g.kg ⁻¹			MPa	
A	4,00a	51,80a	1,30a	0,09a	0,80a	0,80a	2,70a	12,00a	1,60a	13,60a	11,80a	62,80a	208,70a	292,00a	499,30a	0,805a
B	4,30b	59,60a	3,00a	0,06b	2,50b	1,61b	1,60b	9,10b	4,10b	13,20a	31,40b	35,00b	193,90a	280,00a	526,20a	0,630a
C	4,30b	55,90a	3,10a	0,10a	2,60b	1,50b	1,40b	9,60b	4,10b	13,80a	30,40b	31,10b	195,00a	257,90b	547,10a	0,658a

Onde: pH: potencial hidrogeniônico; MO: matéria orgânica; P: Fósforo; K: Potássio; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; Al: Alumínio; SB: Soma de Bases; CTC: capacidade de troca de cátions; V: saturação por bases, m: saturação por Alumínio.

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente.

Os valores médios de pH foram considerados estatisticamente semelhantes entre as transecções B e C, e diferindo entre estas transecções e a transecção A. Em todas as unidades os valores são considerados baixos, indicando acidez muito alta (RAIJ, 1991).

Os parâmetros matéria orgânica, CTC e P não diferiram estatisticamente entre as transecções, sendo que os níveis de matéria orgânica foram considerados altos em todas as transecções (SIQUEIRA, 1987), os valores de CTC foram considerados médios (MELLO, 1983) e os teores de P (considerando como bases para interpretação teores de argila entre 600 a 410 g.kg⁻¹, e extração em solução de Mehlich), foram considerados baixo para a transecção C e muito baixo para as transecções A e B (BORTOLON e GIANELLO, 2008).

Teores de K foram considerados semelhantes nas transecções A e C, diferindo da transecção B. Em ambas as situações os níveis de K no solo foram considerados baixos (CHAVES et al., 1998)

Para os parâmetros Ca, Mg, Al, H+Al, SB, V% e m% os valores obtidos foram considerados semelhantes entre as transecções B e C, e diferentes entre estas transecções e a transecção A. O Ca apresentou teores considerados baixos para a transecção A, e médio para as demais transecções. Para o Mg, o teor na transecção A foi considerado médio, enquanto nas demais transecções os níveis foram considerados altos (RAIJ, 1991).

Já o teor de Al trocável, pode ser considerado alto para todas as transecções, o que se reflete na m%, cujos valores para a transecção A são tidos como muito prejudicial, prejudicial para a transecção B e levemente prejudicial na transecção C (SOUZA et al., 2008). A saturação por bases (V%) foi considerada muito baixa na transecção A e baixa nas demais transecções (RAIJ, 1991).

Estas características, especialmente relacionadas à elevada acidez, baixa disponibilidade de nutrientes, alta concentração de Al trocável e baixa saturação por bases indicam solos de baixa fertilidade, distribuídos por toda a área de estudo. No entanto, com base nestes resultados, as transecções B e C apresentaram condições de fertilidade superiores à transecção A, indicando variabilidade quanto aos padrões de fertilidade na área de estudo.

Carvalho (2005), avaliando as características físico-químicas de solos em florestas com araucária no estado de São Paulo, constatou grande variabilidade entre solos de diferentes áreas sob a mesma tipologia vegetal. Enquanto uma das áreas avaliadas apresentou boas condições de fertilidade, com pH de 5,5, saturação por bases (V%) de 77,9 e teores altos de macronutrientes, outras áreas apresentaram fertilidade inferior, com pH de até 3,5,

Saturação por Bases de 2,7% e baixa disponibilidade de macronutrientes. Amaral (2010), utilizando técnicas geoestatísticas na avaliação dos atributos do solo na Floresta Ombrófila Mista no Paraná, também constatou alta variabilidade nos parâmetros químicos do solo em áreas sob a mesma cobertura vegetal, como também pôde ser constatado no presente estudo.

A análise granulométrica demonstrou a predominância da fração argila nos solos da área de estudo. Em todas as subunidades de todas as transecções a classe textural predominante, segundo classificação simplificada da EMBRAPA (1979), foi a argilosa. Conforme se observa na Tabela 9, embora as quantidades da fração areia e argila tenham sido semelhantes nas três transecções, a fração silte apresentou diferença significativa na transecção C quando comparada com as demais, apresentando valores significativamente inferiores.

Quanto à compactação dos solos, representada pela resistência à penetração, dada pelo penetrômetro, houve variação de 0,176 a 1,172 MPa, considerando as 42 subunidades avaliadas ($CV\% = 32,65$). A média da resistência a penetração para a transecção A foi igual a 0,805 MPa, seguida pela transecção C com média igual a 0,658 MPa, e transecção B com 0,630 MPa. Estes valores, conforme classificação da USDA (1993), foram classificados na classe intermediária baixa (0,1 a 1 MPa), indicando pouca ou nenhuma restrição ao desenvolvimento radicular das plantas nestas áreas.

Albuquerque (2009), avaliado a compactação de solos sob o Sistema Faxinal em Floresta Ombrófila Mista encontrou amplitude maior de compactação, quando comparado a este estudo. Os valores variaram de 0,1 a 2 MPa, indicando um grau de compactação maior, justificado pelo pisoteio animal recorrente em áreas sob esta forma de manejo.

Os baixos graus de compactação encontrados na área de estudo estão relacionados ao isolamento da área, que não conta com intervenções antrópicas significativas ou pisoteio por animais domésticos. A compactação existente deve-se às próprias raízes das árvores e de processos naturais da formação do solo (SCOPEL et al., 1992). Solos com compactação baixa como os da área de estudo, apresentam boas condições quanto aos demais aspectos físicos, como densidade do solo, porosidade total, tamanho e continuidade dos poros, e conseqüentemente, boas condições de aeração, infiltração, retenção e capacidade de armazenamento de água (LIMA e SIRTOLI, 2006). Tais características são favorecedoras ao desenvolvimento da comunidade vegetal no local avaliado.

Encontra-se representado na Figura 9 o comportamento da Resistência à Penetração ao longo das transecções, que acompanham o gradiente edáfico. Observa-se que, embora não haja diferença significativa entre as médias das transecções, a transecção A apresentou solo com grau de compactação mais homogêneo ao longo de toda sua extensão, reiterado pelo coeficiente de variação obtido para esta transecção, igual a 22,09%, menor quando comparado às transecções B e C (40,72% e 34,38%, respectivamente). Por outro lado, as transecções B e C apresentaram tendência crescente quanto ao grau de compactação, no sentido rio-bordadura, como pode ser observado na figura.

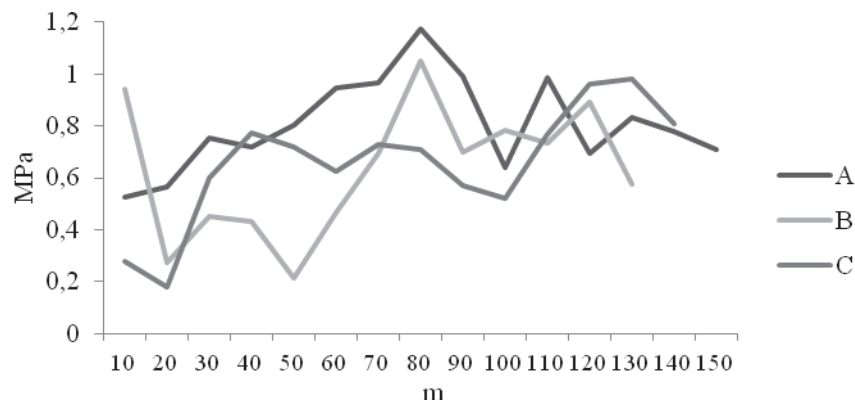


Figura 9: Representação gráfica da resistência à penetração ao longo das transecções, partindo do rio até a borda da floresta, em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapuava, PR.

Conforme Benghough et al. (2001), a resistência à penetração decresce com o aumento do conteúdo de água no solo, fato este que pode ser responsável pelo gradiente de compactação observado no presente trabalho, considerando que os locais mais próximos ao rio estão sujeitos a um teor de umidade maior, especialmente em profundidade, devido a elevação mais constante do lençol freático, o que justifica a menor resistência à penetração em tais locais. Veronese Júnior et al. (2006), em trabalho avaliando a influência do teor de umidade sobre a resistência mecânica de um Latossolo em Ilha Solteira, SP, ressalta ainda que além da umidade, outras características do solo como densidade de partículas, conteúdo de matéria orgânica e textura podem afetar a compactação, resultando na variabilidade espacial deste atributo, como observado no presente trabalho.

3.4.3. Similaridade das unidades amostrais quanto às características do solo e da vegetação

A similaridade das unidades amostrais foi avaliada a partir da análise de agrupamentos, efetuada com base nas variáveis de solo e da vegetação previamente selecionadas. Foram agrupadas, predominantemente, as parcelas de acordo com a transecção, representadas pelas letras, e/ou de acordo com o gradiente edáfico, representado pelos números (Figura 10). Após traçar a linha “fenon” na metade da distância euclidiana máxima, obteve-se a formação de 4 agrupamentos.

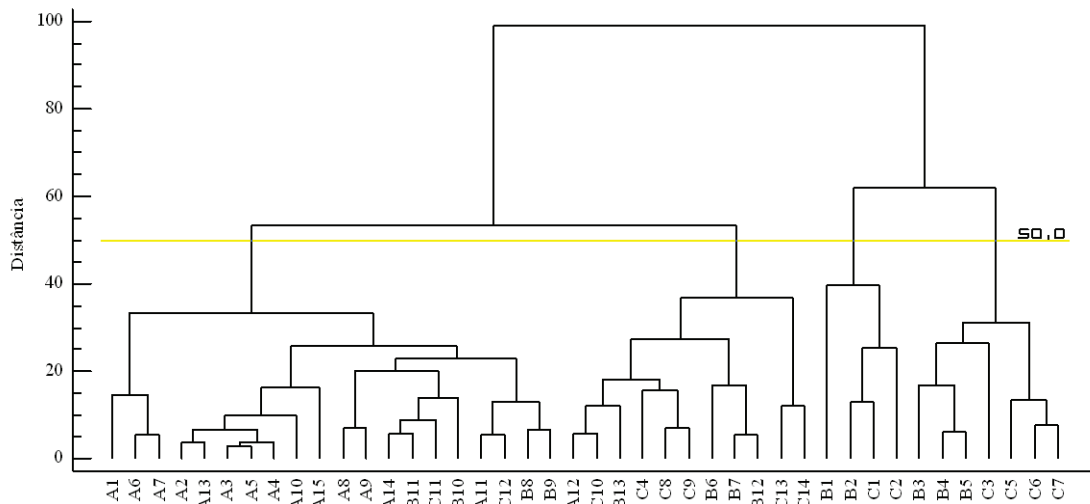


Figura 10: Similaridade conforme distância euclidiana quadrada, pelo método do “vizinho mais distante” entre as sub-parcelas de cada transecção, de acordo com características edáficas e da vegetação, em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapuava, PR.

O primeiro agrupamento formado com a divisão pela linha fenon (à esquerda), concentrou 14 das 15 parcelas da transecção A. Observa-se que esta transecção apresentou maior homogeneidade quanto às condições edáficas e de vegetação, distinguindo-se consideravelmente das demais. Embora o primeiro agrupamento tenha sido formado principalmente pelas subunidades da transecção A, nota-se que a ordem de associação entre as parcelas não seguiu um padrão de similaridade do maior número para o menor, ou vice-versa, indicando a inexistência de um gradiente edáfico e vegetacional ao longo desta.

A formação do segundo agrupamento envolveu subunidades de todas as transecções, porém com destaque para a transecção C, representada por 6 de suas 14 subunidades. Observa-se neste grupo dois tipos distintos de associação. O primeiro indica a tendência de associação das subunidades finais das transecções B e C (representadas pelos números de 10 a 14); enquanto o segundo envolve parcelas nas alturas médias também das transecções B e C (representadas pelos números de 4 a 9). Considerando o terceiro agrupamento formado, este agrupou o menor número de subunidades (4), e concentrou as parcelas iniciais das transecções B e C. Finalmente, o quarto agrupamento formado, também demonstrou a associação das parcelas na altura média das transecções B e C.

O segundo, terceiro e quarto agrupamentos indicam a existência de um gradiente edáfico e vegetacional nas transecções B e C, enquanto a grande predominância das subunidades da transecção A no primeiro grupo indica maior homogeneidade desta área, que a diferencia das demais transecções. Este fato pode ser confirmado através do teste de Tukey usado na comparação das médias das variáveis analisadas, que demonstrou haver diferenças significativas a 95% de probabilidade de confiança entre a transecção A, quando comparada com as transecções B e C juntas, para as variáveis Ca, Mg, Al, H + Al, SB, V%, m%, Argila e Índice de Diversidade de Shannon (H').

Estes resultados apontam para existência de solos com características distintas na área amostrada pela transecção A, trazendo reflexos significativos sobre a composição florística local, visto que a média do Índice de Shannon para esta transecção foi estatisticamente superior às demais ($A = 1,66$, $B = 1,01$ e $C = 1,16$). As diferenças encontradas entre estas áreas devem-se principalmente ao grau de influência sofrida pelos deflúvios do rio subjacente e inundações periódicas.

As transecções B e C abrangem parcelas às margens do rio, passíveis de inundações e que possibilitam o lençol freático mais elevado por um período de tempo maior, enquanto a transecção A, embora apresente gradiente altitudinal semelhante, não é delimitada em sua parte inferior pelo rio, e sim por uma extensa área de solos hidromórficos, sem vegetação arbórea, e por isso não foram incluídos na avaliação. Sendo assim, a influência menos marcante de inundações sobre a transecção A permitiu a existência de solos melhor estruturados, mais profundos e drenados ao longo de toda sua extensão.

Por outro lado, a maior proximidade ao rio e relevo mais plano das parcelas iniciais das transecções B e C favoreceu a formação de solos aluviais nestas áreas. Conforme

Boettinger (2005), a gênese de tais solos está ligada à deposição de materiais transportados pelos corpos d'água, que conferem ao solo originário diferentes composições e textura, que dependem do material de origem e das características do ambiente em que o solo é formado. Esta deposição contínua de sedimentos, pode ser responsável pelos maiores teores de nutrientes observados nestas parcelas, quando comparado às subunidades adjacentes e toda a transecção A, que não contam com influência direta dos deflúvios.

Além dos aspectos relacionados à deposição de sedimentos, a concentração maior de nutrientes nas parcelas iniciais das transecções B e C pode ser resultado da drenagem deficiente observada nestes locais, que reduz as perdas de bases pelo processo de lixiviação e retarda a decomposição da Matéria Orgânica (MERCIER et al., 2000; MONTAGNE et al., 2009). Observa-se nas Figuras 11 e 12 a tendência decrescente apresentada pelos teores de P, K, Ca e Mg nas transecções B e C, demonstrando a existência de um gradiente edáfico, com redução nos teores de macronutrientes do solo à medida que as subunidades se afastam da zona de deposição de deflúvios e de drenagem deficiente.

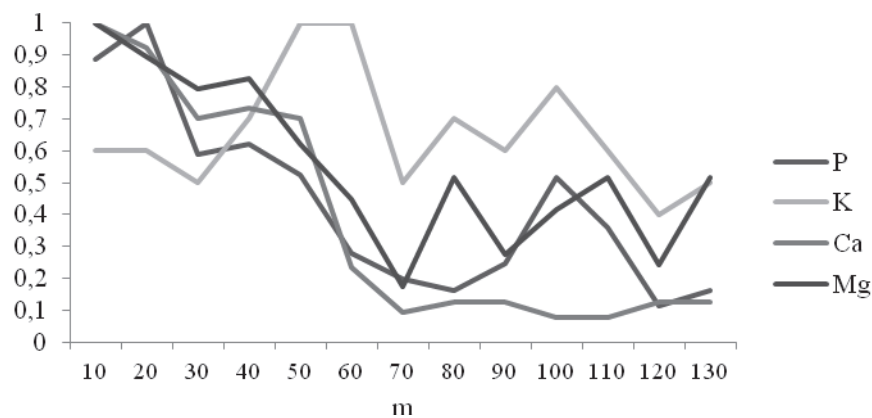


Figura 11: Tendência decrescente dos teores de macronutrientes ao longo de um gradiente edáfico na transecção B, em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapuava, PR - valores relativizados (0-1).

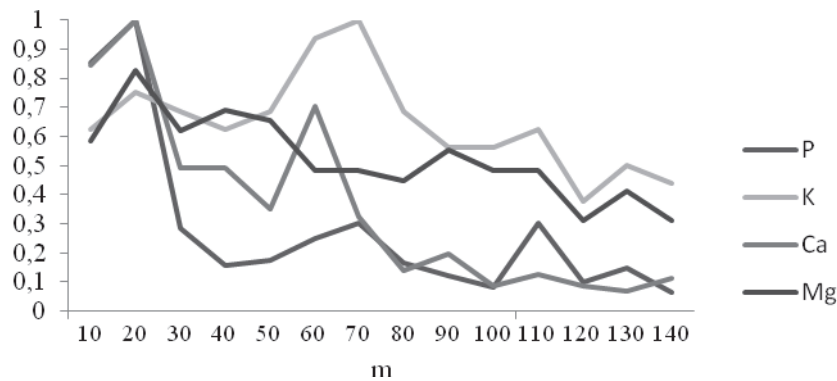


Figura 12: Tendência decrescente dos teores de macronutriente ao longo de um gradiente edáfico na transecção C, em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapuava, PR - valores relativizados (0-1).

Comportamento inverso foi observado para o pH, que aumentou a medida que as subunidades afastavam-se da zona de deflúvio, assim como também houve aumento do Al trocável. O pH nas subunidades finais das transecções B e C (mais afastadas do rio) atingiu níveis críticos, variando entre 3,9 e 4,0, valores considerados muito baixos (COSTA e OLIVEIRA, 2001). O solo da transecção A também foi considerado muito ácido como um todo, variando de 3,9 a 4,2. Por outro lado, as subunidades iniciais das transecções B e C (mais próximas ao rio) apresentaram pH pouco mais elevado, variando de 4,6 a 5,0 nas cinco primeiras subunidades de B, e de 4,2 a 5,2 nas respectivas subunidades de C. Considerando o solo destas primeiras subunidades, o pH pode ser classificado de baixo a médio.

Em condições de acidez severa, com pH inferior a 5,5, como é o caso de grande parte das subunidades em todas as transecções, os compostos de alumínio, ferro e manganês tornam-se bastante solúveis, e além de causarem toxidez às plantas, são responsáveis pela fixação de fósforo e pela formação de compostos de fósforo insolúveis na solução do solo, reduzindo significativamente a disponibilidade deste nutriente às plantas. Semelhantemente, o hidrogênio desloca o cálcio e o magnésio dos colóides do solo, que uma vez estando na solução do solo em formas solúveis, podem ser perdidos por lixiviação (COELHO e VERLENGIA, 1973). Tais fatores explicam o aumento na disponibilidade de Al trocável e redução na disponibilidade dos macronutrientes nas subunidades avaliadas, à medida que o pH diminui.

Os níveis de matéria orgânica observado nos solos em estudo podem se constituir em um agravante para a questão da acidez. Os teores de matéria orgânica no solo variaram de

29,6 g.dm⁻³ a 67,1 g.dm⁻³ (2,96% e 6,7%, respectivamente) considerando as três transecções. Tais teores são considerados de alto a muito alto (CHAVES et al., 1998; GARGANTINI et al., 1970), ou de médio a alto, conforme recomendação de Sousa e Lobato (2004). A acidificação decorrente deste fator ocorre então, pelo fato de que a matéria orgânica, rica em ácidos orgânicos e fenóis, fornece prótons de H⁺ que tendem a acidificar os solos. No entanto, essa acidificação aparece de modo acentuado na acidez potencial, enquanto a variação na acidez ativa é menor, podendo até em alguns casos não se observar correlação entre a matéria orgânica e o pH do solo (MELLO et al., 1983).

A correlação linear entre as variáveis matéria orgânica e pH apresentou um relacionamento negativo, com correlação significativa a 95% de probabilidade de confiança, igual a -0,325. Esta correlação, embora fraca ($R^2 = 0,11$), indica a importância da matéria orgânica como fonte de acidez para os solos em questão.

3.4.4. Análise dos Componentes Principais com base nas características edáficas e da vegetação

O aspecto multidimensional dos dados levantados de solo e vegetação, com diversas variáveis interagindo de distintas maneiras, requer tratamento diferenciado para que a maior gama de relações causa-e-efeito seja compreendida. Neste sentido, a Análise de Componentes Principais (PCA), é uma ferramenta de grande utilidade, pois permite avaliar o grau de associação de diferentes variáveis e limitar a análise a um menor número de fatores, que englobam as variáveis mais representativas quanto à explicação da variabilidade dos dados.

As variáveis edáficas e da vegetação submetidas à análise dos componentes principais resultou nos autovalores e porcentagem de variância conforme Tabela 10. Considerando o valor mínimo dos autovalores para a formação dos componentes principais ≥ 1 , houve a formação de 4 componentes, que juntos explicam 71,61% da variância.

Tabela 10: Autovalores e variância dos componentes principais resultantes das variáveis edáficas e da vegetação de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapuava, PR.

Variáveis	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4
pH	-0,94	0,14	0,03	0,16
MO	0,29	-0,30	0,06	-0,57
P	-0,76	0,10	0,24	0,28
K	-0,08	0,37	0,59	-0,26
Ca	-0,94	0,09	0,17	0,10
Mg	-0,84	-0,19	0,16	-0,21
Al	0,93	-0,05	0,00	0,06
CTC	0,11	-0,30	0,71	-0,17
Areia	0,12	0,70	0,3	0,10
Silte	0,49	0,59	-0,19	-0,09
Argila	-0,43	-0,85	-0,04	0,01
RP	0,67	-0,11	0,05	-0,09
G	-0,67	0,22	-0,18	-0,35
Ni	-0,52	0,29	-0,27	-0,61
H'	0,78	-0,04	0,26	-0,09
Autovalor	6,24	2,11	1,27	1,11
Variância (%)	41,63	14,04	8,48	7,45
Variância Acum. (%)	41,63	55,66	64,15	71,6

RP: Resistência a penetração; G: Área Basal; Ni: Número de indivíduos; H': Índice de Diversidade de Shannon

O primeiro componente ou fator apresentou o autovalor expressivo de 6,24, representando 41,63% da variância total. O segundo componente mais representativo, com autovalor de 2,11, correspondeu a 14,04% do total da variância. O terceiro e quarto componente apresentaram autovalores iguais a 1,27 e 1,11, sendo responsáveis por 8,48% e 7,45% da variância dos dados, respectivamente.

As variáveis mais representativas do fator 1 foram o pH, juntamente com o Ca. Considerando que este fator foi o mais expressivo na análise, pode-se afirmar que das variáveis consideradas, o pH e Ca são as mais determinante, possuindo altas correlações com a maioria das demais variáveis, sejam edáficas ou da vegetação. A importância destas duas variáveis pode ser avaliada com base no alto valor da correlação com o fator 1 (-0,94), resultado de uma relação inversa com o componente.

Observa-se que o fator 1 representa bem as condições químicas e de fertilidade do solo, agregando além do pH os nutrientes Ca, Mg e P além do Al trocável, e a variável física do solo – resistência à penetração. Juntamente com essas variáveis edáficas, duas variáveis da vegetação (Área Basal - G e Índice de Diversidade de Shannon – H') foram adicionadas ao componente 1, indicando estreita relação entre as condições químicas, de fertilidade e compactação do solo com a comunidade arbórea.

O segundo componente foi composto exclusivamente pelas variáveis físicas do solo, como teores das frações areia, silte e argila. Obteve-se correlação negativa forte entre a argila e as demais frações. Considerando que a classe textural predominante nos solos de todas as subunidades foi a argilosa, de acordo com a classificação simplificada da EMBRAPA (1979), a relação inversa entre a argila e as demais frações ocorre a medida que os teores de argila são maiores no solo, em detrimento das frações silte e areia, enquanto maiores teores de areia + silte promovem, conseqüentemente, a redução nos teores de argila.

O terceiro componente a ser formado agrupou as variáveis CTC e K, enquanto o quarto componente foi representado pela matéria orgânica (MO) e número de indivíduos arbóreos (Ni). A CTC, originária da superfície de troca do colóides do solo, representa a quantidade total de cátions retidos à superfície desses materiais em condição permutável (EMBRAPA, 2010). Em condições de baixa e média CTC, como é o caso dos solos de todas as subunidades, há adsorção preferencial de cátions monovalentes às cargas negativas dos colóides do solo, como o K, enquanto altas CTC adsorvem melhor cátions bivalentes, como o Ca e o Mg (MELLO et al., 1983). Sendo assim, esta característica pode estar relacionada à correlação estabelecida entre a CTC e o K nos solos em questão. Cavalcante et al. (2007), avaliando Latossolos sob diferentes tipos de manejo no Mato Grosso do Sul, com o uso de técnicas geoestatísticas, constatou a dependência espacial do K em relação a CTC, indicando também, a existência de correlação entre essas variáveis, como no presente estudo.

A Figura 13 mostra graficamente as variáveis agrupadas em relação aos componentes (fatores) 1 e 2. Na Análise de Componentes Principais, o comprimento das setas está relacionado à significância da variável, enquanto os ângulos entre elas representam as relações entre os atributos. O ângulo entre determinada seta e cada eixo de ordenação representa o grau de correlação com o eixo (ALVARENGA e DAVID, 1999).

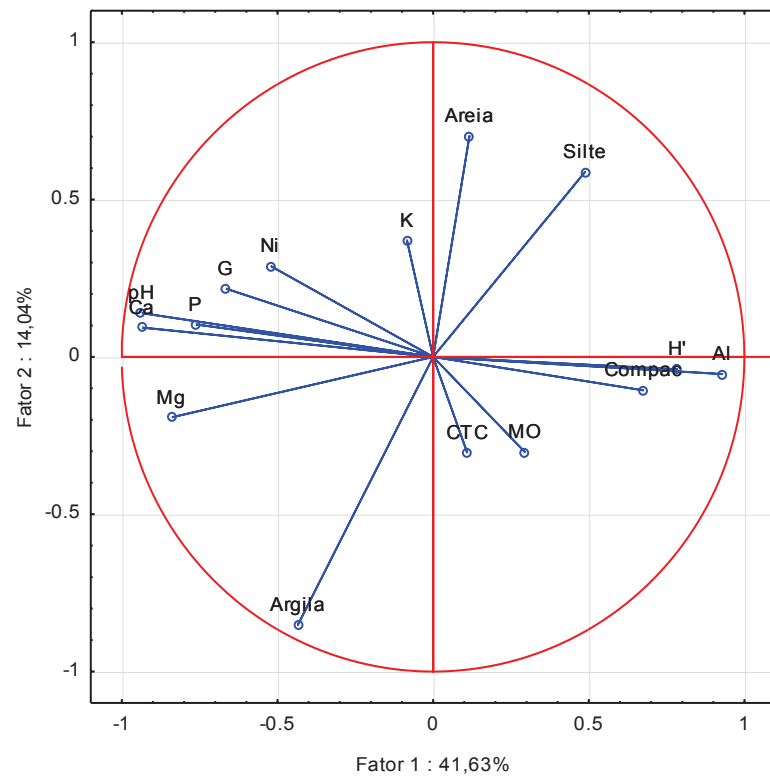


Figura 13: Análise gráfica dos Componentes Principais obtidos a partir de variáveis edáficas e da vegetação de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapua, PR.

Destaca-se no fator 1, representado pelo eixo das abscissas, a concentração das variáveis químicas do solo, e a relação inversa especialmente entre o pH, Ca, Mg e P e as variáveis pertencentes ao mesmo fator porém positivamente correlacionadas, como o Índice de Diversidade de Shannon (H'), Al e compactação do solo.

Analisando-se graficamente o fator 1, percebe-se a grande influência do pH sobre os nutrientes do solo. De um modo geral, a disponibilidade destes elementos no solo é função do pH, reduzindo a medida que o pH diminui, e estando disponível em maiores concentrações a medida que o pH atinge níveis próximos a neutralidade (COELHO e VERLENGIA, 1973).

A forte correlação negativa entre o pH e o Al representada pelas setas opostas no eixo das abscissas na Figura 13, indica a relação química existente entre essas variáveis, visto que em níveis baixos de pH ocorre maior solubilização do Al no solo, trazendo consequências nocivas às comunidades de plantas e biota do solo (MALAVOLTA, 1979). No presente estudo, essa estreita relação entre estas variáveis tornou-se claramente perceptível.

As relações inversas entre a fração argila, areia e silte também podem ser identificadas claramente no gráfico, destacando-se a argila como maior representante do segundo

componente, evidenciada pelo comprimento da seta. As demais variáveis mostram-se fracas na composição dos seus respectivos fatores, representadas pelas setas de menores comprimentos. Observa-se que, embora a densidade da floresta (Ni), esteja associada ao quarto componente juntamente com a matéria orgânica, esta variável apresenta considerável correlação com as variáveis do primeiro componente, especialmente a área basal, o que é esperado, visto que quanto maior o número de indivíduos, maior será a área basal.

A Figura 14 representa os componentes principais sob o aspecto das parcelas, evidenciando as subunidades mais influenciadas pelos fatores e suas respectivas variáveis.

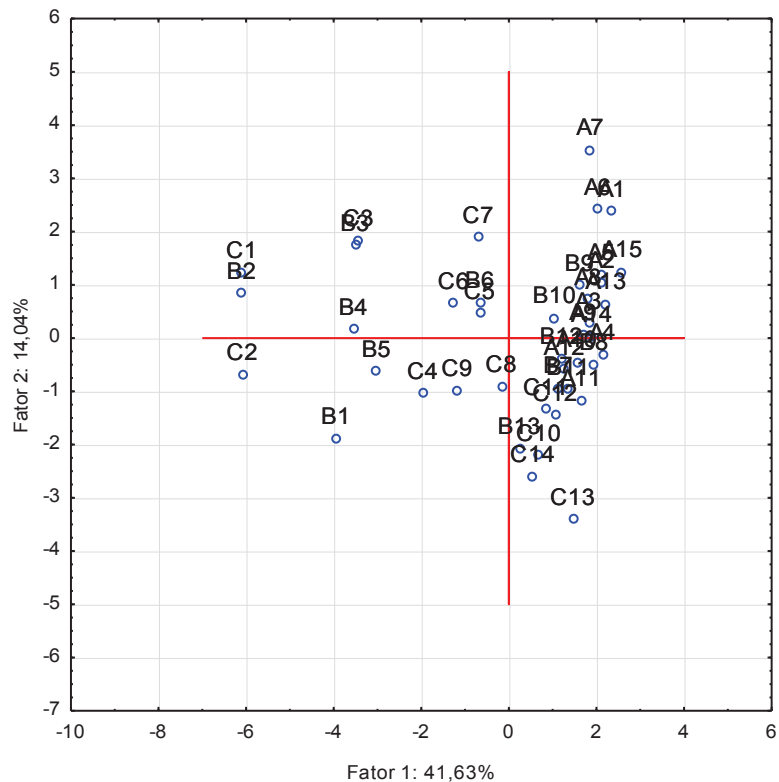


Figura 14: Análise gráfica dos Componentes Principais para as subunidades em relação as características edáficas e da vegetação de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapua, PR.

Nota-se na figura 14 a forte correlação positiva da maioria das parcelas da transecção A, e parcelas medianas e finais das transecções B e C com o fator 1. Por outro lado, as parcelas iniciais das transecções B e C apresentaram correlação negativa com este mesmo fator. Já as subunidades A7, A2 e A1 apresentaram considerável correlação positiva com o

segundo fator, enquanto as subunidades C13 e C14 apresentaram correlação negativa significativa com este mesmo fator.

De um modo geral, como pode ser visto na representação gráfica das subunidades em relação aos dois componentes de maior importância, a grande maioria das subunidades está relacionada ao primeiro componente, que tem o pH e Ca como sua variável mais representativa. Sendo assim, é possível afirmar que de todas as variáveis utilizadas no agrupamento das subunidades, o pH é a mais determinante, influenciando de maneira geral a disponibilidade de nutrientes e demais aspectos da vegetação.

Tais resultados corroboram com Coelho e Verlengia (1973), que afirmam que o pH é possivelmente a única variável que quando considerada isoladamente dá mais informações sobre o solo. O Ca por sua vez, por possuir maior valência e íons de tamanho maior quando hidratados, é adsorvido com maior energia de ligação às cargas do solo, conforme a série liotrópica, influenciando a disponibilidade do Mg, P e K (RAIJ, 1991). Além dos aspectos químicos influenciados pelo Ca, este é o nutriente que tem maior efeito agregante no solo, favorecendo a permeabilidade e infiltração de água, afetando o desenvolvimento do sistema radicular das plantas (VITTI e TREVISAN, 2000). As Figuras 12 e 13 mostram tais relações entre o pH e nutrientes, observadas no presente estudo.

No tocante a vegetação, obteve-se uma relação direta entre a Área Basal (G) e o pH, embora ambos tenham sido negativamente correlacionados com o fator 1 (Figura 12). Isso indica que nas áreas que apresentaram maior pH, houve também maiores valores de dominância. Entretanto, observa-se, com base na mesma figura, que houve relação inversa entre o pH e variáveis do solo a ele relacionadas, com o Índice de Diversidade de Shannon (H'), indicando o aumento na diversidade florística a medida que o pH e disponibilidade de nutrientes diminuí.

As Figuras 15 e 16 representam a relação direta existente entre o pH e a Área Basal e a relação inversa dessas variáveis com a Diversidade, representando a evolução destes parâmetros ao longo do gradiente edáfico identificado nas transecções B e C.

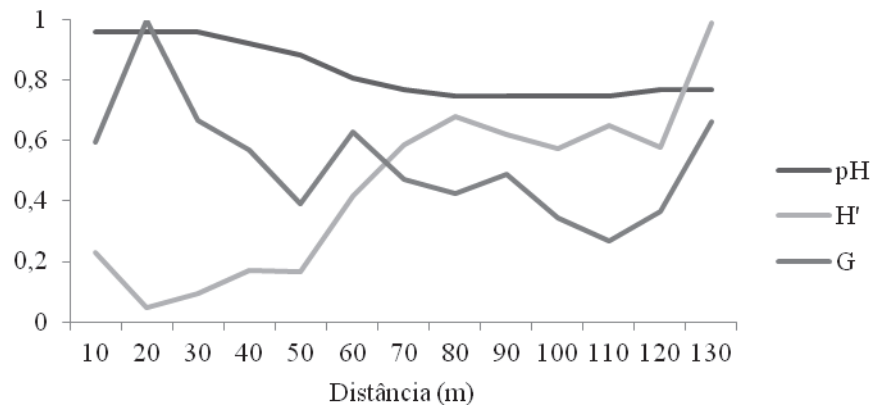


Figura 15: Comportamento das variáveis pH, Índice de Diversidade de Shannon e Área Basal ao longo de um gradiente edáfico (transecção B) em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapuava, PR - valores relativizados (0-1).

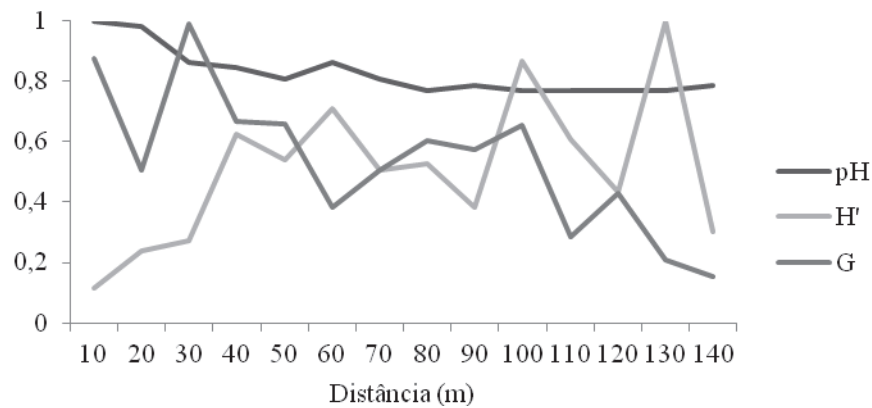


Figura 16: Comportamento das variáveis pH, Índice de Diversidade de Shannon e Área Basal ao longo de um gradiente edáfico (transecção C) em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapuava, PR - valores relativizados (0-1).

Com base nas relações observadas nas Figuras 15 e 16, infere-se que, embora valores baixos de pH, como aqueles observados nas subunidades finais das transecções B e C, sejam prejudiciais ao desenvolvimento das plantas, seja por reduzir a disponibilidade de nutrientes ou por aumentar a solubilidade de elementos tóxicos, este não parece ser o fator limitante ao aumento da diversidade da floresta. Neste caso, possivelmente o nível alto do lençol freático, associado à rugosidade da superfície do terreno responsável pela formação de pequenas bacias de inundação, características estas presentes nas parcelas iniciais das transecções B e C, é o fator mais limitante ao desenvolvimento da comunidade arbórea na área de estudo.

A ciclagem de nutrientes pode apresentar um grande efeito sobre a vegetação na área de estudo. Segundo Herrera et al. (1978), florestas sobre solos de baixa fertilidade retornam menor quantidade de material formador de serapilheira em relação a solos férteis. No entanto as espécies destas florestas desenvolvem mecanismos para conservar nutrientes, como a absorção de nutrientes diretamente da serapilheira, através da associação com micorrizas. Tais relações simbióticas e melhoria na eficiência de absorção de nutrientes por parte das plantas pode justificar o aumento na diversidade da floresta nestes solos ácidos e pobres.

A influência das condições de drenagem do solo sobre a vegetação também pode ser constatada na transecção A. Observa-se que a área amostrada por esta transecção apresenta solos mais profundos, com conseqüente aprofundamento do lençol freático e melhores condições de drenagem, e nesta mesma área foram obtidos os maiores valores de Índice de Diversidade de Shannon, mesmo apesar da condição de alta acidez e baixos teores de nutrientes.

Já a relação inversa observada entre a Área Basal e o pH esta associada basicamente aos alto valores de dominância obtidos pela espécie hidrófila *Sebastiania commersoniana* nas parcelas iniciais das transecções B e C. Nestas subunidades esta espécie foi praticamente absoluta ocorrendo de forma agregada, com um grande número de indivíduos de pequenos diâmetros, resultando em elevados valores de área transversal. Por outro lado, na transecção A, que não apresentou solos hidromórficos, a participação de *Sebastiania commersoniana* foi reduzida ao longo de toda a transecção, dando lugar a um maior número de espécies, o que resultou nos maiores valores para o Índice de Shannon.

Constatações semelhantes foram feitas por Barddal et al. (2004), estudando um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial em Araucária, PR. Este autor observou que nas áreas mais sujeitas às inundações e elevação do lençol freático, a espécie *Sebastiania commersoniana* foi dominante também em decorrência do alto número de indivíduos embora com diâmetros pequenos. À medida que a condição hidromórfica do solo diminuía, outras espécies também tolerantes à hidromorfia, porém de adaptação mais limitadas como *Lithraea brasiliensis*, *Luehea divaricata*, *Inga marginata*, *Prunus sellowii*, *Vitex megapotamica* e *Xylosma pseudosalzmanii* tomavam espaço na comunidade arbórea, promovendo o aumento da diversidade.

Conforme Curcio et al. (2007), as características dos solos aluviais, como os processos de transporte e deposição de materiais e oscilações do lençol freático, são importantes, e de

maneira interativa, são responsáveis pela presença de determinada ocupação vegetal, como ocorre na área de estudo. Estudos semelhantes, conduzidos por Medri et al. (2002) e Lobo e Joly (2000), discutem a frequência e duração da saturação hídrica do solo como um dos fatores determinantes à composição florística. Com base nestas afirmações, pode-se inferir que a vegetação presente ao longo das margens de rios, sobre solos sujeitos ao regime fluvial, ocorre de acordo com diferentes grupos funcionais, que refletem as adaptações das espécies em função da saturação hídrica dos solos.

3.4.5. Interações Espécies-Ambiente com base na Análise de Correspondência Canônica

A Análise de Correspondência Canônica, (CCA), constitui-se em um método multivariado amplamente empregado e recomendado para estudos que visam compreender as correlações existentes entre a vegetação e fatores ambientais (RIBEIRO, 2004). Sendo assim, o objetivo da utilização da CCA no presente estudo visa conhecer as relações existentes entre as espécies do componente arbóreo de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial e os aspectos edáficos e de competição.

Para a realização da CCA foram consideradas apenas as espécies com frequência maior que cinco indivíduos com o objetivo de eliminar as espécies raras, que se tornam irrelevantes neste tipo de análise (GAUCH, 1982). As variáveis edáficas também foram pré-selecionadas visando eliminar variáveis com alta correlação entre si. Sendo assim, restaram 18 espécies arbóreas, e 11 atributos ambientais, sendo 10 concernentes ao solo e 1 referente à Área Basal de cada parcela.

Com base nas matrizes de espécies e de atributos ambientais, foi processada a CCA, produzindo uma ordenação com dois eixos, sendo as espécies representadas por pontos dispersos ao longo dos eixos, e as variáveis ambientais representadas por setas, cujos comprimentos indicam a correlação destas variáveis com os respectivos eixos de ordenação. Os autovalores para os eixos de ordenação formados foram 0,405 (eixo 1), 0,124 (eixo 2) e 0,085 (eixo 3). Os três primeiros eixos de ordenação foram responsáveis por 16,4, 5,0 e 3,4% da variância total dos dados, respectivamente. Isso indica que as 11 variáveis ambientais utilizadas no estudo são responsáveis por $\approx 25\%$ da variação na composição florística e de densidade de espécies do fragmento florestal avaliado, indicando que ainda há muita variância remanescente não explicada.

Comparando com a maioria dos trabalhos que utilizaram a CCA na ordenação de comunidades florestais em função de características ambientais, os autovalores obtidos no presente trabalho foram elevados (BOTREL et al., 2002; RIBEIRO, 2004; CARVALHO et al., 2005; MOSCOVICH, 2006, KANIESKI, 2010). Já os trabalhos de Martins et al. (2003), Carvalho et al. (2005b) e Camargos et al. (2008) apresentaram autovalores maiores.

Os autovalores obtidos com a CCA podem ser interpretados como a proporção da variância obtida a partir da correlação entre as respectivas variáveis canônicas. Os autovalores encontrados para os primeiros eixos podem ser considerados alto, indicando uma distribuição heterogênea das espécies no ambiente. Esta heterogeneidade na ocorrência de espécies na área de estudo deve-se a existência de um gradiente ambiental marcante, indicado por autovalores $> 0,3$ (TER BRAAK e VERDONSCHOT, 1995), como observado para o autovalor do primeiro eixo.

O teste de permutação de Monte Carlo, resultante dos eixos de ordenação, demonstrou alta significância para as correlações entre a abundância das espécies e variáveis ambientais ($p = 0,001$). As correlações obtidas a partir deste teste para as variáveis espécie-ambiente foram de 0,864 para o primeiro eixo, 0,527 para o segundo eixo e 0,673 para o terceiro eixo. Neste caso, assumindo-se a hipótese de nulidade para a normalidade dos dados, o teste de Monte Carlo é conduzido na estimativa do p-valor, sendo o estimador da máxima semelhança para este parâmetro dado pela razão entre o número de simulações maiores ou iguais ao valor observado do p-valor (SILVA e ASSUNÇÃO, 2011).

Neste estudo foram realizadas 999 simulações aleatórias entre as variáveis analisadas. Isso indica que para as correlações espécie-ambiente observadas, o p-valor obtido para estas é a proporção de simulações aleatórias cujos autovalores foram maiores ou iguais aos autovalores observados. Então, sendo esta uma baixa proporção, representada pelo baixo p-valor obtido, infere-se que para as correlações observadas e correlações simuladas, o p-valor foi sempre baixo, indicando alta significância das interações.

A Tabela 11 apresenta os coeficientes de correlação (*intraset correlation* de Ter Braak, 1986) estandardizados entre as variáveis ambientais e os eixos de ordenação. Os valores representam a correlação entre as variáveis e o eixo de ordenação.

Tabela 11: Coeficientes de correlação entre as variáveis edáficas e de competição com os eixos de ordenação resultantes da CCA, em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapuava, PR.

Variáveis	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3
MO	-0,167	0,091	-0,114
P	0,599	-0,067	-0,246
K	0,372	0,102	0,793
Ca	0,819	-0,212	-0,189
Mg	0,755	-0,164	-0,365
Al	-0,826	0,37	0,073
CTC	-0,138	0,51	-0,233
Areia	0,094	0,405	0,254
Argila	0,108	-0,672	-0,339
RP	-0,604	0,185	0,468
G	0,752	0,079	-0,163

RP: Resistência à Penetração (Compactação); G: Área Basal

As variáveis do solo que apresentaram as maiores correlações com o eixo 1 foram o P, Ca, Mg e Competição, representada pela Área Basal. Estas variáveis apresentaram correlação positiva com o eixo. Por outro lado, as variáveis Al e Resistência a Penetração apresentaram fortes correlações negativas com este mesmo eixo. A variável Argila apresentou forte correlação com o segundo eixo, enquanto o K apresentou forte correlação positiva com o terceiro eixo.

Os resultados indicam que a vegetação na área de estudo é fortemente influenciada pelos teores de Ca, Mg e P, de forma positiva e condicionada negativamente pelas variáveis Al, compactação do solo e competição. Os coeficientes de correlação estão relacionados à taxa de mudança na composição da comunidade por unidade de mudança da variável ambiental correspondente (TER BRAAK, 1986). Considerando a área de estudo, isto indica que, uma variação unitária nos teores de Al (variável mais correlacionada com o eixo 1), promoverá uma alteração de 82,6% na composição da comunidade arbórea (considerando o relacionamento inversamente proporcional entre a variável e o eixo de ordenação), assumindo-se que as demais variáveis também variem da forma como variam para a presente situação.

Observa-se que as quatro primeiras variáveis mais fortemente correlacionadas com a composição arbórea da floresta são altamente dependentes do pH do solo, corroborando com

os resultados obtidos pela análise dos componentes principais, que evidenciam a importância deste parâmetro na estrutura da comunidade vegetal.

A Figura 17 representa o diagrama de ordenação obtido a partir da CCA, que mostra a dispersão das espécies com base nas características ambientais mais determinantes a sua ocorrência, representadas pelas setas. As setas de uma variável ambiental apontam na direção de máxima mudança desta variável através do diagrama, e o seu comprimento é proporcional à taxa de mudança nesta direção. Portanto, as variáveis ambientais com setas mais alongadas são aquelas mais fortemente correlacionadas com os eixos de ordenação que aquelas mais curtas. Portanto, as setas de maior comprimento estão mais correlacionadas ao padrão de variação na comunidade (TER BRAAK, 1987).

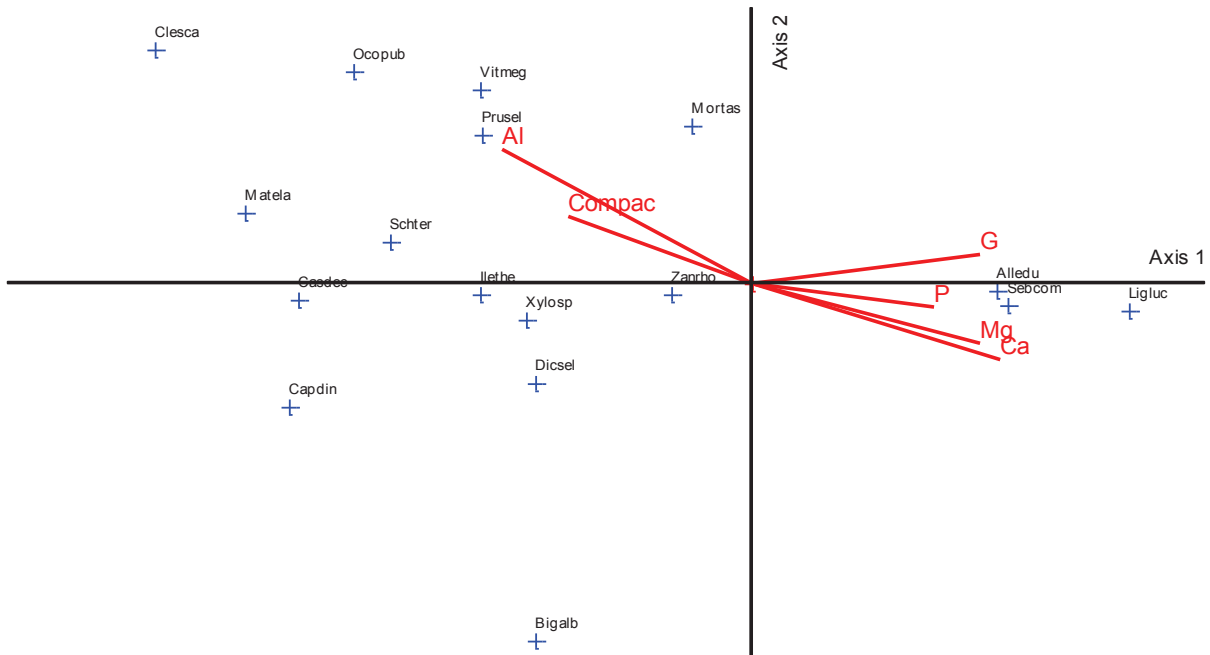


Figura 17: Representação gráfica da ordenação resultante da Análise de Correspondência Canônica, a partir dos dados de espécies e variáveis ambientais e de competição, em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Guarapuava, PR.

Percebe-se o relacionamento inverso ao eixo 1 apresentando pelas variáveis Al e compactação, enquanto as demais variáveis correlacionara-se positivamente a este, conforme já discutido anteriormente. O comprimento maior da seta que representa o Al indica a maior relação desta variável com o eixo de ordenação. As demais variáveis que foram relacionadas aos eixos 2 e 3 não foram apresentadas.

A dispersão das espécies ao longo das setas das variáveis indica o quanto uma espécie é afetada pela variável ambiental. Sendo assim, observa-se que as espécies *Sebastiania commersoniana*, *Allophylus edulis* e a espécie exótica abundante na área de estudo, *Ligustrum lucidum* correlacionaram-se positivamente ao primeiro eixo, e associadas às variáveis de Área Basal, e pelos nutrientes Ca, Mg e P. A associação das espécies citadas com estas variáveis ambientais é justificada pelo fato de que as áreas que apresentaram os maiores teores de Ca, Mg e P, foram aquelas localizadas na zona de deflúvio do rio, áreas estas sujeitas a inundações circunstanciais, e deposição de sedimentos que contribuem para um maior aporte de nutrientes nestas regiões. Entretanto, o alto nível do lençol freático nestes locais torna-se limitante ao desenvolvimento da maioria das espécies, mesmo apresentando condições de fertilidade superiores aos demais locais.

A área basal também apresentou forte relacionamento com o eixo 1, relacionando-se positivamente com as espécies citadas. Isto reflete a grande dominância apresentada por *Sebastiania commersoniana* nestes locais, quem embora apresente condições limitantes à maioria das espécies, permite o desenvolvimento massivo desta espécie hidrófila.

Ribeiro (2004), avaliando a composição florística de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista em São Francisco de Paula, RS, com base na CCA, observou a preferência de *Sebastiania commersoniana* e espécies correlatas a locais planos, expostos, com solos bastante úmidos e profundos, como é o caso dos locais mais próximos ao rio na área do presente estudo. Curcio et al (2007) também constatou a preferência de *Sebastiania commersoniana* por solos hidromórficos, e segundo a classificação proposta pelo autor, *Allophylus edulis* apresenta preferência por solos semi-hidromórficos e não-hidromórficos, corroborando com o presente estudo, onde, embora *Allophylus edulis* esteja presente em áreas de maior umidade e restrições causadas pelo nível do lençol freático, sua distribuição ocorre também nas áreas mais altas, com solos melhor drenados.

Por outro lado, as espécies *Prunus myrtifolia* e *Vitex megapotamica* apresentaram relacionamento com a variável Al, que juntamente com a variável Resistência à Compactação, está negativamente relacionada ao primeiro eixo de ordenação. A correlação destas espécies com o Al indica a ocorrência marcante destas em locais com alta saturação deste elemento.

Considerando essa relação entre algumas espécies com o Al, deve-se ressaltar que este elemento é conhecido como um dos principais fatores limitantes ao crescimento das plantas em solos ácidos, quando presente na forma trocável - Al^{+3} - (RITCHIE, 1995). Esta limitação

se deve à sensibilidade apresentada pela região meristemática e de alongação das raízes das plantas à presença deste elemento (SUVAGURU e HORST, 1998). Nas células destas regiões, o Al altera as propriedades da parede e da plasmalema, pois afeta o sistema de carregadores de nutrientes, resultando na inibição da alongação do eixo principal, o que torna as raízes mais espessas e menos funcionais (RYAN et al., 1993).

Os efeitos da toxidez por Al tornam-se mais evidentes em solos caulíníticos com $\text{pH} < 5,5$ (FOY, 1984), como são os solos da área de estudo, cujo maior valor para o pH foi de 5,2. Entretanto os limites de toxicidade por Al variam grandemente entre espécies e condições ambientais, tornando difícil estabelecer uma referência quanto aos níveis danosos deste elemento no solo (ALVAREZ et al., 2005). Desta forma, a concentração de Al na solução do solo capaz de causar sintomas de toxidez varia grandemente, entre $< 50 \text{ mmol L}^{-1}$ a $> 3000 \text{ mmol L}^{-1}$ para espécies florestais (CRONAN e GRIGAL, 1995).

De acordo com o exposto, a ocorrência preferencial de *Prunus myrtifolia* e *Vitex megapotamica* em áreas com elevada concentração de Al pode indicar que tais espécies apresentam condições específicas de tolerância a estes elementos, ou ainda, que mesmo havendo uma condição marcante de saturação por alumínio em partes da área de estudo ($\text{m\%} = 65,5$), este elemento apresenta-se em formas não danosas às plantas. Esta última hipótese torna-se especialmente válida considerando que, embora apenas *Prunus myrtifolia* e *Vitex megapotamica* tenham sido mais bem correlacionadas com esta variável limitante, boa parte das espécies avaliadas na área de estudo também apresentaram ampla distribuição por locais com acidez elevada e alta saturação por Al.

Kidd e Proctor (2001) constataram que a tolerância de plantas ao Al em solos ácidos depende do caráter orgânico ou mineral do solo. Conforme os autores, plantas em solos extremamente ácidos ($\text{pH} < 4$), de caráter orgânico e com baixo conteúdo de Al são tolerantes a toxidez por prótons, porém sensíveis ao alumínio. Por outro lado, plantas presentes em solos minerais ácidos, com altas concentrações de Al foram consideradas sensíveis a toxidez por prótons, no entanto, tolerantes ao Al.

Efeitos positivos do Al sobre a redução da toxidez por prótons já foram descritos para culturas (LLUGANY et al., 1995; POSCHENRIEDER et al., 1995). Isto se deve ao fato de que o cátion trivalente do Al substitui o excesso de prótons causadores de toxidez no plasmalema das células (KINRAIDE, 1993), constituindo-se neste caso, em um agente estimulante do crescimento (BARCELO e POSCHENRIEDER, 2002). Sendo assim, a

condição de tolerância e eventuais efeitos positivos do Al podem facilitar o estabelecimento e desenvolvimento de espécies arbóreas em locais com elevada saturação por este elemento, como observado na área de estudo.

3.5. CONCLUSÕES

- Os solos da área estudada apresentaram condições de elevada acidez, alta concentração de Al^{+3} e baixa saturação por bases, indicando locais de baixa fertilidade natural;
- A análise de agrupamentos indicou a existência de um gradiente ambiental nas áreas amostradas pelas transecções B e C, enquanto as subunidades de A apresentaram maior similaridade entre si;
- A análise de componentes principais destacou o pH e o Ca como as variáveis ambientais de maior importância, sendo o pH um importante condicionante das demais condições de solo e, conseqüentemente, da vegetação;
- A análise de correspondência canônica evidenciou a forte correlação entre as variáveis ambientais e a vegetação, e indicou espécies com exigências ambientais distintas. *Sebastiania commersoniana*, *Allophylus edulis* e *Ligustrum lucidum* tenderam a se concentrar em locais com maior disponibilidade de nutrientes, porém sujeitos às inundações e encharcamento prolongado do solo, enquanto no outro extremo, *Prunus myrtifolia* e *Vitex megapotamica* correlacionaram-se fortemente a locais de elevada acidez, alta concentração de Al e baixa disponibilidade de nutrientes, porém, em solos com boas condições de drenagem.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados obtidos no presente estudo, pôde-se observar a ocorrência de um número menor de espécies arbóreas em relação a tipologias cujo caráter predominante não seja aluvial. Tal fato indica que as condições ambientais predominantes em zonas ripárias, tais como inundações periódicas, nível elevado do lençol freático e deficiências nas condições de drenagem, são restritivas a algumas espécies, favorecendo àquelas adaptadas a tais condições, como *Sebastiania commersoniana*, espécie amplamente distribuída pela área de estudo.

A partir dos resultados da fitossociologia e da dinâmica do fragmento avaliado constata-se a crescente participação da espécie invasora *Ligustrum lucidum*, destacando-se em relação às espécies nativas, o que indica boa adaptação à área de estudo. Tal fato merece especial atenção considerando a pressão que espécies invasoras exercem sobre os ecossistemas e a tendência na redução da biodiversidade local em função do crescimento acelerado e facilidades de dispersão apresentadas por tais indivíduos.

Tendo em vista o grau de isolamento do fragmento em relação a outros remanescentes florestais e a localização urbana da área, ocorre a facilitação no estabelecimento de espécies invasoras, especialmente *Ligustrum lucidum*, amplamente utilizada para fins de arborização na região de entorno. Sugere-se, portanto, medidas de controle desta espécie na área avaliada, visando a manutenção da biodiversidade local.

A existência de um gradiente edáfico na área e sua influência sobre a vegetação local pôde ser avaliada a partir das técnicas de análise multivariada utilizadas. Constatou-se que a proximidade do corpo d'água e a elevação gradual do terreno trazem consequências diretas sobre as características químicas e físicas do solo, que por sua vez, determinam as características da vegetação, sob o aspecto da diversidade florística e estrutura da floresta.

Os solos avaliados apresentaram-se predominantemente pobres em nutrientes, ácidos e com altas concentrações de Al, condições consideradas limitantes a grande parte das espécies vegetais. Entretanto, a diversidade de espécies observada sobre estes solos indica adaptação dos indivíduos a tais situações, permitindo o estabelecimento e desenvolvimento de um número considerável de espécies.

Estudos mais aprofundados devem ser conduzidos considerando as espécies avaliadas, visando identificar os principais fatores responsáveis pela tolerância a acidez e ao Al, como

observado para a maioria das espécies presentes na área de estudo, em especial *Prunus myrtifolia* e *Vitex megapotamica*, como evidenciado pela CCA.

Os resultados obtidos servem como importante indicador da capacidade das espécies, com destaque a *Prunus myrtifolia* e *Vitex megapotamica*, em se estabelecerem em condições limitantes de elevada acidez do solo e possível toxidez por Al, que são características associadas também a sítios com baixa disponibilidade de nutrientes. Da mesma forma, considerando as espécies *Sebastiania commersoniana* e *Allophylus edulis*, estas apresentam maior tolerância aos ambientes hidromórficos da área de estudo, evidenciando sua adaptabilidade a condições de drenagem deficiente. Tais evidências levam a considerar estas quatro espécies como potenciais na recuperação de áreas degradadas, recomendando *Prunus myrtifolia* e *Vitex megapotamica* para locais com problemas de alta acidez e saturação por Al, e *Sebastiania commersoniana* e *Allophylus edulis* para locais em que apresentem restrições relacionadas à alta umidade do solo.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, J.M. **Florística, estrutura e aspectos físicos da Floresta Ombrófila Mista em sistema Faxinal no município de Rebouças, Paraná**. 2009. 104 f. Dissertação (mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati.
- ALMEIDA, C. M. **Relação solo-fotossociologia em um remanescente de Floresta Estacional Decidual**. 2010. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Santa Maria, 2010.
- ALVARENGA, M. I. N.; DAVIDE, A. C. Características físicas e químicas de um Latossolo Vermelho-Escuro e a sustentabilidade de agroecossistemas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, n.4, p.933-942, 1999.
- ALVAREZ, E. et al. Application of aluminium toxicity indices to soil under various forest species. **Forest Ecology and Management**, v. 211, p. 227-239, 2005.
- AMARAL, L. P. **Geoestatística na caracterização do solo e da vegetação em Floresta Ombrófila Mista**. 2010, 133f. Dissertação - (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava.
- BARCELÓ, J.; POSCHENRIEDER, C. Fast root growth responses, root exudates, and internal detoxification as clues to the mechanisms of aluminum toxicity and resistance: a review. **Environmental Experimental Botany**, v. 48, p. 75–92, 2002.
- BARDDAL, M. L.; RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; CURCIO, G. R. Caracterização florística e fitossociológica de um trecho sazonalmente inundável de floresta aluvial, em Araucária, PR. **Ciência Florestal**, v. 14, n. 2, p. 37-50, 2004
- BENGHOUGH, A. G.; CAMPBELL, D. J.; O'SULLIVAN, M. F. Penetrometer techniques in relation to soil compaction and root growth. In: **Soil environmental analysis: Physical Methods**. 2.ed. Nova York: Marcel Dekker, 2001. p.377-403
- BOETTINGER, J. L. Alluvium and alluvial soils, In: HILLEL, D. **Encyclopedia of Soils in the Environment**. Oxford: Elsevier, 2005, p. 45-49. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/B0-12-348530-4/00008-4>> Acesso em 25 nov. 2011.
- BORTOLON, L.; GIANELLO, C. Interpretação de resultados analíticos de fósforo pelos extratores Mehlich-1 e Mehlich-3 em solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2751-2756, 2008.
- BOTREL, R.T.; OLIVEIRA FILHO, A.T.; RODRIGUES, L.A.; CURI, N. Influência do solo e topografia sobre as variações da composição florística e estrutura da comunidade arborea-arbustiva de uma floresta estacional semidecidual em Ingaí, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, p. 195-213, 2002.
- APG III. The Angiosperm Phylogeny Group. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of**

the **Linnean Society**. v. 161, n. 2, p. 105-121, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8339.2009.00996.x>>. Acesso em: 20 mai. 2011.

CAMPBELL, D. G.; STONE, J. J.; ROSAS, J. A. A comparison of the phytosociology and dynamics of three floodplain (várzea) forest of known ages, Rio Juruá, western Brazilian Amazon. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 108, p.213-237, 1992.

CARVALHO, D.A.C.; OLIVEIRA FILHO, A.T.; VAN DEN BERG, E.; FONTES, M.A.L.; VILELA, E.A.; MARQUES, J.J.G.S.M.; CARVALHO, W.A.C. 2005a. Variações florísticas e estruturais do componente arbóreo de uma floresta ombófila alto-montana às margens do rio Grande, Bocaina de Minas, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, p. 91-109, 2005b.

CARVALHO, F. **Atributos bioquímicos como indicadores da qualidade de solo em florestas de Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze. No estado de São Paulo**. 2005a. 95f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

CARVALHO, D.A.C.; OLIVEIRA FILHO, A.T.; VILELA, E.A.; CURI, N.; VAN DEN BERG, E.; FONTES, M.A.L.; BOTEZELLI, L. 2005b. Distribuição de espécies arbóreo-arbustivas ao longo de um gradiente de solos e topografia em um trecho de floresta ripária do Rio São Francisco em Três Marias, MG, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 28, p. 329-345, 2005c.

CAVALCANTE, E. G. S. et al. Variabilidade espacial de MO, P, K e CTC do solo sob diferentes usos e manejos. **Ciência Rural**, v. 37, n. 2, p.394-400, 2007.

CHAVES, L. H. G.; MENINO, I. B. ; ARAÚJO, I. A. CHAVES, I. B. Avaliação da fertilidade dos solos das várzeas do município de Sausa, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 3, p.262-267, 1998.

COELHO, F. S.; VERLENGIA, F. **Fertilidade do solo**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973. 384 p

COSTA, J.M.; OLIVEIRA, E.F. **Fertilidade do solo e nutrição de plantas**. Campo Mourão: COAMO/CODETEC, 1998. 89p.

CRONAN, C.S., GRIGAL, D.F. Use of calcium/aluminum ratios as indicators of stress in forest ecosystems. **Journal of Environmental Quality**, v. 24, p.209–226, 1995.

CURCIO, G. R.; GALVÃO, F.; BARDDAL, M. L.; DEDECEK, R. A. A floresta fluvial em dois compartimentos do rio Iguaçu, Paraná, Brasil. **Floresta**, v. 37, n. 2, p. 125-147, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo, EMBRAPA/SNLCS. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análises de solo**. Rio de Janeiro, 1979. 235p.

FOY, C.D. Physiological effects of hydrogen, aluminum, and manganese toxicities in acid soil. In: ADAMS, F., ed. **Soil acidity and liming**. 2.ed. Madison: Soil Science Society of America, 1984. p.57-97.

GAUCH, H. G. **Multivariate Analysis in Community Ecology**. Nova Iorque: Cambridge University Press, 1982. 298p.

HERRERA, R.; JORDAN, C.F.; KLINGE, H.; MEDINA, E. Amazon ecosystems: Their structure and functioning with particular emphasis on nutrients. **Interciencia**, v. 3, p. 223-232, 1978.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, 1992. 92p

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

KIDD, P. S.; PROCTOR, J. Why plants grow poorly on very acid soils: are ecologists missing the obvious? **Journal of Experimental Botany**, v.52, n.357, p.791-799, 2001.

KINRAIDE, T. B. Aluminum enhancement of plant growth in acid rooting media. A case of reciprocal alleviation of toxicity by two toxic cations. **Physiologia Plantarum**, v. 88, p. 619–625, 1993.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Developments in Environmental Modelling**, Elsevier, 1998. Disponível em: <[http://doi.dx.org/10.1016/S0167-8892\(98\)80063-8](http://doi.dx.org/10.1016/S0167-8892(98)80063-8)> Acesso em 5 dez. 2011.

LIMA, M. R. de; SIRTOLI, A. E. et. al. **Diagnóstico e recomendações de manejo do solo: aspectos teóricos e metodológicos**. Curitiba - PR: UFPR/Setor de Ciências Agrárias, 2006. 340 p.

LLUGANY, M.; POSCHENRIEDER, C.; BARCELÓ, J. Monitoring of aluminum-induced inhibition of root elongation in four maize cultivars differing in tolerance to aluminum and proton toxicity. **Physiologia Plantarum**, v. 93 p. 265–271, 1995.

LOBO, P. C.; JOLY, C. A. Aspectos ecofisiológicos da vegetação de mata ciliar do sudoeste do Brasil. In: RODRIGUES, R. R. ; LEITÃO FILHO, H. F.(Eds.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 1. ed. São Paulo: Ed. Edusp, 2000. p143-158.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. 4 ed. São Paulo: Ceres. 1979. 255p.

MARTINS, S.V.; SILVA, N.R.S.; SOUZA, A.L.; MEIRA NETO, J.A.A. Distribuição de espécies arbóreas em um gradiente topográfico de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG. **Scientia Forestalis**, v. 64, p.172-181, 2003.

McCUNE, B.; MEFFORD, M. J. PC-ORD: Multivariate analysis of ecological data version 5.0. Oregon: MjM Software Design, 2006. 40 p.

MELLO, F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R.I.; COBRANETTO, A.; KIEHL, J.C. **Fertilidade do solo**. São Paulo: Nobel, 1983.400p.

MERCIER, P.; DENAIX, L.; ROBERT, M.; MARSILY, G. Colloid transfer by subsurface drainage. C.R. **Academie des Sciences**, v. 331, p.195-202, 2000. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S1251-8050\(00\)01403-8](http://dx.doi.org/10.1016/S1251-8050(00)01403-8)> Acesso em: 05 jan. 2012.

MONTAGNE, D.; CORNU, S.; LE FORESTIER, L.; COUSIN, I. Soil drainage as an active agent of recent soil evolution: A review. **Pedosphere**, v. 19, n. 1, p.1-13, 2009.

PICKETT, S. T. A. Non-equilibrium coexistence of plants. **Bulletin of the Torrey Botanical Club**, v. 107, p.238-248, 1980.

POSCHENRIEDER, C.; LLUGANY, M.; BARCELÓ, J. Short-term effects of pH and aluminum on mineral nutrition in maize varieties differing in proton and aluminum tolerance. **Journal of Plant Nutrition**, v. 18, p. 1495–1507, 1995.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo; Piracicaba: Ceres, POTAFOS, 1991.343 p.

RIBEIRO, S. B. **Classificação e ordenação da comunidade arbórea da Floresta Ombrófila Mista da FLONA de São Francisco de Paula**, RS. 2004. 241f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

RITCHIE, G.S.P. Soluble aluminium in acid soils: principles and practicalities. **Plant and Soil**, v.171, p.17-27, 1995 .

RYAN, P.R.; DITOMASE, J.M.; KOCHIAN, L.V. Aluminium toxicity in roots: an investigation of spatial sensitivity and the role of the root cap. **Journal of Experimental Botany**, v. 44, p.437-446, 1993.

SCOPEL, I. et al. Riscos de compactação do solo na produção florestal. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL, 7., 1992, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, Universidade Federal de Viçosa, 1992. p. 172-193.

SHANNON, C. E.; WEAVER, W. **The mathematical theory of communication**. Illinois: University of Illinois Press, 1949.

SILVA, I. R.; ASSUNÇÃO, R.M. Monte Carlo test under general conditions: Power and number of simulations. **Statistical Planning and Inference**, v. 2, p. 145-160, 2011.

SOUZA, et al. Avaliação dos teores de Alumínio encontrados em análises de solo do município de Ibiapina-CE. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE O USO MÚLTIPLO DA ÁGUA, 1, 2008. **Anais...** Fortaleza, 2008.

STATGRAPHICS XV. Statistical Graphics Corporation, 2005

STATISTICAL PACKAGE FOR THE SOCIAL SCIENCES - SPSS Inc. 2004.

STATSOFT, Inc. STATISTICA (data analysis software system), version 10. www.statsoft.com. 2011

SUVAGURU, M.; HORST, W. J. The distal part of the transition zone is the most aluminium-sensitive apical root zone of maize. **Plant Physiology**, v.116, p.155-163, 1998.

TER BRAAK, C. J. E. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. **Ecology**, v. 67, p. 1167-1179, 1986.

TER BRAAK, C. J. F. The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis. **Vegetatio**, v. 69, p. 69-77, 1987.

TER BRAAK, C. J. F.; VERDONSCHOT, P. F. M. Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. **Aquatic Sciences**, v. 57, n. 3, p. 255-289, 1995.

USDA, **Soil survey manual**. Washington, DC, USA, Soil Survey Division Staff, 1993. 437p.

VERONESE JÚNIOR, V. et al. Spatial variability of soil water content and mechanical resistance of Brazilian ferralsol. **Soil and Tillage Research**, v. 85, n. 1-2, p. 166-177, 2006

VITTI, G. C.; TREVISAN, W. Manejo de macro e micronutrientes para alta produtividade da soja. **Informações Agronômicas**, v. 90, p.1-16, 2000.