

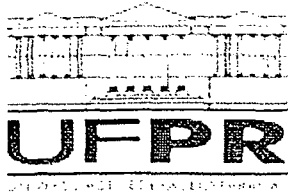
SILAS GARCIA AQUINO DE SOUSA

**PRODUÇÃO E DECOMPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA DE UMA
FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL, RIO BARIGÜI,
ARAUCÁRIA, PR.**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências Florestais, Área de Concentração: Conservação da Natureza.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Vellozo Roderjan

CURITIBA
2003

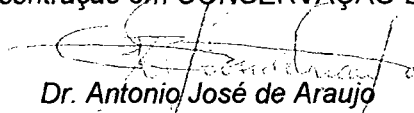



Universidade Federal do Paraná
Setor de Ciências Agrárias - Centro de Ciências Florestais e da Madeira
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal


PARECER

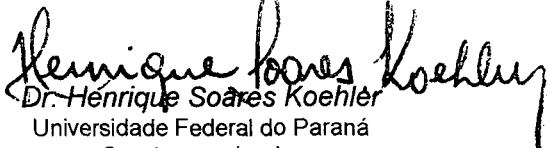
Defesa nº. 540

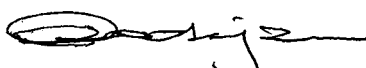
A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após argüir o(a) doutorando(a) *Silas Garcia Aquino de Sousa* em relação ao seu trabalho de tese intitulado "**Produção e decomposição de serapilheira relacionada com variáveis meteorológicas e fitossociológicas de uma Floresta Ombrófila Mista Aluvial, rio Barigüi, Araucária - PR**", é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do(a) acadêmico(a), habilitando-o(a) ao título de *Doutor* no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em **CONSERVAÇÃO DA NATUREZA**.


Dr. Antonio José de Araujo
Universidade Estadual do Centro-Oeste
Primeiro examinador



Dr. Antonio Aparecido Carpanezi
Embrapa/Florestas
Segundo examinador


Dr. Carlos Bruno Reissmann
Universidade Federal do Paraná
Terceiro examinador


Dr. Henrique Soares Koehler
Universidade Federal do Paraná
Quarto examinador


Dr. Carlos Vellozo Roderjan
Universidade Federal do Paraná
Orientador e presidente da banca examinadora

Curitiba, 18 de dezembro de 2003.


Franklin Galvão
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal



Nunca as leis da Natureza foram tão conhecidas como no atual contexto histórico, entretanto, nunca sua destruição atingiu tais proporções,.... Afinal, se nos é dado a conhecer as leis da Natureza, por que não as aplicamos?

ELIANE BEÊ BOLDRINI.

Ao meu pai, Manoel, *in memoriam*

À minha mãe, Ivanice, que sempre me incentivou;

À Paloma e Rafael, “dois rios que partem, ...vencendo barreiras e formando seu próprio leito”; a razão de todo esse meu esforço;

E a Lucinda, minha brava companheira, coadjuvante nessa missão.

DEDICO

BIOGRAFIA DO AUTOR

Silas Garcia Aquino de Sousa, filho de Manoel Aquino de Sousa e Ivanice Garcia de Sousa, é natural de Alenquer, PA.

Em 1981, ingressou no Curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal do Amazonas, obtendo o título de Engenheiro Agrônomo, em 1986.

Em 1987, ingressou por concurso público, na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Amazônia Ocidental, em Manaus – AM, onde ocupa o cargo de pesquisador.

Em 1992, ingressou no Curso de Mestrado em Engenharia Florestal, na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, obtendo o título de Mestre em Ciências Florestais, em 1995.

Em março de 2000, iniciou o Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, que se encerra com a defesa desta tese, para obtenção do título de “Doutor em Ciências Florestais”, área de concentração Conservação da Natureza.

AGRADECIMENTOS

- Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade de realização deste curso;
- À Embrapa Amazônia Ocidental, pelo apoio e autorização para efetivação do curso;
- À Embrapa Florestas, pelo apoio do setor de recursos humanos, da biblioteca, e realização das análises químicas de solo e tecido vegetal;
- Ao convênio FUNPAR/REPAR, pelo apoio ao transporte semanal para coleta de dados no campo;
- À REPAR e SIMEPAR que atenciosamente forneceram dados meteorológicos de Araucária, Curitiba e Lapa;
- Ao Prof. Dr. Carlos Vellozo Roderjan, pela presteza na orientação, e amizade;
- À Prof^a. Dr^a. Celina Wisniewski, do Depto. de Solos/UFPR, pela valiosa co-orientação;
- Ao Prof. Dr. Sandro Menezes Silva, pela gentileza na co-orientação, no início desse trabalho, e aprendizado em botânica;
- Ao Prof. Dr. Franklin Galvão, pelas valiosas sugestões, amizade e pela gentileza em ceder o Laboratório de Ecologia Florestal para realização desse trabalho;
- Ao Doutorando Murilo Barddal, pelas sugestões, apoio e ajuda às coletas de dados, análise fitossociológicas, e pela amizade;
- À Banca examinadora: Dr. Antônio José de Araújo, professor e pesquisador da Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, PR; Dr. Antônio Aparecido Carpanezi, pesquisador da Embrapa Florestas; Dr. Carlos Bruno Reissmann, Professor e pesquisador, do Depto. de Solos da UFPR; Dr. Henrique Soares Koehler, professor do Departamento de Fitossanidade da UFPR; Dr. Guilherme de Castro Andrade Pesquisador da Embrapa Floresta; Dr. Franklin Galvão,

professor e pesquisador do Departamento de Ciências Florestais, da UFPR, pelas correções e valiosas sugestões;

- À Prof^a. Dr^a. Yoshiko Saito Kuniyoshi, pelas sugestões e apoio de campo.
- Ao Prof. Dr. Antônio Carlos Batista, pela ajuda na interpretação dos dados meteorológicos;
- Ao Doutorando Celso Paulo de Azevedo, pesquisador da Embrapa Amazônia Ocidental, pela presteza nas análises estatísticas, e valiosa amizade;
- Aos Drs. Pesquisadores: Moacir Medrado (Diretor da Embrapa Floresta), Luciano Javier Montoya Vilcahuaman, Carlos Alberto Ferreira, Edinelson, Álvaro, Higa e Elton, pelo apoio a nossa estada em Curitiba e pelas sugestões a esse trabalho.
- Ao Dr. Antonio Nascin Kalil, Pesquisador da Embrapa Floresta, pela carta de apresentação, apoio e amizade;
- À Dra. Rosana Clara Victoria Higa, pesquisadora da Embrapa Florestas, sempre gentil e prestativa na colaboração do Abstract, e pela amizade;
- Ao Eng. Ftal. Gustavo P. Santos, pela ajuda nas coletas de dados e trabalho de laboratório;
- À MSc. Ftal. Joema Carvalho, pelas sugestões a esse trabalho, co-orientação em seu trabalho de dissertação, e pela amizade;
- Aos amigos Dr. Roberval Monteiro de Lima, pesquisador da Embrapa Amazônia Ocidental, doutorando em Engenharia Florestal/UFPR, pela amizade e agradável convívio;
- Aos colega de curso: Daniela Azevedo, Marcos Caldeiras, Maria Rosa, Ulisses, Farinha, Fábio Nakagima, Alexandre Brasil, Rafaelo, Emerson, Medianeira e Marilia, pela amizade, pelo convívio e troca de idéias para melhorar o conceito do curso;
- Aos meus amigos e camaradas do PCdoB, PR.: Mirian Zampire, Carlos Maia (Carlão), Artur, Barbosa (advogado e procurador do município de Quatro Barras), Matsuko, Elza Campos (Presidente da UBM, PR), Carlos Bittencourt (Diretor do DEAGRO, da Secretaria Estadual de Agricultura, PR), Prof^a. Doris, Prof. Kiko, Prof^a. Fátima, Prof. Roberto, Prof. Cesar, aos estudantes

(Julinho, Lobão, Jonivan e Madoson), Milton (presidente do PC do B, PR) e Joel (Presidente do PC do B, Curitiba), pelo apoio a nossa estada em Curitiba, e na luta para mudar os rumos da história do Brasil;

- À Lucinda, minha esposa, pela compreensão e apoio fundamentais nos momentos cruciais desta jornada; e aos meus queridos filhos, Paloma e Rafael, aborrecentes, que eu amo muito. Todos eles, junto conosco, sofreram durante a realização desse trabalho e se alegraram com a realização do mesmo;
- Enfim, a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização e divulgação deste trabalho, o meu especial e sincero “Muito Obrigado”.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE FIGURAS	xiv
RESUMO	xvi
ABSTRACT	xvii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 FLORESTAS ALUVIAIS	4
2.1.1 Conceituação	4
2.1.2 Importância Hidrológica e Ecológica das Florestas Aluviais	5
2.1.3 Floresta Ombrófila Mista Aluvial	7
2.2 CICLAGEM DE NUTRIENTES	8
2.2.1 Deposição e Acúmulo de Serapilheira	10
2.2.2 Decomposição de Serapilheira	13
2.2.3 Transferência e Liberação de Nutrientes	15
3 MATERIAL E MÉTODO	17
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	17
3.1.1 Localização	17
3.1.2 Clima	18
3.1.3 Relevo e Solo	19
3.1.4 Vegetação	21
3.2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	22
3.2.1 Avaliação da Vegetação	23
3.2.2 Avaliação da Produção de Serapilheira	26
3.2.3 Avaliação da Decomposição de Serapilheira	29
3.2.3.1 Decomposição pelo Método Indireto	29
3.2.3.2 Decomposição pelo Método Direto	30
3.2.3.2.1 Decomposição pelo Método Direto – Ensaio 1	31

3.2.3.2.2 Decomposição pelo Método Direto – Ensaio 2	33
3.2.4 Obtenção de Dados Complementares.....	34
3.2.4.1 Dados Meteorológicos	34
3.2.4.2 Dados do Lençol Freático.....	35
3.2.4.3 Dados de Solos	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.	36
4.1 VEGETAÇÃO.	36
4.1.1 Florística e Fitossociologia do Estrato Superior.....	36
4.1.1.1 Incremento no Estrato Superior no Período de 2001 a 2003.....	38
4.1.2 Florística e Fitossociologia do Estrato Intermediário (Sub-Bosque).....	43
4.1.2.1 Incremento no Estrato Intermediário no período de 2001 a 2003.....	46
4.2 PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA.	50
4.2.1 Produção Sazonal de Serapilheira	52
4.2.2 Estimativa Mensal de Produção de Serapilheira	55
4.2.3 Concentração de Nutrientes na Serapilheira.....	62
4.2.4 Variação Sazonal de Nutrientes com a Serapilheira.....	64
4.2.5 Teor e Estoque de Carbono na Serapilheira.....	67
4.3 DECOMPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA.	69
4.3.1 Decomposição pelo Método Indireto.....	70
4.3.2 Decomposição pelo Método Direto.....	73
4.3.3 Decomposição Sazonal pelo Método Direto.....	77
4.3.4 Liberação de Nutrientes com a Decomposição de Serapilheira.	81
4.4 CORRELAÇÃO ENTRE PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA E A ESTRUTURA DA FLORESTA.	84
4.4.1 Correlação entre Produção e Variáveis Dendrométricas e Fitossociológica do Estrato Superior da Floresta.....	84
4.4.2 Correlação entre Produção e Variáveis Dendrométricas e Fitossociológica do Estrato Intermediário da Floresta.....	86
4.5 CORRELAÇÃO ENTRE PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA E VARIÁVEIS AMBIENTAIS	88

4.4.2 Correlação entre Produção e Variáveis Meteorológicas e Nível do Lençol Freático.....	88
5 CONCLUSÕES.	92
6 CONSIDERAÇÕES GERAIS	95
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	97
ANEXOS.	113

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – MÉDIAS MENSIS DE PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA, MUNICÍPIO DE ARAUCÁRIA, PA (JUNHO/2001 – MAIO/2003).....	19
TABELA 2 – ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO, PROFUNDIDADE DE 0 – 100 cm, FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL, RIO BARIGÜI, ARAUCÁRIA, PR.....	21
TABELA 3 - COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA DO ESTRATO SUPERIOR DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL, RIO BARIGÜI, ARAUCÁRIA, PR.....	37
TABELA 4 – NÚMERO DE ÁRVORES E NÚMERO DE TRONCOS EM 100 m ² , DAP MÉDIO E INCREMENTO DO DAP NO PERÍODO, POR PARCELA, ANO 2001 E 2003, ESTRATO SUPERIOR DA FLORESTA	39
TABELA 5 – DENSIDADE, ÁREA BASAL E INCREMENTO DA ÁREA BASAL, POR PARCELA, ANO DE 2001 E 2003, ESTRATO SUPERIOR DA FLORESTA.	40
TABELA 6 – COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA DO ESTRATO INTERMEDIÁRIO DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL, RIO BARIGÜI, ARAUCÁRIA, PR.....	44
TABELA 7 - NÚMERO DE INDIVÍDUOS, MÉDIAS DE DIÂMETRO BASAL, ALTURA TOTAL E INCREMENTO DO DIÂMETRO E ALTURA POR PARCELA, ANO DE 2001 E 2003, ESTRATO INTERMEDIÁRIO DA FLORESTA	47
TABELA 8 – DENSIDADE, ÁREA BASAL E INCREMENTOS DA DENSIDADE E ÁREA BASAL (ha) , ANO DE 2001 E 2003, ESTRATO INTERMEDIÁRIO DA FLORESTA.	49
TABELA 9 –ESTIMATIVAS DE PRODUÇÃO ANUAL DE SERAPILHEIRA, (Mg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹) EM DIFERENTES ECOSSISTEMAS.....	51
TABELA 10 - MÉDIAS DE SERAPILHEIRA PARA A FRAÇÃO FOLHAS, GALHOS, MISCELÂNEA E SERAPILHEIRA TOTAL, POR ESTAÇÃO DO ANO (kg/ha) E RESPECTIVOS DESVIOS PADRÕES.....	52
TABELA 11 - TESTE “T” DE COMPARAÇÃO DE MÉDIAS PARA FRAÇÃO FOLHA, GALHOS, MISCELÂNEA E SERAPILHEIRA TOTAL, ENTRE ESTAÇÕES DO ANO 1 (JUN/01 A MAI/02) E ANO 2 (JUN/02 A MAI/03).....	54
TABELA 12 - MÉDIAS DE PRODUÇÃO MENSAL POR FRAÇÃO FOLHAS, GALHOS, MISCELÂNEA E SERAPILHEIRA TOTAL, E SEUS RESPECTIVOS DESVIOS PADRÕES.....	56

TABELA 13 –TESTE “t” DE COMPARAÇÃO DE MÉDIAS PARA SERAPILHEIRA TOTAL ENTRE ANO 1 (JUN/2001 – MAIO/2002) E ANO 2 (JUN/2002 – MAIO/2003).	60
TABELA 14 – CONCENTRAÇÃO DE MACRONUTRIENTES (g/kg) NAS FRAÇÕES FOLHAS, GALHOS, MISCELÂNEA E SERAPILHEIRA TOTAL.....	62
TABELA 15 - CONCENTRAÇÃO (g/kg) DE N, P, K, CA e Mg, POR FRAÇÃO FOLHAS, GALHOS, MISCELÂNEA E SERAPILHEIRA TOTAL, ESTAÇÕES DO ANO.	65
TABELA 16 – TEOR DE CARBONO ORGÂNICO (g/kg) E RELAÇÃO C/N, POR FRAÇÃO FOLHAS, GALHOS, MISCELÂNEA E SERAPILHEIRA TOTAL, ESTAÇÕES DO ANO.	67
TABELA 17 – MÉDIAS DE SERAPILHEIRA ACUMULADA (Mg.ha ⁻¹), POR ESTAÇÃO DO ANO E POR FRAÇÃO: FOLHAS, GALHOS, MISCELÂNEA E SERAPILHEIRA TOTAL	70
TABELA 18 – PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA, SERAPILHEIRA ACUMULADA, TAXA INSTANTÂNEA DE DECOMPOSIÇÃO (COEFICIENTE <i>k</i>) E TEMPO MÉDIO DE DECOMPOSIÇÃO (<i>t</i> ₅₀) E (<i>t</i> ₉₅).	71
TABELA 19 – MODELOS DE REGRESSÃO PARA AJUSTE DAS CURVAS DE DECOMPOSIÇÃO, NOS AMBIENTES: ELEVADO, DEPRESSÃO E MISTO, FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL, RIO BARIGÜI, ARAUCÁRIA, PR.75	
TABELA 20 - COEFICIENTES DE DECOMPOSIÇÃO <i>k'</i> E <i>k</i> , TAXA MÉDIA (<i>f</i>) DE DECOMPOSIÇÃO DE 50% E 95% DO MATERIAL FOLIAR, AMBIENTES: ELEVADO, DEPRESSÃO E MISTO.	77
TABELA 21 – PESO SECO REMANESCENTE (g) DE MATERIAL FOLIAR, EM PROCESSO DE DECOMPOSIÇÃO, POR ESTAÇÃO DO ANO	78
TABELA 22 – PESO SECO REMANESCENTE (% P _i), COEFICIENTES DE DECOMPOSIÇÃO <i>k'</i> E <i>k</i> , E TEMPO DE DECOMPOSIÇÃO DE 50% E 95%, POR ESTAÇÃO DO ANO	79
TABELA 23 - MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE A PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA E A VEGETAÇÃO DO ESTRATO SUPERIOR, COM RESPECTIVOS COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO (<i>r</i>) E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA (<i>p</i>). ...	85
TABELA 24 - MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE A PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA E A VEGETAÇÃO DO SUB-BOSQUE, COM SEUS RESPECTIVOS COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO (<i>r</i>) E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA (<i>p</i>) ...	87

TABELA 25 – COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO, COM RESPECTIVOS NÍVEIS DE SIGNIFICANCIA, PARA PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA E VARIÁVEIS AMBIENTAIS (METEOROLOGICAS E NÍVEL DO LENÇOL FREATICO).....	89
--	----

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO, RIO BARIGÜI, ARAUCÁRIA, PR.....	17
FIGURA 2 – MAPA PLANI-ALTIMETRICO DA ÁREA DE ESTUDO, RIO BARIGÜI, ARAUCÁRIA, PR.....	24
FIGURA 3 – COLETOR DE SERPILHEIRA (1) PIEZÔMETRO (2) E PLUVIÔMETRO (3), INSTALADO NA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA, RIO BARIGÜI, ARAUCÁRIA, PR.....	26
FIGURA 4 – ASPECTOS DAS ÁRVORES COM MÚLTIPLOS TRONCOS, FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL, RIO BARIGÜI, ARAUCÁRIA, PR.....	36
FIGURA 5 – CURVA AJUSTADA PARA ALTURA EM 2003, EM FUNÇÃO DA ALTURA OBSERVADA EM 2001 E DAP EM 2003, FLORESTA OMBRÓFILA MISTA, RIO BARIGÜI, ARAUCÁRIA, PR.....	42
FIGURA 6 - MÉDIAS DE DEPOSIÇÃO DE FOLHAS, ANO 1 (JUN/2001 - MAI/2002) E ANO 2 (JUN/2002 - MAI/2003).....	59
FIGURA 7 - MÉDIAS DE DEPOSIÇÃO DE GALHOS, ANO 1 (JUN/2001 - MAI/2002) E ANO 2 (JUN/2002 - MAI/2003).....	59
FIGURA 8 - MÉDIAS DE DEPOSIÇÃO DE MISCELÂNEA, ANO 1 (JUN/2001 - MAI/2002) E ANO 2 (JUN/2002 - MAI/2003).....	59
FIGURA 9 – PORCENTAGEM DE LUZ (LUX)* NO INTERIOR DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL, RIO BARIGÜI, ARAUCÁRIA, PR, (20 cm de altura do solo).....	61
FIGURA 10 – CURVA DE DECOMPOSIÇÃO, EM AMBIENTES DE DEPRESSÃO, ELEVADO E MISTO, FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL, RIO BARIGÜI, ARAUCÁRIA, PR.....	73
FIGURA 11 - CURVAS DE DECOMPOSIÇÃO (%), AJUSTADAS PARA OS AMBIENTES: DEPRESSÃO, ELEVADO E MISTO, FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL, RIO BARIGÜI, ARAUCÁRIA, PR.....	76
FIGURA 12 – CURVA DE DECOMPOSIÇÃO (%) POR ESTAÇÕES DO ANO, FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL, RIO BARIGÜI, ARAUCÁRIA, PR.....	79

FIGURA 13 – TAXAS DE DECOMPOSIÇÃO (k) EM FLORESTAS TROPICAIS (0,3–5,3), FLORESTAS DE CLIMA TEMPERADO (0,1–1,4), FLORESTA COM ARAUCÁRIA – FOM (0,7-1,1), FLORESTAS CILIARES (0,8-1,7) E PRESENTE ESTUDO (0,9-2,4).....	80
FIGURA 14 – LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES (%) COM A DECOMPOSIÇÃO FOLIAR (90 dias) NOS AMBIENTES: ELEVADO, DEPRESSÃO E MISTO, FLORESTA OMBRÓFILA MISTA, RIO BARIGÜI, ARAUCÁRIA, PR.....	82

RESUMO

PRODUÇÃO E DECOMPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA DE UMA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL, RIO BARIGÜI, ARAUCÁRIA, PR. - As florestas aluviais, apesar de desempenharem importante papel na manutenção e conservação de água doce, em benefício da humanidade, vêm sofrendo acelerado processo de degradação, antes que, a ciência possa entender como esses ambientes desempenham essas funções. Pretendeu-se com este trabalho gerar informações sobre a ciclagem de nutrientes, no âmbito da floresta aluvial do rio Barigüi. Para tanto, concentrou-se o estudo nos seguintes objetivos: estimava da produção mensal, estacional e anual de serapilheira; determinação do teor e da quantidade de N, P, K, Ca, Mg e carbono depositados com a serapilheira; avaliação do processo de decomposição foliar e da liberação de N, P, K, Ca e Mg; e a relação entre produção de serapilheira às variáveis dendrométricas, fitossociológicas, variáveis meteorológicas e lençol freático. O estudo foi desenvolvido em um segmento da Floresta Ombrófila Mista Aluvial, rio Barigüi, Araucária, PR. Durante 24 meses foram monitorados a produção e o acúmulo de serapilheira em 21 parcelas permanentes (100m²). Foram instalados ensaios de decomposição e mensurados os principais fatores ambientais (clima, solo e vegetação). Os resultados demonstraram que a produção anual de serapilheira foi de 9,4 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹ e a serapilheira acumulada de 8,8 Mg.ha⁻¹. As folhas contribuíram com 62% e os galhos com 18% da produção total. A maior deposição de serapilheira e o retorno de nutrientes ocorreu no inverno. Julho foi mês de maior produção e março o de menor produção. As maiores taxas de decomposições ocorreram na primavera e verão. A decomposição foi rápida, e o tempo necessário para decompor 50% do material foliar é menor que um ano (126 dias). Os teores de nutrientes na serapilheira apresentaram o seguinte padrão: N > Ca > K > Mg > P. Com a serapilheira retornaram ao solo 411 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ de nutrientes minerais e 4,0 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹ de carbono orgânico. Os coeficientes de correlações de produção, com as variáveis dendrométricas, fitossociológica, variáveis meteorológicas e nível do lençol freático foram baixos. Sendo assim, indicaram as seguintes tendências: a maior produção de serapilheira está relacionada a maior densidade das populações arbóreas do estrato superior; os incrementos em diâmetro, área basal e densidade das populações do sub-bosque podem estar sendo influenciadas pela maior deposição de serapilheira, em decorrência da maior entrada de luz no interior da floresta; as maiores deposições de folhas estão relacionadas ao período temperaturas mais baixas; as maiores deposições de galhos estão relacionadas ao período de maior velocidade dos ventos e ao menor nível do lençol freático. Concluiu-se que, a deposição de serapilheira da floresta aluvial do rio Barigüi é sazonal, e está associada a fenofase de *Sebastiania commersoniana*, espécie decidual. A decomposição foliar é rápida e equivalente às taxas de decomposição das florestas tropicais úmidas.

Palavras-chave: produção de serapilheira, decomposição foliar, retorno de nutrientes, floresta aluvial, *Sebastiania commersoniana*.

ABSTRACT

LITTER PRODUCTION AND DECOMPOSITION OF AN ALLUVIAL MIXED ARAUCARIA FOREST, BARIGÜI RIVER, ARAUCÁRIA, PR. Despite performing an important function for conservation and maintenance of fresh water, forests have been submitted to accelerated degradation. This work aims to generate information about nutrients cycling in an alluvial forest, river Barigüi. The study focused on the following goals: to quantify monthly, seasonal and annual litter production; to quantify N, P, K, Ca, Mg and carbon content in the litter fall; to evaluate litter decomposition processes and N, P, Ca e Mg; and to relate litter production liberation with dendrology variables, phytosociology, meteorology and water table. The study was developed on a Mixed Araucaria Forest Alluvial segment located at Barigüi River, Araucária, Paraná State, Brazil. Seasonal litter production and litter accumulation were monitored during 24 months, in 21 permanent plots (100m²). Field trials were also carried out to study litter decomposition processes. Environmental factors as soil, climate and vegetation were also evaluated. Litter production was estimated in 9,4 Mg.ha⁻¹.yr⁻¹ and litter accumulation in 8,8 Mg.ha⁻¹. Leaves represented 62% of the total litter production and branches 18%. The highest litter production and nutrients returns were observed in winter. July was the month with the biggest litter production and March had the smallest litter production. The highest decomposition rates were observed in spring and summer. Time demanded for 50% of the leaf decomposition was 126 days. Nutrients contents in litter fall presented the following standard: N > Ca > K > Mg > P. Nutrients return to forest soil by total litter fall was estimated in 411 kg.ha⁻¹.yr⁻¹ and 4,0 Mg.ha⁻¹.yr⁻¹ of organic carbon. Litter production had low correlation coefficients with variables related to dendrology, phytosociology, meteorology and water table. Nonetheless, it was observed the following trends: litter production was related to high density tree populations superior stratum; diameter, basal area and increments of understore populations can be influenced by more intensive leaf fall, due to understore light exposure; more intensive leaf fall was related to minimum temperatures; more intensive branches fall was related to wind speed and lower water table. It was concluded that litter production in Alluvial Forest Barigüi River was seasonal and associated to the deciduous species phenology, *Sebastiania commersoniana*. Leaf decomposition was similar to the rates observed in tropical rain forests.

Key words: litter production, leaf decomposition, alluvial forest, nutrients return, *Sebastiania commersoniana*

1 INTRODUÇÃO

As florestas aluviais, também conhecidas como ciliares, constituem-se atualmente em um ambiente estratégico para a humanidade, pois desempenham um papel importante na proteção e manutenção da qualidade e quantidade de água doce e demais processos hidrológicos e ecológicos das bacias hidrográficas.

Apesar da importância que esses ecossistemas desempenham, o crescimento populacional urbano e econômico, além do aumento da demanda por recursos naturais têm provocado a destruição dos ambientes aluviais, antes mesmo que a ciência possa entender os processos de funcionamento destes ecossistemas e as conseqüências de seu desaparecimento.

No Sul do Brasil, o desenvolvimento econômico e social foi conseguido às custas de grande demanda por recursos madeireiros, extração vegetal não madeireira e pela ocupação das terras por atividades agropecuárias. Os campos e as florestas de araucárias estão entre os primeiros a perderem espaços para o avanço da pecuária e agricultura, o invasor mais recente é a expansão urbana e industrial.

O Paraná, devido à sua localização em uma zona climática sub-tropical mesotérmica e com solos de média e alta fertilidade, possuía uma cobertura vegetal com florestas, campos e savanas, constituindo-se numa das áreas mais ricas em formações vegetais do Brasil. Atualmente estima-se que restam menos de 20% destas formações originais.

De acordo com LEITE e KLEIN (1990), a Floresta Ombrófila Mista ou floresta com araucária cobria originalmente 177.600 km². O Paraná, era coberto com cerca de 36,7% deste total, em diferentes condições litológicas e pedológicas. Atualmente, ela está reduzida a menos de 20.000 km² em pequenos fragmentos. Entre estes, estão as florestas aluviais, inclusões florestais presentes às margens dos rios, córregos e nascentes. Estas florestas, mesmo protegidas por lei, vêm sendo ocupadas pelas crescentes demandas econômicas e expansão urbana, ou simplesmente estão sendo

degradadas pela poluição industrial e doméstica provocada pelo modelo capitalista de produção e consumo.

Nos Campos Gerais do Paraná, a situação é mais grave, pois as florestas aluviais e os “capões de mata”, formados por espécies típicas da Floresta Ombrófila Mista, constituíram-se nas únicas fontes de madeira para satisfazer as inúmeras necessidades das populações locais (OLIVEIRA, 2001). Após o desmatamento, essas áreas foram sendo ocupadas pela produção agropecuária e outras atividades econômicas.

A falta de informação sobre os diferentes produtos e serviços, que a vegetação dos ambientes das planícies aluviais podem oferecer à humanidade, contribui, em grande parte, para a degradação desse importante ecossistema.

Os desmatamentos da estreita faixa das florestas ciliares e a exploração de madeira e dos recursos minerais são exemplos de destruição e perturbação desses ecossistemas, pois utilizam baixa tecnologia e produzem alto poder de degradação. Entretanto, existem outros produtos e serviços que essas florestas podem oferecer. Tais como: a produção de fitoterápicos, captação de carbono, lazer e a conservação da biodiversidade. Esses recursos pouco demandados, podem beneficiar uma grande parcela da população e são de baixo impacto negativo.

Outro serviço importante é a função que as florestas ciliares desempenham no controle e na manutenção da integridade dos processos hidrológicos e ecológicos. A interceptação pela cobertura vegetal é o processo mais importante para o aumento e diminuição do deflúvio (CICCO *et al.*, 1986/88). As florestas filtram os resíduos poluentes antes deles atingirem lagos e rios. As várzeas absorvem as águas pluviais, evitando as enchentes, durante o período das chuvas pesadas. Todavia, esses serviços não são valorizados, mas podem ser contabilizados indiretamente, no caso de sua falta, ou pelos prejuízos causados por enchentes e calamidades públicas.

Portanto, é a falta de conhecimento e conscientização de como conservar ou manejar esses ecossistemas que os torna reféns da destruição. Sem tecnologia, o uso adequado de seus serviços e produtos ficam inviáveis no modelo econômico atual, e insustentáveis ecologicamente a longo prazo.

Diante desses fatores, as planícies aluviais da bacia sedimentar de Curitiba também estão sendo gravemente destruídas, para dar lugar a outras formas de uso do solo. A investigação no sentido de esclarecer como funcionam, como conservar, manejar, e como recuperar, os ambientes aluviais, já degradados, é um desafio para a comunidade científica.

Neste sentido, os trabalhos de pesquisa desenvolvidos pela Universidade Federal do Paraná, com apoio da Refinaria Presidente Getúlio Vargas - REPAR, deverão elucidar diferentes aspectos da estrutura e do funcionamento das florestas aluviais da bacia hidrográfica do alto Iguaçu (FUNPAR, 2001 e 2002).

Pretendeu-se com este trabalho gerar informações sobre a ciclagem de nutrientes, no âmbito da Floresta Ombrófila Mista Aluvial, rio Barigüi, Araucária, PR, principalmente na determinação da produção de serapilheira e suas respectivas relações com as condições ambientais (clima, solo e vegetação), e esclarecer parte do processo de decomposição foliar, neste seguimento da floresta.

No presente trabalho concentrou-se o estudo nos seguintes objetivos:

1. estimativa da produção mensal, estacional e anual de serapilheira;
2. determinação do teor e da quantidade de nutrientes (N, P, K, Ca e Mg) depositados com a serapilheira;
3. avaliação do processo de decomposição pelo método direto e pelo método indireto, e da liberação de nutrientes (N, P, K, Ca e, Mg) no ambiente aluvial;
4. correlação entre produção de serapilheira e as variáveis dendrométricas (DAP, diâmetro da base, área basal e altura) e fitossociológica (densidade) da comunidade do estrato superior e do estrato intermediário (sub-bosque) da floresta em estudo;
5. correlação entre produção de serapilheira e as variáveis meteorológicas (temperatura, precipitação e umidade relativa do ar) e o nível do lençol freático.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 FLORESTAS ALUVIAIS

2.1.1 Conceituação

O estudo das florestas, que ocorrem às margens dos rios, esbarra em princípio em uma questão semântica, que pode vir a ser elucidada definitivamente com a evolução do conhecimento científico sobre elas. A denominação geralmente está associada a algum aspecto fisionômico da vegetação ou mesmo microclimático. Assim, os termos “mata ciliar” e “mata de galeria” surgiram em regiões onde a vegetação predominante nas áreas adjacentes é campo ou cerrado. As árvores se concentram apenas ao longo dos cursos d’ água, e se destacam da paisagem. Os termos mata marginal, ribeirinha ou ripária refletem conceitos geográficos, relacionados à proximidade do curso d’ água (DURIGAN, 1994).

Na legislação brasileira, o termo “floresta ou mata ciliar”, foi usado de forma extremamente genérica, designando qualquer formação florestal às margens de cursos d’água. Ela engloba assim as florestas de galeria, as de brejo, as ripárias etc (RODRIGUES, 2000). Em função da complexidade de fatores interagindo na definição fisionômica, ambiental e florística dessas formações, o autor destaca a estratégia usada por VELOSO *et al.* (1991). Nessa estratégia, as florestas, que ocorrem ao longo dos rios e demais cursos d’água, são designadas acrescentando o termo “aluvial” ao final da designação de cada tipo vegetacional (região fitoecológica).

Todavia, RODRIGUES (2000) considerou que o termo “aluvial” também é abrangente, pois nem sempre essas formações ocorreriam em solos aluviais; neste sentido, sugeriu que, em vez de “aluvial” fosse usado o termo “ribeirinho”. Explicou que a origem vem de “rivus”, cujo sentido é “vivendo nas margens de rios”.

Entretanto, as florestas ciliares, na grande maioria das situações naturais do Brasil, encontraram condições para o seu desenvolvimento com o surgimento dos

diques marginais no decorrer de Holoceno, cujas áreas se encontram ainda em processo de sedimentação aluvial (AB' SABER, 2000).

Portanto, neste trabalho, optou-se pela recomendação de VELOSO *et al.* (1991) e classificação do IBGE (1992), que sugerem para as formações florestais que ocorrem ao longo dos cursos de água, ocupando as planícies aluviais, sejam denominadas como uma subdivisão das regiões fitoecológicas brasileiras; acrescentando-se o termo “aluvial” no final de sua designação. Neste sentido, decidiu-se pela nomenclatura Floresta Ombrófila Mista Aluvial.

2.1.2 Importância Hidrológica e Ecológica das Florestas Aluviais

Não obstante as diferentes nomenclaturas, que as florestas associadas ao longo dos cursos d'água apresentam, tais florestas têm uma estrutura e funcionalidade ecossistêmica, aparentemente similar (AB' SABER, 2000). Considerando-se esta similaridade, utilizou-se às referências bibliográficas, cujos autores usaram a sinonímia de floresta aluvial, como: floresta ciliar, floresta ripária e floresta de galeria.

Do ponto vista de sua importância nas funções hidrológicas, LIMA e ZAKIA (2000) destacam que as florestas “ripárias” desempenham importantes funções através dos seguintes processos: i) geração do escoamento direto em microbacias, que é o volume de água, agente do aumento rápido da vazão da microbacia, durante e imediatamente, após a ocorrência de uma chuva; ii) controle da quantidade e qualidade da água, aumentando-se a capacidade de armazenamento de água na microbacia e na ação eficaz de filtragem superficial de sedimentos ao longo da zona ripária; iii) ciclagem de nutrientes, proporcionando significativa estabilidade a ciclagem geoquímica de nutrientes na microbacia; iv) interação direta com o ecossistema aquático, tais como o papel desempenhado pelas raízes na estabilização das margens dos rios, o fornecimento contínuo de material orgânico, fonte nutricional à biota aquática e a atenuação da radiação solar, que favorece o equilíbrio térmico da água e tem influência positiva na produção primária do ecossistema aquático.

Segundo BARLOW e CLARKE (2003) essas florestas têm um papel vital na proteção e purificação de fontes de água doce. Elas absorvem poluentes, antes de eles atingirem lagos e rios. Como as terras úmidas (várzeas), evitam inundações, particularmente, em países do sul, sujeitos a ciclos bastante flutuantes de seca e chuvas pesadas.

As florestas “ripárias” contribuem para evitar o assoreamento do leito dos rios, pois são um obstáculo ao livre escoamento das águas de enxurradas. Reduzem sua velocidade e possibilitam sua infiltração no solo. Reduz ainda a contaminação dos cursos de água por defensivos e fertilizantes, pois absorve e filtra a água de chuvas e enxurradas (CARVALHO, 1993).

Do ponto de vista ecológico, as florestas “ciliares” criam condições favoráveis para o fluxo gênico entre populações de espécies animais, que habitam as faixas ciliares e os fragmentos florestais a elas conectadas (DURIGAN, 1994). Segundo TRIQUET; McPEEK e McCOMB (1990), nos ambientes ripários, além de ocorrerem espécies vegetais típicas desses ambientes, estão presentes também espécies da terra firme ou terras altas. Desta forma, esses ambientes desempenham a função de preservação da diversidade genética e fonte de propágulos, ou sementes para o processo de regeneração natural.

De acordo com OLIVEIRA FILHO e RATTER (2000), na evolução da paisagem durante o quaternário tardio, as redes fluviais, margeadas pelas florestas ripárias, desempenharam importante papel na ligação entre as diferentes regiões fitoecológicas brasileiras.

A heterogeneidade do ambiente aluvial, caracterizada por inundações freqüentes, proporciona condições ambientais específicas, de topografia, qualidade da luz, solo e variação da camada de serapilheira, que resultam na seletividade de espécies, ou na evolução de *taxon* a uma especiação a determinado habitat (MAZER, 1996).

Diante do amplo espectro de benefícios ecológicos e principalmente, no que diz respeito ao ciclo hidrológico, cuja função está diretamente relacionada ao problema da falta de água doce no planeta, aumenta a importância de conhecimento do

funcionamento destes ecossistemas em cada região e a necessidade de conservação, preservação e recuperação das florestas aluviais.

2.1.3 Floresta Ombrófila Mista Aluvial

A Floresta Ombrófila Mista Aluvial ocorre geralmente em correlação com a insuficiência de drenagem de talvegues, que dificultam a descarga dos grandes volumes de água, característicos de regiões ombrófilas. Elas porém, dependem da existência de largos vales de transbordamentos dos rios. Estas planícies apresentam dois tipos fundamentais de ambientes, os menos hidromórficos, com solo melhor estruturado, zonal, provido de cobertura florestal e os ambientes encharcados, com soloazonal, colonizados por formações pioneiras (LEITE, 1994).

Segundo ZILLER (2000), a Floresta Ombrófila Mista Aluvial compreende as florestas de “galeria” dos rios na região da Estepe, tipicamente desenvolvidas sobre Neossolos Flúvicos, formados por processos de deposição, a partir dos rios que acompanham, ou outra classe, em geral com características de hidromorfia. São florestas relativamente baixas e abertas, com sub-bosque esparso, quase inexistente, sujeitas a condições adversas, como inundações periódicas.

A composição florística desses ambientes é muito variável e depende das diferentes condições edáficas locais e de seu estágio de desenvolvimento (KLEIN e HATSCHBACH, 1962). Os estratos superiores da Floresta Ombrófila Mista Aluvial são formados quase sempre por *Sebastiania commersoniana*, *Syagrus romanzoffiana*, *Blepharocalyx salicifolius*, *Erythrina crista-galli*, *Vitex megapotamica*, *Luehea divaricata* e *Salix humboldtiana*. Nos estratos dominados, são mais comuns *Calyptanthes concina*, *Myrciaria tenella*, *Myrceugenia euosma*, *Gomidesia sellowiana*, *Schinus terebinthifolius*. *Araucaria angustifolia*, ocorre, esparsamente, raquítica, mal conformada, isolada ou em pequenos agrupamentos (LEITE, 1994).

De acordo com a análise florística e fitossociológica da vegetação arbórea da planície aluvial do rio Barigui, em Araucária, PR observam-se duas formações aluviais,

que foram segmentada em decorrência do grau de hidromorfia da planície (FUNPAR, 2001). A primeira, adaptada sobre solos com elevada hidromorfia, denominada de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, menos desenvolvida. A segunda, estabelecida sobre solos com menor hidromorfia, classificada de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, mais desenvolvida. A composição florística de ambas foi semelhante. As espécies *Sebastiania commersoniana*, *Schinus terebinthifolius*, *Allophylus edulis* e *Blepharocalix salicifolius* destacam-se pelos maiores valores de importância. No entanto, apresentaram diferenças na maioria das variáveis fitossociológicas, com destaque para altura total média, 9,3 m e 11,3 m, para as florestas menos desenvolvida e mais desenvolvida, respectivamente.

No compartimento intermediário, ou sub-bosque dessa floresta, SOUSA *et al.* (2002) indicaram que *Allophylus edulis*, *Sebastiania commersoniana*, *Myrciaria tenella*, *Guettarda uruguensis*, *Daphnopsis racemosa*, *Sebastiania brasiliensis* e *Eugenia uniflora* são as espécies mais importantes desse compartimento. Todas essas espécies, com exceção de *S. commersoniana*, são consideradas espécies tipicamente do estrato intermediário da Floresta Ombrófila Mista Aluvial, deste segmento do rio Barigüi.

2.2 CICLAGEM DE NUTRIENTES

A ciclagem de nutrientes pode ser demonstrada por meio do fluxo dos nutrientes minerais básicos da atmosfera para o solo e para vegetação, vice-versa (SPURR e BARNES, 1982).

Os fluxos dos elementos químicos essenciais tendem a ser mais ou menos circulares na biosfera, por meio de vias características, do ambiente aos organismos e destes, novamente, ao ambiente. Estas vias são descritas como ciclos biogeoquímicos. Enquanto, o movimento dos elementos ou compostos inorgânicos que são essenciais à vida, pode ser denominado de ciclagem de nutrientes (ODUM, 1988). Segundo o mesmo autor, a biogeoquímica estuda a transferência de elementos químicos minerais

e matérias, entre os diferentes compartimentos dos organismos vivos e não vivos da biosfera.

Nos ecossistemas florestais a ciclagem de nutrientes é composta de quatro compartimentos básicos: biomassa (flora e fauna), solo, rocha e atmosfera. O movimento de materiais ou circulação de nutrientes ocorre entre os compartimentos e entre os diferentes ecossistemas (BROMANN e LIKENS, 1970).

Segundo HAAG *et al.* (1985), as florestas são governadas por dois processos principais. O primeiro faz a síntese das substâncias por meio de energia solar, CO₂, água e elementos minerais do solo. O segundo, garante a distribuição dos produtos elaborados e a circulação dos elementos entre os seus diferentes componentes. O conjunto dessa circulação, através do ecossistema, é denominado ciclagem de nutrientes.

De acordo com PRITCHETT (1979), a ciclagem de nutrientes nas florestas ocorre de duas maneiras: i) o ciclo externo, chamado de geoquímico, que corresponde às formas de transferência de nutrientes minerais entre os diferentes ecossistemas. As principais fontes de entrada de nutrientes são a poeira, chuva, intemperismo de rochas, fixação biológica de nitrogênio e fertilização; ii) o ciclo interno ou biológico está subdividido em dois ciclos: o bioquímico e o biogeoquímico. O ciclo bioquímico refere-se à movimentação dos nutrientes dentro da própria árvore. Ele é considerado de grande importância para a conservação de nutrientes de maior mobilidade, como é o caso do N, P, K e Mg. O ciclo biogeoquímico abrange a transferência de nutrientes entre o solo e a planta. Ele é caracterizado pela absorção dos nutrientes pela planta, sua distribuição na planta, lixiviação pela água da chuva e decomposição da serapilheira.

No ambiente da planície aluvial, as florestas geralmente ocupam restritas faixas ao longo dos cursos de água, com variações em termos de estrutura, composição e distribuição espacial, resultantes da dinâmica dos processos de deposição e erosão de sedimentos, de saturação do solo e deposição de matéria orgânica (LIMA e ZAKIA, 2000). Tais condições fazem com que as entradas e saídas de nutrientes minerais

dependam, em grande parte, dos fatores externos, tornando as avaliações normalmente difíceis de serem quantificadas.

De acordo com PAGANO e DURIGAN (2000), existem alguns processos de transferência exclusivos de matas ciliares. O primeiro é a entrada de sedimentos a partir das áreas adjacentes, transportadas pelas águas das chuvas ou do rio, retidos pela faixa florestal que atua como filtro. Existe também a entrada de nutrientes através do fluxo lateral do lençol freático, que transporta nutrientes das partes mais elevadas para a faixa ciliar. Outro processo importante corresponde à perda de nutrientes com o arrastamento da serapilheira pelas águas dos rios em áreas inundáveis. As áreas sujeitas a esses processos têm suas comunidades vegetais freqüentemente perturbadas, permanecendo indefinidamente em estágios sucessionais intermediários. Além disso, a ciclagem de nutrientes entre os diversos compartimentos do ecossistema passa a ser totalmente aberta e imprevisível.

2.2.1 Produção e Acúmulo de Serapilheira

A produção ou deposição de serapilheira é considerada como a mais importante via de transferência de matéria orgânica e nutrientes da vegetação para o solo. Além disso, o material orgânico depositado permite a existência de uma grande variedade de nichos para a fauna e microrganismos; também é fonte para a matéria orgânica coloidal dos solos (CARPANEZZI, 1980).

De acordo com BRAY e GORHAM (1964), a deposição de serapilheira é influenciada por diversos fatores, tais como: tipo de vegetação, espécie, idade, densidade, fatores edafo-climáticos, latitude, umidade do solo e fotoperíodo. Segundo estes autores, existe uma relação linear entre a produção de serapilheira e latitude em função da temperatura e da quantidade de radiação recebida. Estes autores verificaram que a serapilheira é composta em 60% a 80% de folhas, 12% a 15% de galhos e de 1 a 15% de miscelânea (flores, frutos, casca de árvores etc).

Para GALSTON e DAVIES (1972), citados por ANDRADE (1997), a deposição de folhas e de outras frações de serapilheira é um processo causado pela senescência de parte da planta, devido a mudanças metabólicas associadas à fisiologia de cada espécie, além de estímulos provenientes dos fatores ambientais, como o fotoperíodo, temperatura e estresse hídrico.

A deposição de serapilheira é um processo e um produto de grande importância para os ecossistemas florestais, pelos seguintes motivos: i) constitui-se em um índice de produção, pois pode ser considerada como um indicador de produtividade primária líquida das florestas; ii) permite determinar a taxa de decomposição, quando combinada com a quantificação de serapilheira acumulada, no piso florestal; iii) gera informações sobre a fenologia das árvores; iv) indica um importante caminho no ciclo de nutrientes minerais, que determina a eficiência desses ciclos (OLSON, 1963; PROCTOR, 1983; VITOUSEK, 1982; BRAY e GORHAM, 1964).

A serapilheira representa a matéria orgânica morta, predominantemente vegetal, que se acumula sobre a superfície do solo. Ela é constituída por folhas, flores, frutos, cascas, galhos e demais fragmentos vegetais (VITOUSEK, 1984).

A serapilheira acumulada sobre o solo, constitui-se na principal fonte de matéria orgânica responsável pela formação dos horizontes orgânicos. No solo, a serapilheira sofre os processos de lixiviação, mineralização e humificação, que dão origem ao horizonte A. Os horizontes orgânicos, por sua vez, são divididos em três subhorizontes, denominados de L, F e H. O horizonte L é constituído pela serapilheira, na qual se observa que as folhas se encontram intactas. O horizonte F é caracterizado pela serapilheira em processo de decomposição. O horizonte H é composto pela serapilheira em estágio avançado de decomposição, conhecido por húmus (GALVÃO *et al.*, 1999).

A fração foliar é o compartimento mais importante do material formador da serapilheira acumulada. ANDRADE (1997) registrou que as folhas representam em média 66% do material anual acumulado. PROCTOR (1983), analisando a deposição de serapilheira em diferentes partes do mundo, estimou que, em média, 70% da manta anual acumulada é formada por folhas.

Apesar do grande volume de informações sobre a produção de serapilheira nos diferentes ecossistemas terrestres, existe uma série de problemas metodológicos, que dificultam a comparação dos resultados obtidos (PROCTOR, 1983). Todavia, para as planícies aluviais, existem poucas informações, embora o entendimento sobre a produção de serapilheira nesses ambientes seja essencial para o conhecimento do seu funcionamento.

No Brasil, é maior o número de informações nos ambientes de Floresta Ombrófila Densa e Floresta Estacional Semidecidual do que na Floresta Ombrófila Mista.

LUIZÃO (1982); SILVA e LOBO (1982) observaram na floresta Amazônica maior produção de serapilheira durante o período mais seco do ano (menos chuvoso). BRITZ (1994) verificou na floresta Atlântica maior produção no final da primavera e início do verão, período mais quente do ano. Na Floresta Estacional Semidecidual, CUNHA *et al.* (1993); MELLO (1995); DELITTI (1989); PAGANO e DURIGAN (2000) verificaram maior produção de serapilheira no período mais seco do ano.

Para a Floresta Ombrófila Mista, BRITZ *et al.* (1992) e FIGUEIREDO FILHO *et al.* (2003) verificaram que a maior deposição de serapilheira ocorreu na primavera. Resultados semelhantes foram observados por FLOSS; CALDATO e BOHNER (1999). Eles acrescentaram que, no verão, em florestas com araucária, podem ocorrer também picos de produção de serapilheira.

Nem sempre é possível relacionar a produção de serapilheira aos fatores abióticos, principalmente por causa da dificuldade de monitoramento desses fenômenos. PAGANO e DURIGAN (2000) observaram que, durante o período de agosto a novembro, quando as reservas de água no solo são mais baixas, a produção de serapilheira foi maior. Entretanto, em outros períodos, a situação é inversa, ou seja, a produção é maior em áreas mais úmidas. BRITZ *et al.* (1992) também constataram que a deposição de folhas por espécie, em um primeiro momento, apresentou relação com a estrutura da floresta. POGGIANI (1992) não encontrou correlação entre a deposição e qualquer variável climática, atribuindo a derrubada de acículas a uma forma de reduzir a perda de água por transpiração em função dos baixos teores de água no solo.

Segundo BRAY e GRHAM (1964), o total de serapilheira pode variar grandemente de ano para ano. Nas Gimnospermas a queda de resíduos é mais afetada pela variação nas condições ambientes de ano para ano, do que nas Angiospermas decíduas, cujas folhas sofrem necessariamente abscisão todos os anos. Entre os fatores ambientais que podem estar associados a uma queda anormal de serapilheira estão as tempestades, ataques de insetos, época de seca ou temperatura muito baixas.

NILSSON e GRELSSON (1990) levantaram a hipótese de que a deposição e o acúmulo de serapilheira na faixa ciliar dependem dos fatores físicos, que atuam na margem do rio e que a quantidade de serapilheira interfere nas características da vegetação.

2.2.2 Decomposição de Serapilheira

Do ponto de vista ecológico, a decomposição da serapilheira acumulada sobre o piso florestal é a fase mais importante da ciclagem de nutrientes minerais. O processo de degradação inicia-se no momento em que a folha se forma e continua por toda a sua vida, através do ataque de organismos. A decomposição pode ser dividida em três etapas, e que ocorrem simultaneamente: a) lixiviação, perda rápida de material solúvel, pela ação da água da chuva; b) intemperismo, ruptura mecânica dos detritos; e c) ação biológica, fragmentação gradual e oxidação dos detritos pelos organismos vivos (HAAG *et al.*, 1985).

A decomposição é um termo utilizado para descrever um grande número de processos inter-relacionados. Processos, no qual, a matéria orgânica é quebrada em partículas menores e os nutrientes são transformados em formas solúveis, que são absorvidos pelas plantas (SCHLESINGER e WARING, 1985).

No ecossistema florestal, a serapilheira é a principal fonte de matéria prima para o processo de decomposição da manta orgânica acumulada sobre o solo. Todavia, os resíduos de fauna do solo (micro, meso e macrofauna) e o material resultante da

humificação, contribuem, com pequena porcentagem de material orgânico; porém, com alto teor de nutrientes (KÖGEL KNABNER, 1993).

Para ANDRADE (1997), o acúmulo da manta orgânica na superfície do solo é regulado pela quantidade de material que cai, da parte aérea das plantas, e sua taxa de decomposição. Portanto, a quantidade de serapilheira acumulada na superfície do solo depende de sua taxa de decomposição. O equilíbrio é atingido quando o material a ela adicionado pela cobertura vegetal for igual àquele decomposto. Nesse sentido, é de grande importância a estimativa da taxa de decomposição, para que se possa entender os processos dinâmicos, que regulam a entrada, saída e reciclagem dos elementos minerais, de um ecossistema florestal.

A taxa de decomposição foliar e o tempo de renovação da serapilheira acumulada na superfície do solo dependem de vários fatores, principalmente, aqueles relacionados à fertilidade do solo, teor de nutrientes no material orgânico, às condições climáticas e a ação dos microrganismos (MASON, 1980). Também podem influenciar as taxas de decomposição foliar os teores de lignina, polifenóis e as relações entre essas substâncias e o nitrogênio (PALM e SANCHEZ, 1991).

Segundo LUIZÃO (1982), a taxa de decomposição da serapilheira é muito dependente da época do ano e da ação dos microrganismos. Ela é muito maior na época chuvosa do que na época seca. Para HAAG *et al.* (1985), a taxa de decomposição depende das características de sua composição, tais como: o conteúdo de lignina, resistência, conteúdo de nutrientes, componentes secundários, massa e tamanho da partícula. No entanto, ele reconhece que a presença da macrofauna do solo aumenta a taxa de decomposição do material mais lenhoso.

Em Floresta Ombrófila Mista, FLOSS; CALDATO e BOHNER (1999) comentam que, dentro de uma mesma região climática, o principal fator na decomposição da serapilheira se deve à qualidade do material orgânico. Os mesmos autores concluíram que o menor tempo de decomposição da serapilheira foi observado onde a diversidade de espécies florestais é maior. Explicaram também que a velocidade com que os nutrientes estão disponíveis nesse local é mais rápida. Por outro lado, GALVÃO *et al.* (1989/91), analisando a decomposição foliar de algumas espécies da Floresta

Estacional Decidual, observaram que a fração foliar das espécies de capoeira (fase inicial da sucessão vegetal) decompõe-se mais rapidamente do que a da floresta secundária (floresta com maior diversidade).

2.2.3 Transferência e Liberação de Nutrientes

O fluxo de nutrientes é um dos instrumentos de grande importância na análise de ecossistemas. A produção e a decomposição são partes do processo de transferência de matéria orgânica e liberação de nutriente para o solo florestal. Esses processos garantem, assim, a reciclagem dos elementos minerais da atmosfera para a vegetação e para o solo e vice-versa.

Do ponto de vista da ciclagem de nutrientes minerais, a decomposição da matéria orgânica acumulada na superfície do solo é a etapa absolutamente essencial no ciclo biogeoquímico (HAAG, *et al.*, 1985). É o principal mecanismo de transferência de nutrientes e substâncias orgânicas entre a planta e o solo (ABER e MELILLO, 1980; MAHESWARAN e GUNATILLEKE, 1988).

Os dados disponíveis na literatura têm demonstrado que, tanto a transferência como a liberação de nutrientes por meio da serapilheira, variam grandemente entre os diferentes ecossistemas florestais. Tais variações, associadas a fatores abióticos, constituem-se nas interações mais importantes que influenciam os processos dinâmicos, que controlam a disponibilidade de nutrientes nos solos florestais. Não obstante essas diferenças, as concentrações dos macronutrientes, na maioria dos ecossistemas, obedecem ao seguinte padrão: $N > Ca > K > Mg > S > P$ (PAGANO e DURIGAN, 2000). As folhas destacam-se pela alta concentração de nitrogênio e as frações lenhosas pelo alto teor de cálcio.

De acordo com VITOUSEK (1984) a produção de serapilheira é parte do processo de retorno de matéria orgânica e nutrientes para o solo. A fração foliar é a principal via dessa transferência. Entretanto, quando a árvore morre, a fração lenhosa (tronco e galhos) é que contribui com quantidades significativas de retorno de material

orgânico e nutrientes minerais para o solo florestal. O mesmo autor, observou que o nitrogênio é o elemento mais limitante em florestas temperadas e que o fósforo é o mais limitante nas florestas tropicais.

Segundo LAVELLE (1993), os resultados dos processos de mineralização e humificação são recursos essenciais na manutenção da fertilidade dos solos. Com a mineralização, pode-se determinar a fertilidade química do solo, monitorando o suprimento de nutrientes minerais para o crescimento das plantas. Com a humificação, é possível medir os níveis de matéria orgânica do solo e, assim, determinar as condições de porosidade, capacidade de trocas catiônicas e conservação de nutrientes no solo.

Na região sul e sudeste, estudos demonstraram que a circulação de elementos minerais é grande, mas, a reciclagem é baixa. Uma das explicações é a condição edáfica, os solos são férteis e as espécies florestais não apresentam mecanismos de conservação de nutrientes (MORELLATO, 1992; SHLITTLER et al., 1993; CUNHA et al., 1993; MELLO, 1995). Enquanto que, na maioria das florestas tropicais, onde os solos são de baixa fertilidade, a reciclagem de elementos minerais é alta, as espécies florestais apresentam mecanismos de captura e conservação de nutrientes minerais, principalmente aqueles transportados pelas chuvas e poeiras (VITOUSEK, 1984).

No ecossistema florestal, a produção e a decomposição de serapilheira são os processos mais dinâmicos e significativos de transferência de nutrientes dentro do ciclo biológico. Portanto, o estudo dos seus aspectos quantitativos e qualitativos é uma parte importante da ecologia florestal, no entendimento do funcionamento das florestas aluviais.

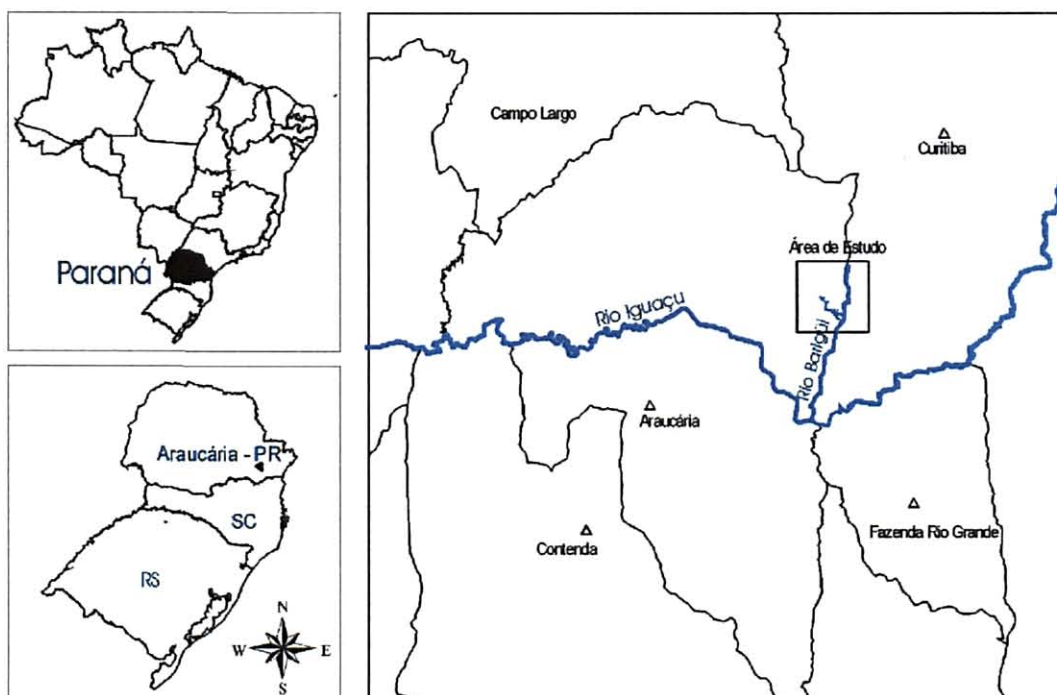
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1.1 Localização

A planície aluvial onde foi desenvolvido o presente trabalho está localizada na microbacia do arroio Saldanha, afluente do rio Barigüi, pertencente à Bacia do rio Iguaçu. Situa-se na porção centro-sul do Primeiro Planalto paranaense, próxima às coordenadas $25^{\circ} 34' 02,5''$ S e $49^{\circ} 20' 53,5''$ W, a uma altitude média de 920 m. Área de preservação permanente (mata ciliar) da Refinaria Presidente Getúlio Vargas - REPAR, unidade da Empresa de Petróleo Brasileiro S/A (PETROBRAS), em Araucária - PR (Figura 1).

FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO, RIO BARIGÜI, ARAUCÁRIA, PR



3.1.2 Clima

Pelo sistema de classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo Cfb – sub-tropical mesotérmico úmido e super úmido, sem estação seca e com verões frescos. A temperatura média do mês mais quente é inferior a 22° C e as geadas são severas e freqüentes. A precipitação média anual é de 1.402 mm.

As normais climatológicas (1961–1990) para Curitiba indicam temperatura média anual de 16,5° C; temperatura do mês mais quente (fevereiro) 19,9° C e temperatura do mês mais frio (junho) 12,2° C. A precipitação média anual é de 1.408 mm; precipitação do mês mais seco (agosto) 75 mm e precipitação do mês mais chuvoso (janeiro) 193 mm (BRASIL, 1992).

De acordo com sistema de Holdridge, o município de Araucária é de clima submontano, temperado quente, úmido e muito úmido (EMBRAPA, 1986).

Observam-se na Tabela 1 os dados mensais de temperatura e precipitação, coletados pela estação meteorológica automática da REPAR, em Araucária - PR, durante o período de jun/2001 - maio/2003.

A precipitação média anual em Araucária, no período de jun/01 a maio/03, foi de 1.192 mm, com os meses de janeiro (2002 e 2003) os mais chuvosos e os meses de maio/03, mar/02 e ago/01, os menos chuvosos. Verificou-se que a temperatura média anual nesse período (jun/01 – maio/03) foi de 18,4 °C. Julho foi o mês mais frio do ano; com registros de temperaturas mínimas negativas, nos meses de julho/01, setembro/02 e maio/03, e de temperatura máxima (acima de 33 °C) nos meses de novembro/01, outubro/02, dezembro/02 e fevereiro/03.

Considerando que o município de Araucária encontra-se na mesma região climática de Curitiba, verificou-se que as médias anuais de precipitação em Araucária (Tabela 1), são menores do que as observadas para as normais climatológicas de Curitiba, apesar do padrão de distribuição anual de chuvas na região ser similar.

Quanto à temperatura, os dados mostraram que, durante o período observado, (jun/01 – maio/03), a média anual e a temperatura máxima dos meses mais quentes do ano são maiores que as médias registradas para normais climatológicas de Curitiba.

TABELA 1 – MÉDIAS MENSAIS DE PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA, MUNICÍPIO DE ARAUCÁRIA, PR, (JUNHO/2001 – MAIO/2003)

Mês	Precipitação (mm)	Temperatura média	Temperatura mínima (° C)	Temperatura máxima
Jun/01	95,30	16,33	0,73	25,95
Jul/01	159,81	13,83	-1,17	25,99
Ago/01	40,87	15,56	6,28	26,83
Set/01	64,55	15,83	1,38	29,90
Out/01	151,57	17,70	8,30	30,85
Nov/01	69,99	19,61	10,51	33,01
Dez/01	61,00	19,95	9,59	32,26
Jan/02	189,07	21,22	12,26	31,58
Fev/02	59,00	18,02	14,48	29,51
Mar/02	36,00	22,18	15,52	32,81
Abr/02	53,00	20,74	13,39	31,47
Mai/02	100,00	16,84	7,79	27,70
Jun/02	40,00	16,08	6,99	27,90
Jul/02	53,60	13,01	0,62	26,83
Ago/02	93,73	16,50	2,59	29,08
Set/02	141,60	14,57	-1,32	29,78
Out/02	131,60	19,85	10,76	35,04
Nov/02	140,00	20,00	9,61	31,30
Dez/02	160,00	21,90	12,35	33,50
Jan/03	205,00	22,50	14,00	32,90
Fev/03	132,00	24,50	15,30	33,50
Mar/03	126,00	22,00	12,00	32,50
Abr/03	59,00	18,50	3,50	29,00
Mai/03	22,00	15,00	-5,50	27,50
Médias	1.192	18,43	7,5	30,28

Fonte: Estação Meteorológica Automática da REPAR/Petrobrás, Araucária, PR.

3.1.3 Relevo e Solo

O relevo da região onde se insere a área de estudo, passou por sucessivos aplainamentos, sofrendo a influência da tectônica Cenozóica processada na placa Sul-Americana, que ocasionou a subsidência, sobretudo da sua porção centro-sul (atual Bacia Sedimentar de Curitiba) e o desenvolvimento da Serra do Mar junto ao seu limite oriental. O preenchimento da Bacia Sedimentar de Curitiba ocorreu em duas fases de deposição, a primeira durante o Mioceno, composto principalmente de argilitos e

arcósios, resultando na Formação Guabirotuba, do Pleistoceno. A segunda, mais recente, compreende os depósitos aluvionares das planícies de inundação e os baixos terraços que margeiam as várzeas, do Holoceno (SALAMUNI, 1998).

A paisagem aluvial, marcada por largas planícies de inundação do rio Iguaçu e seus afluentes, ocupa cerca de 490 km², ou 29% da área da Bacia Sedimentar de Curitiba (SALAMUNI, 1998). De modo geral e, segundo proposta de LEOPOLD; WOLMAN e MILLER (1964) e CHRISTOFOLETTI (1981), citados por SOUZA (1990), a paisagem aluvial apresenta quatro formas principais: diques marginais, barras de meandro, bacia de inundação e terraços, todos com características marcantes quanto à sua posição topográfica, solos e vegetação.

A área do presente estudo, denominada de planície aluvial, situa-se no reverso dos diques marginais drenados pelo rio Barigüi, afluente da margem direita do rio Iguaçu e o principal contribuinte da grande Bacia do Alto Iguaçu.

O rio Iguaçu e seus afluentes, devido à exploração mineral (areia e argila) e o uso dos campos (Estepe Gramíneo - Lenhosa) pela pecuária extensiva, encontram-se bastante alterados. O rio Barigüi, em sua grande extensão, foi drenado e retificado e o arroio Saldanha apresenta sinais de sedimentação de material recente, provavelmente decorrente do revolvimento do solo na década de 50, por ocasião das construções de infra-estrutura da Refinaria Presidente Getulio Vargas e demais edificações e urbanização do município de Araucária, PR.

Os solos predominantes nas planícies aluviais são classificados como Neossolos Flúvicos, Orgossolos Háplicos e Gleissolos. Eles são todos hidromórficos, ricos em matéria orgânica e de fertilidade elevada (RESK e SILVA, 1998; EMBRAPA, 1999).

Segundo BARDDAL (2002), os solos de interesse neste trabalho são do tipo Gleissolos Háplico e Melânico (Tabela 2), com predominância de Eutróficos típicos, horizonte A moderado, textura argilosa e de relevo plano (Anexo 3). O autor chama atenção para a associação entre Gleissolos Melânicos, com as áreas de maior saturação hídrica, e os Háplicos com as de menor saturação; o pH apresenta uma relação proporcional com teores de alumínio, e uma variação da matéria orgânica (M.O) com as alterações microtopográficas do ambiente.

Na Tabela 2, observa-se que os valores médios dos atributos químicos dos Gleissolos Melânicos foram maiores que os dos Gleissolos Háplicos.

Quanto à contribuição de carbono orgânico (C) no solo, observa-se um decréscimo em subsuperfície, proporcional ao decréscimo de matéria orgânica. Seus valores estão dentro do intervalo dos valores médios (29,0 g/kg – 47,4 g/kg) estimados por SOUZA (1990) e por FUNPAR (2001), nesse trecho da planície aluvial da Bacia do Alto Iguaçu.

TABELA 2 – ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO, PROFUNDIDADE DE 0 – 100 cm, FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL, RIO BARIGÜI, ARAUCÁRIA, PR

Classe de solo	Profundidade (cm)	pH	M.O	C	P	K	Ca	Mg	CTC	Saturação por Bases
		CaCl ₂	g.dm ⁻³	g.kg ⁻¹	mg.dm ⁻³	Cmolc.dm ⁻³				
GLEISSOLO HÁPLICO	0 - 20	4,1	45,7	36,0	7,3	0,14	7,53	4,70	46,7	72,0
	- 60	4,0	20,4	12,0	3,3	0,08	4,99	4,43	44,5	70,2
	- 100	4,0	7,4	5,7	5,5	0,09	4,30	4,28	47,6	74,9
Média		4,0	24,5	17,9	5,4	0,10	5,61	4,47	46,27	72,4
GLEISSOLO MELÂNICO	0 - 20	4,2	56,9	37,0	8,1	0,16	8,86	6,17	50,0	77,8
	- 60	4,1	17,4	11,7	6,3	0,12	6,80	5,55	71,9	86,2
	- 100	4,1	9,7	5,6	7,5	0,08	5,62	5,15	84,2	88,6
Média		4,1	26,5	18,1	7,3	0,12	7,09	5,62	68,7	84,2

Fonte: Modificado de BARDDAL, 2002.
(C) carbono orgânico.

3.1.4 Vegetação

Nas encostas da paisagem aluvial, destacam-se dois tipos principais de vegetação natural remanescente: as formações secundárias da Floresta Ombrófila

Mista, em diferentes estágios sucessionais; áreas de campos limpos naturais (Estepe Gramíneo – Lenhosa), com diferentes graus de transformação. Em alguns locais, estão muito descaracterizados.

Na planície, adjacente ao arroio Saldanha e do rio Barigüi, observa-se um complexo vegetacional diferenciado. As várzeas têm sua vegetação adaptada às condições de saturação hídrica, denominadas de Formações Pioneiras com influência Flúvio-Lacustre (IBGE, 1992) que, conforme seu desenvolvimento, podem ter fisionomia exclusivamente herbácea (campos hidrófilos e higrófilos) ou com elementos arbóreos de *Erythrina crista-galli*.

Nos diques marginais, atualmente alterados pela retificação do rio Barigüi, e no reverso dos diques, as condições pedológicas são mais favoráveis ao desenvolvimento da Floresta Ombrófila Mista Aluvial.

A Floresta Aluvial nesse trecho do rio Barigüi, de acordo com FUNPAR (2001), apresenta aspecto fisionômico de floresta mais desenvolvida, com a presença de dois estratos arbóreos definidos e um terceiro em formação. O estrato superior, com altura média de 11,3 m, é dominado pelo branquilha (*Sebastiania commersoniana*) e pelas espécies *Blepharocalyx salicifolius*, *Schinus terebinthifolius* e *Campomanesia xanthocarpa* como emergentes do dossel; no estrato intermediário, com média de 8,2 m de altura, destacam-se: *Allophylus edulis*, *Myrciaria tenella* e *Guettarda uruguensis*.

É nesse ambiente de Floresta Aluvial, descrito por FUNPAR (2001), cujos solos são mais bem drenados e classificados como Gleissolos Háplicos e Gleissolos Melânico, que se desenvolveu o presente trabalho.

3.2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

O projeto “Diagnóstico e monitoramento da cobertura vegetal da área de influência direta e indireta do vazamento de óleo da Refinaria Presidente Getúlio Vargas – REPAR, Araucaria, PR” possibilitou a instalação de parcelas permanentes (10 m x 10 m) para o estudo da vegetação, nesse trecho do rio Barigüi (FUNPAR, 2001). Na

realização do presente trabalho, foram selecionadas 21 destas parcelas permanentes (Figura 2), considerando-se aquelas que não sofreram a influência direta do vazamento de óleo, baseando-se na homogeneidade fisionômica e o bom estado de conservação da cobertura vegetal, bem como, a ausência de contaminação de óleo na profundidade 120 cm do solo.

3.2.1 Avaliação da Vegetação

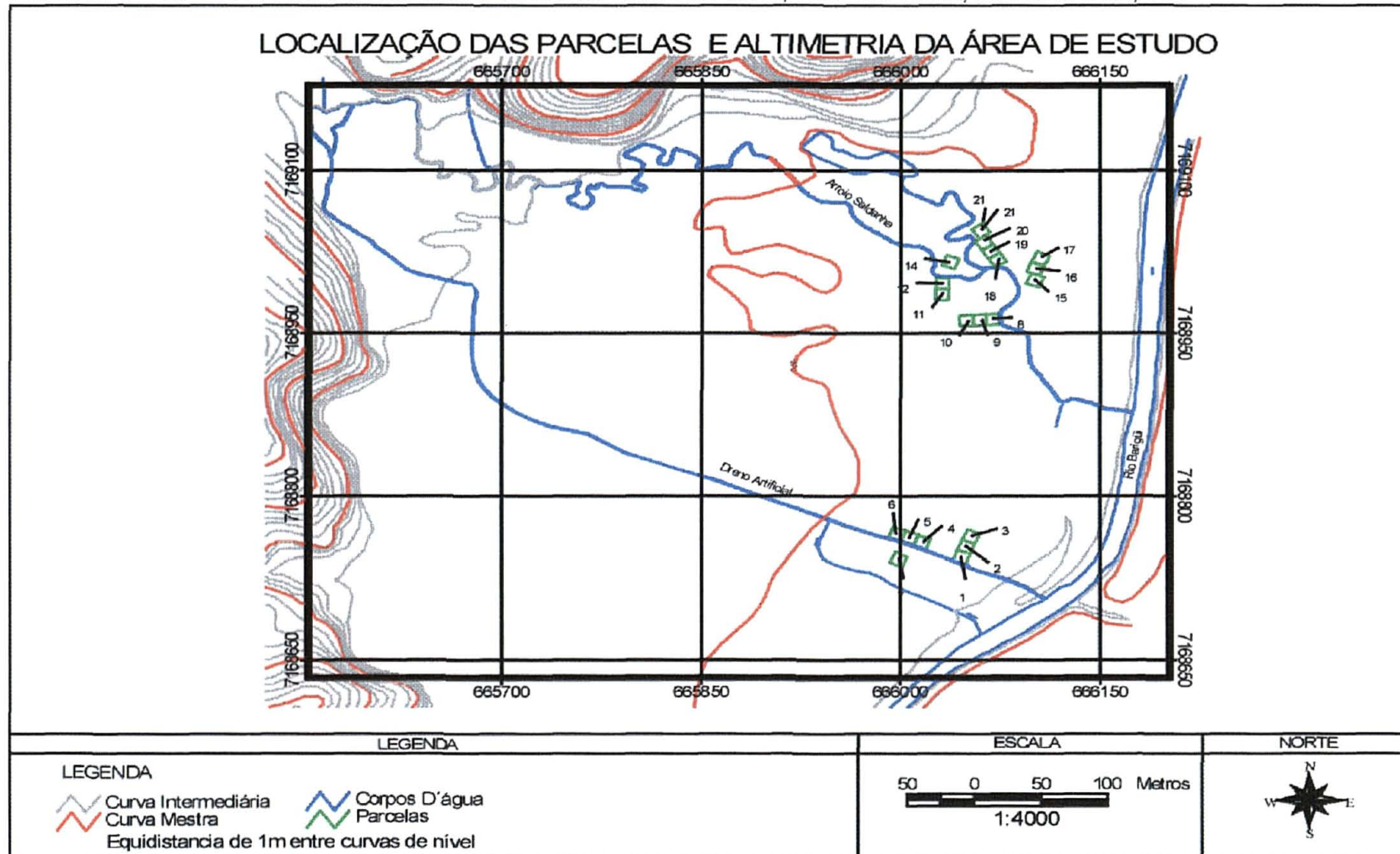
Com objetivo de correlacionar a produção de serapilheira com algumas variáveis dendrométricas e fitossociológicas, utilizaram-se no presente estudo, os dados de caracterização florística, diâmetro, altura e densidade obtidos em 2001, nas mensurações realizadas por BARDDAL (2002). Em 2003, realizou-se novas mensurações de diâmetro, altura e densidade, seguindo a metodologia utilizada em 2001. Ressalta-se que BARDDAL (2002) usou, nas suas análises, os dados de apenas 20 parcelas permanentes. Neste trabalho, utilizaram-se os dados de 21 unidades amostrais, coletas realizadas em 2001 e 2003.

Para o estrato superior da floresta foram considerados todos os indivíduos arbóreos e arbustivos com perímetro a altura do peito (PAP), igual ou superior a 15 cm. Os indivíduos, que não alcançaram o perímetro estipulado e possuíam altura mínima de 1,30 m, foram considerados como formadores do compartimento inferior da floresta, denominado de estrato intermediário ou comunidade do sub-bosque.

Para a avaliação da comunidade do sub-bosque, foram demarcadas sub-parcelas de 5 m x 5m, delimitadas no interior das parcelas permanentes de 100 m², mensurou-se o diâmetro da base (DAB) com paquímetro e altura total com régua graduada em centímetro.

Na medição do PAP da comunidade do estrato superior, cada tronco (fuste), das árvores com múltiplos troncos, foi considerado como um indivíduo. O diâmetro a altura do peito (DAP) foi calculado em função de cada indivíduo e não o DAP médio de cada árvore.

FIGURA 2 – MAPA PLANI-ALTIMÉRICO DA ÁREA DE ESTUDO, RIO BARIGÜI, ARAUCÁRIA, PR



Fonte: Modificado de Barddal, 2003.

Com este procedimento, todas as árvores que apresentassem pelo menos um tronco com PAP igual ou maior que 15 cm, foram incluídas na comunidade do estrato superior.

As médias e demais estimativas fitossociológicas foram obtidas por meio da planilha de cálculo do EXCEL e não do FITOPAC.

Em 2003, a altura total dos indivíduos do estrato superior foi estimada com base na altura obtida em 2001. Para isto, foi usado o modelo de regressão adaptado das equações de relação hipsométrica de altura e DAP de FINGER (1992).

$$Y_{\text{altura estimada}} = \beta_0 + \beta_1 \cdot (d \cdot h),$$

onde: $d = \text{DAP}_{2003}$;

$h = \text{altura total obtida em 2001}$;

β_0 e $\beta_1 = \text{coeficientes de regressão}$.

Considerando que a floresta em estudo apresenta árvores com múltiplos troncos (fustes), na calibração da curva ajustada da relação DAP x H (altura), considerou-se somente o DAP do tronco principal, ou seja, o maior DAP da árvore. Com este procedimento utilizou-se uma amostra (n) de 561 observações. Deste modo, obteve-se a seguinte equação de regressão:

$$Y_{\text{altura estimada para 2003}} = 6,84154 - 0,0295657 \times (d_{2003} \times h_{2001}).$$

O coeficiente de correlação (r^2) foi de 0,82, o coeficiente de variação de 13,97 e todos os coeficientes de regressão β foram significativos a um nível de 1% de probabilidade.

Com base nos dados dendrométricos e fitossociológicos obtidos em 2001 e 2003 estimou-se o incremento do período para cada parcela permanente.

3.2.2 Avaliação da Produção de Serapilheira

A produção de serapilheira foi obtida através da amostragem com 21 coletores instalados no interior das 21 parcelas permanentes (100m²). O número de coletores foi determinado segundo a técnica de amostragem seqüencial de STEIN (STEEL e TORRIE, 1960).

Os coletores foram confeccionados com tubos de PVC de ½ polegada e sacos de polietileno, de forma cônica, com diâmetro da boca de 50 cm (0,1963 m²) e altura de 60 cm (Figura 3).

FIGURA 3 – COLETOR DE SERAPILHEIRA (1), PIEZÔMETRO (2) E PLUVIÔMETRO (3), INSTALADOS NA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA, RIO BARIGÜI, ARAUCÁRIA, PR



A análise química foi efetuada somente no material correspondente ao primeiro ano de coleta (10/jun/2001 a 10/jun/2002). Para isso, foram formadas cinco amostras compostas para cada mês, por fração folhas, galhos e miscelânea, que corresponderam a 15 parcelas permanentes, agrupadas pelas três parcelas mais próximas (Figura 2): amostra 1 (serapilheira das parcelas 1, 2 e 3), amostra 2 (parcelas 8, 9 e 10), amostra 3 (parcelas 11, 12 e 13), amostra 4 (parcelas 15, 16 e 17), amostra 5 (parcelas 18, 19 e 20). Das amostras 2 e 4 foram retirados materiais para determinação de carbono.

As amostras foram enviadas ao Laboratório de Solos e Nutrição Florestal – LSNF/Embrapa Florestas, Colombo, PR, para se realizarem análises químicas de N, P, K, Ca e Mg, de acordo com o procedimento de análise de tecido vegetal, usado pela EMBRAPA. O nitrogênio foi determinado por digestão sulfúrica e destilação micro-Kjeldhal. O cálcio, magnésio, fósforo e potássio foram determinados, respectivamente, por digestão nitro-perclórica e por espectrometria de absorção atômica (Perkin Elmer 3300), por espectrofotometria (Espectrofotômetro Digital, Micronal B34211) e por fotometria de chama (fotômetro de chama, Micronal B462).

Para determinação de carbono, foram preparadas somente duas amostras compostas de cada fração, agrupadas por estação do ano (inverno, primavera, verão e outono). As amostras foram enviadas ao Laboratório de Ecologia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria, RS - (LEF/UFSM). A análise de carbono foi realizada de acordo com o padrão de determinação de análise química de tecido vegetal do LEF/UFSM.

Foram realizadas análises estatísticas utilizando-se o teste *t* para comparar as médias de produções mensais e estacionais das diferentes frações de serapilheira, do ano 1 (junho/2001 – maio/2002) e do ano 2 (junho/2002 - maio/2003).

Realizaram-se as seguintes análises de correlação:

- a) produção das frações de serapilheira (folha, galho e miscelânea) com DAP, área basal, altura total e densidade da comunidade do estrato superior;

- b) produção das frações de serapilheira (folha, galho e miscelânea) com diâmetro basal, área basal, densidade e altura total da comunidade do estrato intermediário (sub-bosque)
- c) produção das frações de serapilheira (folha, galho e miscelânea) com variáveis meteorológicas (precipitação total, temperatura média, temperatura mínima, temperatura máxima, umidade relativa do ar média, umidade relativa do ar máxima, umidade relativa do ar mínima e velocidade média dos ventos), e também com o nível do lençol freático.

Para análise estatística da variação sazonal de nutrientes, utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado. No arranjo fatorial dos tratamentos (fração de serapilheira e estação do ano), utilizou-se o seguinte modelo experimental:

$$X_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{(ij)},$$

onde:

X_{ij} = variável dependente a ser analisada (N, P, K, Ca e Mg);

μ = média geral,

α_i = efeito das variáveis i 's, fração de serapilheira (folha, galho e miscelânea);

β_j = efeito das variáveis j 's, estação do ano (inverno, primavera, verão e outono);

$\alpha\beta_{ij}$ = efeito da interação das variáveis i 's frações de serapilheira ($i = 1,2,3$) com as j 's estações do ano ($j = 1,2,3,4$);

$\varepsilon_{(ij)}$ = erro experimental.

As análises estatísticas foram realizadas com os programas Statgraphics Plus 7.1, Statistics e Excel versão 5.0.

3.2.3 Avaliação da Decomposição de Serapilheira

Devido às características do ambiente aluvial, que sofre perturbações freqüentes provocados pelas inundações, testaram-se dois métodos de avaliação para decomposição de serapilheira.

a) Método de avaliação indireta, estimado pela taxa instantânea de decomposição, denominada de coeficiente k , calculada por meio da relação entre a serapilheira anual produzida (L) e a serapilheira acumulada (M), em um determinado tempo e sítio, onde $k = L / M$.

b) Método de avaliação direta com o uso de bolsas de malha, tipo *litter bag*, contendo somente folhas, descrito por BOCOCK e GILBERT (1957), citado por (LUIZÃO, 1982). A taxa de decomposição, denominada de coeficiente k , foi calculada através do coeficiente k' , que é a diferença entre o peso seco inicial (L_0) e o peso seco final (L_t) em porcentagem, segundo OLSON (1963), modificado por WEIDER e LANG (1982):

$$\text{onde: } k = -\text{Ln}(1 - k') \quad \text{e} \quad k' = (L_0 - L_t)/100.$$

Utilizando-se o coeficiente de decomposição k , estimou-se o tempo médio de decomposição de 50% e de 95%, por meio das fórmulas a seguir, também descritas por OLSON (1963):

$$t_{50\%} = -\text{Ln}(0,5)/k \quad \text{e} \quad t_{95\%} = -\text{Ln}(0,05)/k.$$

3.2.3.1 Decomposição pelo Método Indireto

Na avaliação indireta de decomposição, foram selecionadas 15 parcelas permanentes na área de estudo e realizadas coletas trimestrais de serapilheira acumulada na superfície do solo, coincidindo com o final de cada estação do ano. Desde modo, as amostragens foram iniciadas no final do outono/2002 (10/junho/02) e

encerradas no final do verão/2003 (10/março/03). Em cada parcela, foram coletadas cinco amostras simples com uma moldura metálica circular de 60 cm de diâmetro ($0,2827 \text{ m}^2$), totalizando uma amostra composta de $1,41 \text{ m}^2$ de serapilheira por parcela (100 m^2). Em cada estação, foram coletadas 15 amostras compostas.

No laboratório, o material foi separado nas frações folha, galho e miscelânea; em seguida, foram acondicionadas em sacolas de papel, etiquetadas e levadas à estufa de ventilação forçada e ar aquecido a $65 \text{ }^\circ\text{C}$, a fim de determinar o peso da matéria seca.

Para a estimativa anual, cada conjunto de 15 amostras compostas por estação foi multiplicado por três, representando o período de três meses de cada estação.

As análises estatísticas foram realizadas com base no delineamento experimental de blocos casualizados. Cada conjunto tinha 3 parcelas/bloco. Bloco 1 (parcelas 1, 2 e 3); bloco 2 (parcelas 8, 9 e 10); bloco 3 (11, 12 e 14); bloco 4 (parcelas 15, 16 e 17) e bloco 5 (18, 19 e 20), totalizando cinco blocos.

3.2.3.2 Decomposição pelo Método Direto

Na avaliação direta de decomposição foram utilizadas bolsas confeccionadas com telas de poliolefina preta, de 1,5 mm a 2,0 mm de malha (sombrite de 30%), medindo 15 cm x 25 cm. Cada bolsa recebeu oito gramas de folhas (peso de matéria seca) recém caídas das espécies da floresta em estudo. As folhas foram obtidas por meio de 10 coletores de $1,0 \text{ m}^2$, durante dois meses antes da instalação do ensaio, em coletas semanais. Somente as folhas inteiras (com 100 a 80% de área foliar) foram utilizadas, previamente secas em condições de laboratório e depois levadas à estufa de ventilação forçada a $60 \text{ }^\circ\text{C}$. Após 72 horas de estufa, o material foliar foi pesado e acondicionado nas bolsas de náilon. Cada bolsa recebeu uma numeração para facilitar a identificação e localização no campo. O ensaio foi conduzido dentro das parcelas permanentes de 100 m^2 , em duas etapas.

3.2.3.2.1 Decomposição pelo Método Direto – Ensaio 1

Na primeira etapa, denominada de ensaio 1, foram utilizadas 144 bolsas. Considerando que *Sebastiania commersoniana* é a espécie dominante dessa floresta, 96 bolsas receberam somente folhas de *S. commersoniana* e 48 bolsas receberam folhas de outras espécies da floresta. O primeiro conjunto de bolsas (96), foi denominado de bolsas com material foliar de branquilha. O segundo conjunto (48), foi denominado de bolsas com material foliar misto.

No campo, 48 bolsas com material foliar de branquilha foram distribuídas nas parcelas (9 e 11) que possuíam pequenas bacias de inundação, denominadas, neste trabalho, de ambientes com depressões. Outras 48 bolsas com material foliar de branquilha foram distribuídas nas parcelas mais elevadas (16 e 17), denominadas de ambiente com elevações. As 48 bolsas com material foliar misto foram distribuídas aleatoriamente nas parcelas (2 e 15), sem considerar as depressões e elevações.

As depressões no ambiente ripário são caracterizadas pela rugosidade de superfície do terreno. Essas depressões formam pequenas e médias bacias de inundações, que, no período chuvoso, ficam cheias de água. Elas variaram de 0,01 m² a 12 m² de tamanho, com desníveis na topografia do terreno formando microelevações de 5 cm a 35 cm de altura. As bolsas foram distribuídas dentro das parcelas com depressões maiores que 7,0 m²; e nas parcelas com elevações e superfície mais ou menos plana. Elevação de cerca de 10 cm de altura em relação às depressões.

Para instalação das bolsas, foi removida a camada superficial de serapilheira recém caída sobre o solo e cada sacola foi fixada no chão, próximas umas das outras, com piquete metálico e com etiqueta plástica colorida, para evitar a sua remoção e facilitar a sua localização.

O ensaio foi instalado em 10 de setembro de 2001. Planejou-se coletar as bolsas mensalmente por um período de 12 meses, sendo a primeira coleta realizada após 15 dias da instalação do ensaio, segundo a metodologia usada por LUIZÃO (1982). Entretanto, aos 240 dias (8 meses) deu-se por encerrado o presente ensaio, pois as

bolsas coletadas após 270 dias continham muitas misturas, dificultando a separação da amostra original e a quantificação do peso seco remanescente.

Mensalmente, em cada ambiente foram coletadas quatro bolsas aleatoriamente, totalizando 12 bolsas por mês. Acondicionadas em sacolas plásticas individuais, foram levadas ao laboratório no mesmo dia da coleta.

No Laboratório de Ecologia Florestal da UFPR, o material em decomposição foi depositado em bandejas plásticas e observados com lupa ótica os eventos visíveis sobre o material, tais como: redução das folhas, presença de macrofauna, de hifas e micélios de fungos, raízes, e outros eventos, que foram separados e registrados no bloco de anotações. Após a remoção de material estranho à amostra foliar, elas foram acondicionadas em saco de papel, etiquetado e levado à estufa de ventilação forçada e ar aquecido a 65 °C, a fim de determinar o peso da matéria seca remanescente.

Para análise química foram preparadas amostras compostas de material foliar de branquilha, amostras de material foliar misto e amostras de material foliar remanescente de 30, 60 e 90 dias de decomposição, em número de três amostras para cada tipo de material. As análises químicas de N, P, K, Ca e Mg foram realizadas no Laboratório de Solos e Nutrição Florestal da Embrapa Florestas, Colombo – PR, e determinadas de acordo com o procedimento metodológico daquele laboratório.

Para as análises estatísticas, os dados de peso da matéria seca remanescente, expressos em porcentagem, foram transformado em $\text{asen}\sqrt{(X)/100}$, de acordo as recomendações de BANZATTO e KRONKA (1995).

Em função das inundações, testaram-se vários modelos alternativos ao modelo exponencial ($Y = a \cdot X^b$) de decomposição, descrito na literatura, procurando o que melhor descrevessem os dados obtidos nessas condições.

Deste modo, as curvas foram ajustadas para cada ambiente com base nas seguintes equações de regressão linear múltipla:

$$(1) Y = \beta_0 + \beta_1 t \text{ (ambiente com depressão e misto);}$$

$$(2) Y = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2 \text{ (ambiente elevado),}$$

onde: $Y = (a \text{sen} \sqrt{(X)/100})$;

X = peso seco remanescente em porcentagem;

β_0 , β_1 , e β_2 = coeficientes de regressão e

t = tempo de decomposição em mês do ano.

A escolha destas equações foi efetuada com base nos seguintes critérios: o maior coeficiente de determinação ajustado em porcentagem ($(R^2_{aj}(\%))$); o menor erro padrão da estimativa (S_{yx}); o menor coeficiente de variação em porcentagem ($S_{yx}(\%)$); os coeficientes (β_0 , β_1 , e β_2) de regressão significativos e a distribuição gráfica dos resíduos, em porcentagem, não tendenciosa, segundo considerações gerais para escolha do melhor modelo descrito por AZEVEDO *et al.* (1999).

3.2.3.2.2 Decomposição pelo Método Direto – Ensaio 2

O ensaio 2, denominado de decomposição sazonal pelo método direto, foi conduzido no período de 21/março/2002 a 20/março/2003, coincidindo com o mesmo período de amostragem de avaliação pelo método indireto da decomposição. No ensaio 2 foram empregadas 48 bolsas por estação. Utilizou-se material foliar misto (folhas de diferentes espécies, inclusive folhas de branquilha), coletado sempre na estação anterior ao ensaio de decomposição, de acordo com a metodologia descrita em 3.2.3.2.

No campo, as bolsas foram distribuídas aleatoriamente em quatro parcelas permanentes (100m²). Foram evitadas que as bolsas fossem fixadas nas parcelas com depressão muito grande, e também nas parcelas com pequenas depressões.

As coletas foram realizadas aos 30, 60, 90 e 120 dias, após a instalação do experimento. O período de cada estação foi estendido por mais 30 dias para evitar a influência do período de transição entre uma estação e outra. A cada período de coleta, foram resgatadas três bolsas/parcela, num total de 12 sacolas/mês.

No laboratório, o material foliar das bolsas foi separado dos demais materiais estranhos à amostra, tais como: insetos, minhocas, raízes, terra, etc. Em seguida, as

amostras foram acondicionadas em sacolas de papel, e levadas à estufa de ventilação forçada e ar aquecido a 65 °C, a fim de determinar o peso da matéria seca remanescente.

Para efeito das análises estatísticas, foi utilizado o delineamento experimental, inteiramente casualizado, por meio do seguinte modelo matemático:

$$X_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{(ij)},$$

onde:

X_{ij} = variável dependente a ser analisada (peso seco remanescente);

μ = média geral;

α_i = efeito das variáveis i 's, estação do ano (verão, outono, inverno e primavera);

β_j = efeito das variáveis j 's, período em dias (30, 60, 90 e 120 dias);

$\alpha\beta_{ij}$ = efeito da interação das variáveis i 's estação do ano ($i = 1,2,3,4$) com as j 's período ($j = 1,2,3,4$);

$\varepsilon_{(ij)}$ = erro experimental.

3.2.4 Obtenção de Dados Complementares

3.2.4.1 Dados Meteorológicos

Além da série das normais climatológicas, de 1961 – 1990 (BRASIL, 1992), foram utilizados dados meteorológicos observados durante o período de dois anos de ensaios de campo (junho/2001 – junho/2003).

Dados de precipitação e temperatura foram obtidos no próprio local do estudo pela Estação Climatológica Automática da REPAR, em Araucária – PR. Dados de velocidade dos ventos foram obtidos pela Estação Climatológica de Curitiba - PR, fornecidos pelo SIMEPAR. Os dados de umidade relativa do ar (UR) foram estimados com base nas médias registradas nas estações climatológicas de Lapa, Curitiba e

Araucária. Isto ocorreu devido os registros da estação da REPAR, apresentarem erros de medições da umidade, em determinados períodos do ano (Anexo 1).

A luminosidade foi monitorada através de luxímetro, com frequência semanal de coletas no interior e fora da floresta no mesmo horário e local, durante 18 meses. Neste trabalho foram utilizados os dados correspondentes ao período de janeiro a dezembro de 2002.

3.2.4.2 Dados do Lençol Freático

Os dados de variação do nível do lençol freático, no período de ago/01 - dez/02, foram obtidos por medição direta nos piezômetros, conforme metodologia descrita por BARDDAL (2002). As médias foram usadas na análise de correlação com a produção e a decomposição de serapilheira desse ambiente (Anexo 4).

3.2.4.3 Dados de Solos

A caracterização pedológica foi realizada por meio de 21 tradagens próximas ao centro de cada parcela, em toposeqüência do horizonte A para o C. As análises físicas e químicas foram realizadas no LSNF/Embrapa Florestas, conforme metodologia descrita por BARDDAL (2002). Para a determinação de carbono, foram preparadas 15 amostras de solo e enviadas ao Laboratório de Ecologia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria, RS (LEF/UFSM). O carbono orgânico foi determinado de acordo com o padrão de determinação de análise química do LEF/UFSM.

O presente trabalho foi executado como parte das pesquisas desenvolvidas na bacia hidrográfica do alto Iguaçu, realizada pela Universidade Federal do Paraná - UFPR, através do Departamento de Ciências Florestais, convênio com a Fundação da Universidade Federal do Paraná para o Desenvolvimento da Ciência, da Tecnologia e da Cultura - FUNPAR, com o apoio financeiro da Refinaria Presidente Getúlio Vargas – REPAR, além do apoio para as análises químicas de solo e tecido vegetal da Embrapa Florestas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 VEGETAÇÃO

4.1.1 Florística e Fitossociologia do Estrato Superior

Em 20 parcelas permanentes do presente estudo, as análises florísticas demonstraram que o estrato arbóreo superior da Floresta Ombrófila Mista Aluvial apresenta as seguintes características: presença de 29 espécies botânicas pertencentes a 27 gêneros e 16 famílias (Tabela 3). As famílias de maior representatividade são Euphorbiaceae e Myrtaceae. A primeira composta por apenas duas espécies (*Sebastiania commersoniana* e *Sebastiania brasiliensis*); a segunda, composta por nove espécies (*Blepharocalyx salicifolius*, *Calypttranthes concinna*, *Campomanesia xanthocarpa*, *Eugenia uniflora*, *Eugenia uruguayensis*, *Myrceugenia glaucescens*, *Myrcianthes gigantea*, *Myrciaria tenella* e *Myrthinium atropurpureum*). Essas famílias compõem, respectivamente, 66% e 11% da cobertura vegetal da comunidade.

Segundo BARDDAL (2002), *Blepharocalyx salicifolius*, *Lithraea brasiliensis* e *Hovenia dulcis* (espécie exótica) despontam como espécies emergentes. Essa floresta caracteriza-se pela alta densidade (2.685 ind./ha) e indivíduos por múltiplos troncos (fustes), ou seja, cerca de 31% das árvores (Figura 4) da área estudada. De acordo esse autor, a ocorrência de múltiplos troncos pode estar associada às condições ambientais de saturação hídrica dos solos.

FIGURA 4 – ASPECTOS DAS ÁRVORES COM MÚLTIPLOS TRONCOS, FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL, RIO BARIGÜI, ARAUCÁRIA, PR



TABELA 3 - COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA DO ESTRATO SUPERIOR DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL, RIO BARIGÜI, ARAUCÁRIA, PR

Nº	FAMÍLIA	ESPÉCIE
1	ANACARDIACEAE	<i>Lithraea brasiliensis</i> March.
2	ANACARDIACEAE	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi.
3	ARECACEAE	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassm.
4	EUPHORBIACEAE	<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.
5	EUPHORBIACEAE	<i>Sebastiania commersoniana</i> (B.) L.B. Smith & R.J.Downs
6	FABACEAE	<i>Dalbergia frutescens</i> Britton
7	FLACOURTIACEAE	<i>Casearia cf. decandra</i> Jacq.
8	FLACOURTIACEAE	<i>Xylosma pseudosalzmanii</i> Sleum.
9	MELIACEAE	<i>Trichilia elegans</i> A.Jus.
10	MIMOSACEAE	<i>Inga cf. sessilis</i> Mart.
11	MIMOSACEAE	<i>Inga marginata</i> Willd.
12	MYRTACEAE	<i>Blepharocalyx salicifolius</i> Berg
13	MYRTACEAE	<i>Calyptanthes concinna</i> DC.
14	MYRTACEAE	<i>Campomanesia xanthocarpa</i> O.Berg
15	MYRTACEAE	<i>Eugenia uniflora</i> L.
16	MYRTACEAE	<i>Eugenia uruguayensis</i> Cambess.
17	MYRTACEAE	<i>Myrceugenia glaucescens</i> (Cambess.)D. Legrand.&Kauset.
18	MYRTACEAE	<i>Myrcianthes gigantea</i> (D. Legrand.)D. Legrand.
19	MYRTACEAE	<i>Myrciaria tenella</i> Berg
20	MYRTACEAE	<i>Myrthinium atropurpureum</i> Schott
21	OLEAECEAE	<i>Ligustrum vulgare</i> Linn.
22	RHAMNACEAE	<i>Hovenia dulcis</i> Tunb.
23	RHAMNACEAE	<i>Scutia buxifolia</i> Hutchinson & M. B. Moss
24	ROSACEAE	<i>Prunus cf. sellowii</i> Koehne. sp
25	RUBIACEAE	<i>Guettarda uruguaensis</i> Cham. & Schitdl.
26	SAPINDACEAE	<i>Allophylus edulis</i> Radlk. ex Warm.
27	SIMAROUBACEAE	<i>Picramnia parvifolia</i> Engl.
28	TILIACEAE	<i>Luehea divaricata</i> Mart.
29	VERBENACEAE	<i>Vitex megapotamica</i> (Spreng.) Moldenke

Fonte: Modificada de BARDDAL (2002).

Com base nos dados de 21 parcelas, a altura média dessa floresta foi estimada em 13,7 m; na qual se destacou a presença de indivíduos emergentes, com até 26,0 m de altura. O diâmetro médio (DAP) foi de 10,2 cm, variando de 5,1 cm a 44,9 cm. Estes resultados permitiram caracterizar essa floresta como de médio porte.

Analisando os dados de 21 parcelas permanentes, verificou-se que os resultados da análise florística foram similares aos apresentados por BARDDAL (2002), que utilizou os dados de 20 dessas parcelas. No entanto, nas análises fitossociológicas, observou-se um aumento na densidade (2.857 indivíduos/ha) de 6,4%. Considerando que 31% das árvores apresentam múltiplos troncos. Esta densidade pode aumentar para 4.557 indivíduos/ha, pressupondo-se que cada tronco é um indivíduo.

4.1.1.1 Incremento no Estrato Superior no período de 2001 a 2003

Examinando os dados de 21 parcelas permanentes, coletados em 2001 e 2003, verificou-se o incremento de 0,18 cm no DAP (Tabela 4); os indivíduos das parcelas 6, 9 e 18 apresentaram maiores incrementos, e os das parcelas 1, 4, 8, 13 e 20 não obtiveram incremento positivo. Para o número de troncos, foi observado um aumento médio de três novos troncos em 2003. Nas parcelas, este número variou de 0 a 22 novos indivíduos. No entanto, nesse período, não ocorreu a entrada de novas árvores no compartimento do estrato superior da floresta.

O incremento em DAP, em grande parte, pode ser explicado pela a entrada de novos troncos, configurando-se como um novo indivíduo nesse estrato da floresta. Desse modo, estes resultados sugerem que, em floresta com árvores de múltiplos troncos, o inventário de entradas e saídas de indivíduos, pelo número de troncos e não pelo número de árvores, pode ser mais efetivo para a compreensão ecológica da estrutura e da dinâmica da floresta.

Durante o levantamento, observou-se que as espécies arbóreas *S. commersoniana*, *B. salicifolius*, *M. tenella*, *M. atropurpureum* e *G. uruguensis* apresentaram maior tendência para desenvolverem múltiplos troncos. Enquanto que, as espécies *S. brasiliensis*, *S. terenbinthifolius*, *A. edulis* e *V. megapotamica* apresentaram maior incidência de bifurcação, abaixo de 2,0 m de altura.

TABELA 4 – NÚMERO DE ÁRVORES E NÚMERO DE TRONCOS EM 100m², DAP MÉDIO E INCREMENTO DO DAP NO PERÍODO, POR PARCELA, ANO 2001 E 2003, ESTRATO SUPERIOR DA FLORESTA

Parcela (100m ²)	2001*			2003**			Incremento DAP (cm)
	Nr. de árvores (100m ²)	Nr. de troncos (100m ²)	DAP Médio (cm)	Nr. de árvores (100m ²)	Nr. troncos (100m ²)	DAP Médio (cm)	
1	14	27	14,10	14	29	14,10	0,00
2	28	39	11,78	28	40	11,96	0,18
3	29	58	11,12	29	61	11,25	0,13
4	25	45	12,88	25	53	12,88	0,00
5	33	49	8,61	33	49	8,79	0,18
6	18	37	11,39	18	37	11,85	0,46
7	28	32	10,50	28	33	10,71	0,22
8	32	48	9,68	32	60	9,68	0,00
9	39	60	9,61	39	61	10,03	0,42
10	24	38	7,68	24	41	7,96	0,28
11	38	55	8,47	38	61	8,78	0,31
12	36	51	8,56	36	58	8,64	0,09
13	42	80	8,66	42	86	8,66	0,00
14	44	67	9,41	44	72	9,49	0,08
15	25	49	9,57	25	49	9,86	0,29
16	26	47	10,39	26	53	10,65	0,26
17	22	30	9,95	22	31	10,09	0,14
18	25	38	10,27	25	40	10,72	0,45
19	20	41	11,76	20	44	11,93	0,17
20	21	28	10,07	21	30	10,07	0,00
21	30	38	9,19	30	45	9,38	0,19
Média	29	46	10,17	29	49	10,36	0,18

Fonte: *BARDDAL (2002); **Medições diretas em 2003.

Na Tabela 5, são apresentadas as estimativas de densidade e área basal para o ano de 2001 e 2003. Considerando-se cada tronco um indivíduo, calculou-se a área basal (g) de cada indivíduo (m²/indivíduo) e a área basal (G) da comunidade (m²/ha). O incremento da área basal do estrato superior (G) foi estimado em função da densidade da comunidade, que quantifica o número de troncos/ha.

TABELA 5 – DENSIDADE, ÁREA BASAL E INCREMENTO DA ÁREA BASAL, POR PARCELA (ha), ANO 2001 E 2003, ESTRATO SUPERIOR DA FLORESTA

Parcela (ha)	2001*			2003**			Incremento Área basal (m ² /ha)
	Densidade	Área basal		Densidade	Área basal		
	Número de troncos/ha	(g) m ² /tronco	(G) m ² /ha	Número de troncos/ha	(g) m ² /tronco	(G) m ² /ha	
1	2700	0,0181	48,84	2900	0,0181	52,52	3,68
2	3900	0,0136	52,88	4000	0,0141	56,44	3,56
3	5800	0,0116	67,39	6100	0,0120	72,98	5,59
4	4500	0,0164	73,74	5300	0,0164	87,03	13,29
5	4900	0,0071	34,74	4900	0,0074	36,45	1,71
6	3700	0,0126	46,56	3700	0,0136	50,20	3,64
7	3200	0,0115	36,81	3300	0,0121	39,95	3,14
8	4800	0,0092	44,07	6000	0,0097	58,30	14,23
9	6000	0,0086	51,35	6100	0,0094	57,32	5,96
10	3800	0,0053	20,29	4100	0,0059	24,00	3,71
11	5500	0,0068	37,41	6100	0,0075	45,55	8,14
12	5100	0,0070	35,58	5800	0,0074	43,05	7,47
13	8000	0,0071	56,97	8600	0,0072	62,07	5,10
14	6700	0,0083	55,59	7200	0,0085	61,34	5,75
15	4900	0,0083	40,83	4900	0,0090	43,99	3,16
16	4700	0,0102	48,04	5300	0,0109	57,59	9,55
17	3000	0,0092	27,61	3100	0,0096	29,79	2,18
18	3800	0,0098	37,17	4000	0,0105	42,03	4,86
19	4100	0,0133	54,39	4400	0,0139	61,27	6,88
20	2800	0,0096	27,01	3000	0,0096	28,94	1,93
21	3800	0,0080	30,41	4500	0,0086	38,60	8,19
Média	4557	0,0101	44,18	4919	0,0105	49,97	5,80

Fonte: Estimativa com base nos dados de *BARDDAL (2002) e **Medições diretas em 2003.

As maiores densidades foram observadas nas parcelas 3, 8, 9, 11, 13 e 14, valores acima de 6.000 troncos/ha. Com exceção da 3 e 13, as demais parcelas possuem em comum o tipo de solo, Gleissolos Melânicos (Anexo 3A). Na parcela 13, a floresta possui uma densidade superior à das demais parcelas, e se encontra sobre solo Neossolos Flúvicos (solos Aluviais), nos quais o lençol freático é mais profundo. Na parcela 13, verificou-se também a ocorrência do indivíduo

(*Blepharocalyx salicifolius*) com maior número de troncos (sete), cuja soma do DAP de todos os troncos totalizou 126 cm. Portanto, sugere-se que as condições edáficas são os principais fatores que contribuíram para que a estrutura e a dinâmica da floresta, nesta parcela, sejam diferentes das demais.

Nas parcelas 10 e 20, foram observadas as menores estimativas de área basal (G); a primeira pode ser explicada pela ocorrência do menor DAP médio. A segunda, em virtude da menor densidade. Semelhante observação pode ser feita para as maiores estimativas de área basal (G); ou seja, na parcela 4 a área basal está relacionada ao maior DAP; a parcela 3 está relacionada à associação entre o maior DAP e a maior densidade.

A alta densidade proporcionada pela ocorrência de árvores com múltiplos troncos na floresta aluvial da bacia do alto Iguaçu, pode ser entendida como uma forma de adaptação e sobrevivência das espécies arbóreas à ocupação do espaço vertical e horizontal na planície aluvial. Essa estrutura pode aumentar a superfície de cobertura e a quantidade de biomassa da floresta.

Dentro do contexto do balanço hídrico, CICCO *et al.* (1986/88) relatam que o processo de evapotranspiração e a interceptação da precipitação dependem primariamente da capacidade de captação e retenção de água da superfície dos vegetais, cuja superfície está relacionada à estrutura e composição da cobertura vegetal.

Considerando-se o papel das florestas aluviais (ciliares) em relação à manutenção e conservação dos processos hidrológicos, essa alta densidade deve merecer maior atenção dos pesquisadores, a fim de investigar qual a importância desse fenômeno no desempenho da função ecológica e hidrológica desse ecossistema.

Outra informação sobre a estrutura dessa floresta, refere-se à altura total desse estrato. Variável, que pode estar relacionada com a evolução dos solos e o nível do lençol freático. Pela Figura 5, observa-se o ajuste da curva para estimativa da altura em 2003, cujo resultado mostrou coeficiente de correlação entre DAP x altura de 0,95, significativo ao nível de 1% de probabilidade.

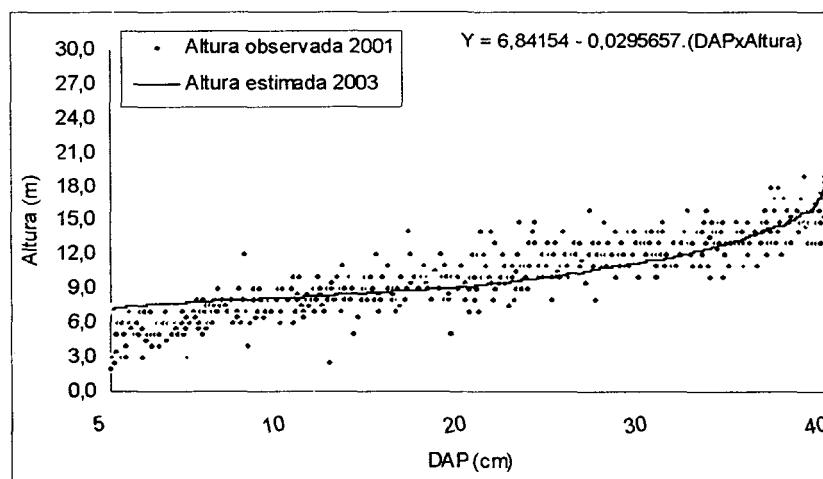
O incremento médio da altura total no período (2001 – 2003) foi de 0,010 m. No entanto, observou-se que a equação superestimou os valores abaixo de 5,0 m de

altura. Assim mesmo, pôde-se considerar que a estimativa foi satisfatória para 95% da amostragem, cujos valores estão compreendidos entre 6,0 m e 20 m de altura.

O maior incremento em altura (1,74 m) foi observado na parcela permanente onde ocorre a espécie exótica *H. dulcis*; cuja espécie contribuiu com 2,27 m do incremento periódico (2 anos) de altura, apresentando crescimento de 0,32 cm para o DAP, no período.

Verificou-se também que, nas parcelas 3, 4, 5, 7, 8, 9, 14, 16, 17, 18 e 20, o incremento médio em altura foi igual a zero. Ressaltando-se que nas parcelas 4, 8, 9, e 20 existem depressões (buracos), que acumulam água durante todo o período chuvoso da região (primavera e verão).

FIGURA 5 – CURVA AJUSTADA PARA ALTURA EM 2003, EM FUNÇÃO DA ALTURA OBSERVADA EM 2001 E DAP EM 2003, FLORESTA OMBRÓFILA MISTA, RIO BARIGÜI, ARAUCÁRIA, PR



É importante salientar que os resultados dendrométricos e fitossociológicos, associados ao nível do lençol freático e ao tipo de solo, sugerem que essa floresta está investindo em densidade. Essa densidade pode ser representada por meio de árvores com múltiplos troncos. Em observações de campo pôde-se constatar que as árvores mais altas sofrem com os ventos, por isso, frequentemente seus galhos são quebrados. As árvores com único fuste e com DAP maior que 20 cm, são as mais susceptíveis a cair e expor suas raízes grossas e superficiais. Registrou-se, também, que 85% das árvores mortas apresentavam um único fuste. Não obstante a

importância destes fenômenos, ressalta-se que os mesmos não fazem parte dos objetivos desse trabalho, portanto, precisam ser estudados para melhor entendimento da dinâmica dessa floresta.

4.1.2 Florística e Fitossociologia do Estrato Intermediário (Sub-Bosque)

Nesse estrato, foram registradas 39 espécies, distribuídas em 36 gêneros e 23 famílias botânicas (Tabela 6). As famílias mais relevantes foram Sapindaceae, com apenas duas espécies (*Allophylus edulis* e *Matayba elaeagnoides*); Myrtaceae, com 11 espécies (*Blepharocalyx salicifolius*, *Calypttranthes concinna*, *Eugenia uniflora*, *Eugenia uruguayensis*, *Gomidesia palustris*, *Myrceugenia glaucescens*, *Myrcia hatschachii*, *Myrcia laruotteana*, *Myrciaria tenella*, *Myrcianthes gigantea* e *Myrrhinium atropurpureum*) e Euphorbiaceae, com duas espécies (*Sebastiania commersoniana* e *Sebastiania brasiliensis*). Essas três famílias totalizam 66% da cobertura no estrato intermediário da floresta em estudo.

Os resultados da análise florística, confirmam os mesmos encontrados por BARDDAL (2002), que analisou 500 m² desse estrato da floresta. Nesse estudo, foram considerados os dados de 21 parcelas, totalizando 525 m².

As espécies mais importantes do sub-bosque foram *A. edulis*, *D. racemosa* e *M. tenella*, que apresentaram populações com alta densidade, respectivamente, 6.540 ind./ha; 2.240 ind./ha e 1.780 ind./ha; elas representam 54% dessa comunidade. Essas espécies possuem características de tolerância ao sombreamento e adaptadas a certo grau de hidromorfismo; e são típicas do sub-bosque da Floresta Ombrófila Mista Aluvial, rio Barigüi (BARDDAL, 2002 e CARVALHO 2003).

A densidade do sub-bosque foi estimada em 19.943 ind./ha, cerca de sete vezes maior que a comunidade do estrato superior (2.857 ind./ha) e 3,7 vezes menor do que a comunidade da regeneração (indivíduos abaixo de 1,30 m de altura), que apresentou cerca de 72.095 ind./ha (CARVALHO, 2003).

TABELA 6 - COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA DO ESTRATO INTERMEDIÁRIO DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL, RIO BARIGÜI, ARAUCÁRIA, PR

Nº.	FAMÍLIA	ESPÉCIE	Hábito
1	AQUIFOLIACEAE	<i>Ilex cf. brevicuspis</i> Reiss.	AR
2	ARECACEAE	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham) Glassman.	AR
3	CENELLACEAE	<i>Capsicodendron dinisii</i> (Schw.) Occhioni	AR
4	CELASTRACEAE	<i>Maytenus ilicifolia</i> (Burch. ex Loud.) Planch.	AR/AB
5	ERYTHROXYLACEAE	<i>Erythroxylum myrsinites</i> Mart.	AR
6	EUPHORBIACEAE	<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	AR/AB
7	EUPHORBIACEAE	<i>Sebastiania commersoniana</i> (B.) L.B. Smith & R.J.Downs	AR
8	FABACEAE	<i>Dalbergia frutescens</i> (Vell.)Britt.	AR/LI
9	FABACEAE	<i>Machaerium paraguariense</i> Hassl.	AR
10	FLACOURTIACEAE	<i>Casearia cf. decandra</i> Jacq.	AR/AB
11	FLACOURTIACEAE	<i>Xylosma pseudosalzmanii</i> Sleum.	AR/AB
12	LAURACEAE	<i>Nectandra cf. megapotamica</i> (Spreng) Mez.	AR
13	LAURACEAE	<i>Ocotea pulchella</i> Mart.	AR
14	LOGANIACEAE	<i>Strychnos brasiliensis</i> (Spreng.) Mart.	AR/LI
15	MELASTOMATAACEAE	<i>Miconia cinerascens</i> Miq.	SB
16	MELIACEAE	<i>Trichilia elegans</i> A. Juss.	AB
17	MYRSINACEAE	<i>Myrsine umbeliata</i> Mart.	AR
18	MYRTACEAE	<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O. Berg	AR
19	MYRTACEAE	<i>Calyptanthus concinna</i> DC.	AR/AB
20	MYRTACEAE	<i>Eugenia uniflora</i> L.	AR/AB
21	MYRTACEAE	<i>Eugenia uruguayensis</i> Cambess.	AR
22	MYRTACEAE	<i>Gomidesia palustris</i> (DC) D. Legrand.	AB
23	MYRTACEAE	<i>Myrceugenia glaucescens</i> (Camb.) D. Legrand&Kaus.	AR/AB
24	MYRTACEAE	<i>Myrcia hatschbachii</i> D. Legrand	AB
25	MYRTACEAE	<i>Myrcia laruttea</i> Cambess.	AR/AB
26	MYRTACEAE	<i>Myrciaria tenella</i> (DC) O. Berg..	AR/AB
27	MYRTACEAE	<i>Myrcianthes gigantea</i> (D.Legrand) D. Legrand	AR
28	MYRTACEAE	<i>Myrrhinium atropurpureum</i> Scott.	AR
29	OLEACEAE	<i>Ligustrum vulgare</i> L.	AR
30	PODOCARPACEAE	<i>Podocarpus lambertii</i> Klotzsch ex. Endl.	AR
31	RHAMNACEAE	<i>Scutia buxifolia</i> Hutchinson & M. B. Moss	AR/AB
32	RUBIACEAE	<i>Guettarda uruguensis</i> Cham. & Scott.	AB
33	RUBIACEAE	<i>Rudgea parquoides</i> Cham. & Mull. Arg.	AB
34	SAPINDACEAE	<i>Allophylus edulis</i> Radlk. ex Warm.	AR
35	SAPINDACEAE	<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	AR
36	SIMAROUBACEAE	<i>Picramnia parvifolia</i> Engl.	AR.
37	SYMPLOCACEAE	<i>Symplocos uniflora</i> (Pohl) Benth.	AR/AB
38	THYMELAEACEAE	<i>Daphnopsis racemosa</i> Griseb.	AR
39	VERBENACEAE	<i>Vitex megapotamica</i> (Spreng.) Moldenke	AR

Fonte: BARDDAL, 2002

Hábito de crescimento: AR = arbóreo, AB = arbustivo, LI = liana, SB = subarbusto

A alta densidade, tanto do compartimento superior como do sub-bosque, foi uma característica também observada nos levantamentos executados por ZILLER (1993); BUFREM (1997); BARDDAL *et al.* (2001); FUNPAR (2001 e 2002); BARDDAL (2002) e CARVALHO (2003) realizados no alto Iguaçu e seus afluentes.

Essa alta densidade sugere que a floresta, nesse segmento da bacia do alto Iguaçu, esteja passando por uma fase de estabilidade, que resultou da dinâmica dos processos de deposição de sedimentos, menor saturação hídrica e maior deposição de matéria orgânica. Todos esses fatores ocorrem, principalmente, devido à retificação e drenagem do rio Iguaçu e seus afluentes, em consequência da pressão urbana e industrial sobre as planícies aluviais.

Por outro lado, descendo o rio Iguaçu, onde os rios não foram retificados e drenados e passam por atividades de mineração e pecuária, observa-se que, as planícies aluviais apresentam maior instabilidade. Provavelmente, a sua área de inundação esteja duplicada e recebendo maior quantidade de sedimentos. Com as inundações freqüentes, as florestas aluviais estão sofrendo maior nível de perturbação, e o sub-bosque é mais esparso, em alguns trechos somente as gramíneas predominam sob o dossel da floresta. Com isso, a capacidade da floresta em desempenhar a sua função no processo hidrológico, pode estar ameaçada.

A ocorrência de alta densidade no sub-bosque, com espécies tolerantes ao sombreamento, pode melhorar o controle da quantidade e qualidade de água da microbacia. Este processo ocorre, devido o aumento da capacidade da cobertura vegetal em reter maior quantidade de água no período chuvoso. Também pode gerar menor transpiração e evaporação no período seco; além de formar uma barreira contra as impurezas carregadas com as chuvas, antes de chegar ao rio.

CICCO *et al.* (1986/88) explicam que, durante o período chuvoso, a interceptação pela cobertura vegetal é o processo mais importante no aumento e diminuição do deflúvio. Já no período seco, o consumo de água da cobertura vegetal, no processo de transpiração e evaporação constitui-se principalmente de água acumulada no solo.

Com referência ao ciclo biogeoquímico, as florestas dependem da entrada de nutrientes minerais via atmosfera. Por isso, as chuvas constituem-se num importante meio de transporte de nutrientes para esses ecossistemas (VITOUSEK, 1984). Conduto, a precipitação, que atravessa a copa das árvores, e escoam pelos troncos

lixivia grande parte dos nutrientes minerais da superfície vegetal (PRITCHETT, 1979). Considerando-se as perdas potenciais de nutrientes, alguns autores sugerem que algumas espécies florestais, ao longo do processo de adaptação, desenvolveram mecanismos capazes de capturar nutrientes minerais e armazená-los, a fim de repor os estoques perdidos com o processo de lixiviação.

Segundo JORDAN (1985), nas florestas tropicais pluviais ocorre alto potencial de perdas de nutrientes por lixiviação, para compensar essas perdas, algumas espécies desenvolveram uma grande variedade de mecanismos de conservação de nutrientes, que reduzem essas perdas. O autor cita, como exemplos, o acúmulo de biomassa e nutrientes acima do solo; a grande quantidade de biomassa nas raízes próximas ou na superfície do solo; folhas de superfície longa ou resistente; ritidoma espesso e a associação a micorrizas e epífitas, dentre outros.

Na floresta em estudo, pôde-se perceber alguns desses mecanismos, tais como: folhas de *S. commersoniana* com escleromorfia, *B. salicifolius* com ritidoma espesso, *S. terebinthifolius*, apresentando alta associação com epífitas. Mas, principalmente, grande acúmulo de biomassa, graças aos múltiplos troncos. HOLSBACH *et al.* (2003) estimaram em 182,04 ton/ha a biomassa arbórea para o compartimento superior dessa floresta.

Além desses mecanismos, é importante haver sincronia no aspecto ecofisiológico das espécies dessa comunidade. Observações de campo mostraram que *A. edulis*, *M. tenella*, e *S. brasiliensis* comportaram-se como espécies semi-perinifólias, com maior deposição foliar antes da principal espécie do dossel, *S. commersoniana*, que apresenta comportamento caducifólio (Anexo 2). A sincronia na fenofase dessas espécies, provavelmente favorece a entrada de luz no interior da floresta e o processo de reprodução e regeneração das espécies, no compartimento intermediário da comunidade.

4.1.2.1 Incremento no Estrato Intermediário no período de 2001 a 2003

Com base nos dados coletados em 2001 e 2003 (Tabela 7), foram calculados os incrementos periódicos do diâmetro basal e altura total por parcela permanente (25 m²). Os indivíduos desse compartimento apresentaram um incremento médio

periódico em diâmetro basal de 0,10 cm. Nas parcelas 18, 2, 3, 6 14 e 16 ocorreram os maiores incrementos. Com exceção das parcelas 6 e 14, as demais estão sobre solos Gleissolos Háplicos (Anexo 3A). As parcelas 1, 5, 7, 8, 9, 10, 11 e 19 não apresentaram incremento positivo, e mais de 60% destas parcelas encontram-se sobre solos Gleissolos Melânicos.

TABELA 7 – NÚMERO DE INDIVÍDUOS, MÉDIAS DE DIÂMETRO BASAL, ALTURA TOTAL E INCREMENTO DO DIÂMETRO E DA ALTURA POR PARCELA, ANO 2001 E 2003, ESTRATO INTERMEDIÁRIO DA FLORESTA

Parcela (25m ²)	2001*			2003**			Incremento	
	Nr. de ind./25m ²	Diâmetro basal (cm)	Altura (m)	Nr. de ind./25m ²	Diâmetro basal (cm)	Altura (m)	Diâmetro basal (cm)	Altura (m)
1	50	1,75	2,19	51	1,75	2,19	0,00	-0,0012
2	58	1,59	2,05	58	1,84	2,24	0,25	0,1877
3	62	2,28	2,50	68	2,54	2,80	0,25	0,2995
4	52	1,51	2,23	57	1,60	2,17	0,08	-0,0585
5	38	1,85	2,05	38	1,85	1,97	0,00	-0,0847
6	56	1,85	2,06	58	2,09	2,19	0,24	0,1259
7	54	1,60	1,78	55	1,60	1,60	0,00	-0,1824
8	60	2,19	2,92	63	2,19	2,67	0,00	-0,2555
9	15	3,01	3,67	17	3,01	2,88	0,00	-0,7873
10	26	2,35	2,04	30	2,35	1,75	0,00	-0,2888
11	44	2,48	3,46	47	2,48	3,05	0,00	-0,4089
12	36	2,65	2,94	36	2,75	3,19	0,10	0,2519
13	45	1,45	2,08	53	1,54	2,05	0,09	-0,0300
14	22	4,15	4,24	23	4,36	4,91	0,21	0,6655
15	42	1,60	2,10	47	1,69	2,20	0,09	0,0907
16	90	1,35	1,97	92	1,55	2,04	0,20	0,0738
17	51	1,86	2,45	53	1,92	2,45	0,06	-0,0053
18	68	2,17	2,26	72	2,44	2,43	0,28	0,1682
19	49	1,66	1,81	53	1,66	1,65	0,00	-0,1608
20	43	2,54	2,31	47	2,63	2,44	0,08	0,1370
21	86	1,90	2,47	87	2,08	2,76	0,18	0,2951
Média	50	2,09	2,46	53	2,19	2,46	0,10	0,0015

Fonte: * BARDDAL (2002) e ** Medições Diretas em 2003.

Analisando o incremento em altura, verificou-se que 52% das parcelas apresentaram incremento negativo; tal fato ocorreu, provavelmente, por causa de

indivíduos quebrados, principalmente os menores de 2,0 m de altura. No ambiente da floresta em estudo, várias medições estão sendo realizadas, tais como: monitoramento do lençol freático, produção de serapilheira, observação de fauna e estudos fenológicos. Tais perturbações antrópicas, bem como a queda de galhos, podem ter provocado danos aos indivíduos do estrato intermediário e da regeneração.

Destacando-se o incremento em altura por parcela, observa-se por meio da Tabela 7, que os indivíduos das parcelas 14 e 3 apresentaram os maiores incrementos em altura. O maior incremento negativo foi na parcela 9, que além de sofrer perturbação antrópica, por estar próxima de uma trilha, 40% da área dessa parcela (100m²) encontra-se comprometida com uma depressão, permanentemente inundada durante o período chuvoso.

Com referência a densidade, verificou-se que em 86% das parcelas, ocorreram ingressos de novos indivíduos no estrato intermediário (sub-bosque), com destaque para o aumento de densidade nas parcelas 13 e 3 (Tabela 8).

Outra observação importante é que as parcelas 1, 2, 3, 4, 7, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 21, estão sobre Gleissolos Háplicos, e apresentaram maior densidade e maior incremento, se comparadas às parcelas sobre Gleissolos Melânicos (Anexo 3A).

Observando-se os dados de área basal (G), verificou-se que os indivíduos das parcelas 3, 18 e 20 foram os que apresentaram os maiores incrementos no período. Analisando as parcelas 3 e 18, pôde-se constatar que o acréscimo em área basal ocorreu em consequência do resultado conjunto do incremento em diâmetro e densidade. Contudo, na parcela 20, o incremento de densidade (1600 ind./ha) foi o principal responsável pelo resultado em área basal de 4,63 m²/ha (Tabela 8). Ressalta-se também que, por causa da localização destas parcelas, os indivíduos desta comunidade foram os que sofreram o menor impacto negativo da perturbação antrópica.

Os menores incrementos de área basal foram verificados nas parcelas 1, 5, 7, 11 e 17. Com exceção da parcela 17, o resultado das demais parcelas pode estar relacionado aos menores incrementos em diâmetro basal e os menores incrementos em densidade. Outro fato, que pode ter contribuído com os resultados de menores

incrementos em área basal, nas parcelas 5, e 11, foi à frequência de indivíduos de *Daphnopsis racemosa*, mortos e tombados, com sinais visíveis de senescência.

TABELA 8 – DENSIDADE, ÁREA BASAL E INCREMENTOS DA DENSIDADE E ÁREA BASAL (ha), ANO 2001 E 2003, ESTRATOS INTERMEDIÁRIO DA FLORESTA

Parcela (ha)	2001*			2003**			Incremento	
	Densidade Nr.ind./ha	Área basal		Densidade Nr.ind./ha	Área basal		Densidade (Nr.ind./ha)	Área basal (m ² /ha)
		(g) (m ² /árvore)	(G) (m ² /ha)		(g) (m ² /árvore)	(G) (m ² /ha)		
1	20000	0,00027	5,33	20400	0,00028	5,64	400	0,31
2	23200	0,00023	5,32	23200	0,00032	7,35	0,0	2,03
3	24800	0,00085	21,00	27200	0,00102	27,76	2400	6,76
4	20800	0,00024	4,89	22800	0,00031	7,00	2000	2,11
5	15200	0,00039	5,93	15200	0,00041	6,20	0,0	0,27
6	22400	0,00044	9,75	23200	0,00055	12,72	800	2,98
7	21600	0,00032	7,01	22000	0,00036	7,82	400	0,81
8	24000	0,00051	12,19	25200	0,00057	14,26	1200	2,07
9	6000	0,00107	6,44	6800	0,00115	7,79	800	1,35
10	10400	0,00068	7,12	12000	0,00075	8,97	1600	1,85
11	17600	0,00060	10,58	18800	0,00060	11,35	1200	0,77
12	14400	0,00073	10,52	14400	0,00087	12,57	0,0	2,05
13	18000	0,00022	4,03	21200	0,00025	5,35	3200	1,32
14	8800	0,00362	31,84	9200	0,00378	34,76	400	2,91
15	16800	0,00027	4,48	18800	0,00031	5,79	2000	1,31
16	36000	0,00018	6,48	36800	0,00023	8,61	800	2,13
17	20400	0,00042	8,53	21200	0,00045	9,46	800	0,92
18	27200	0,00094	25,61	28800	0,00109	31,25	1600	5,64
19	19600	0,00075	14,65	21200	0,00078	16,53	1600	1,88
20	17200	0,00124	21,31	18800	0,00138	25,95	1600	4,63
21	34400	0,00037	12,62	34800	0,00045	15,69	400	3,07
Média	19943	0,00068	13,61	21047	0,00076	15,92	1105	2,25

Fonte: *BARDDAL (2002) e **Medições Diretas em 2003.

Segundo BARDDAL (2003), *D. racemosa* é a terceira espécie em valor de importância (27,16), no estrato intermediário dessa floresta, resultado obtido sobretudo em função da sua alta densidade (2.240 ind./ha).

De modo geral, os resultados das análises florística, fitossociológica e de incremento por parcela ajudaram no entendimento dos processos de produção e decomposição de serapilheira. Porém, uma avaliação detalhada do incremento por espécie necessita ser realizada, a fim de um melhor conhecimento da dinâmica dessa floresta.

4. 2 PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA

A produção de serapilheira total para a Floresta Ombrófila Mista Aluvial estudada foi estimada em $9,44 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, coeficiente de variação de 5,52%, considerando coletas mensais, durante o período de dois anos (junho/2001 a maio/2003). Estes valores estão acima dos $8,30 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, encontrados por FLOSS; CALDATO e BOHNER (1999), em uma Floresta Ombrófila Mista em Santa Catarina, assim como a produção de $7,70 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, estimada por FIGUEIREDO FILHO *et al.* (2003), em uma Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo, PR.

Por outro lado, os valores estimados no presente estudo estão próximos dos valores encontrados para florestas ciliares, da região da Floresta Estacional Semidecidual (ARROYO FILHO e SCHLITTLER, 1996; PAGANO e DURIGAN, 2000), cujas estimativas variaram de $9,18 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ a $9,97 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$.

Pela Tabela 9, observa-se também que as florestas sob condições edáficas com certo grau de hidromorfismo, tais como as florestas de várzea, ciliar ou aluvial apresentam tendência a depositar maior quantidade de serapilheira, quando comparadas às florestas da mesma região fitogeográfica. Tais produções, podem estar associadas à presença de espécies caducifólias, no ambiente aluvial. Essas espécies depositam uma grande quantidade de folhas num determinado período do ano.

Na composição da serapilheira total, a fração folha participou com 62,39%, galhos com 18,41% e miscelânea com 19,20%. A fração foliar foi a mais importante e determinante na quantidade de serapilheira total. De acordo com BRAY e GORHAM (1964), nessa mesma faixa de latitude da área em estudo, as folhas participam com cerca de 60% a 80% da serapilheira total produzida anualmente.

TABELA 9 – ESTIMATIVAS DE PRODUÇÃO ANUAL DE SERAPILHEIRA, ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$) EM DIFERENTES ECOSISTEMAS

Tipo de floresta	Serapilheira ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$)	Fração foliar (%)	Autores
FODterra firme – Belém, PA	7,29	83,6	Silva e Lobo, 1982
FODvárzea – Belém, PA	8,59	76,1	Silva e Lobo, 1982
FODmontana–B.Colorado, Panamá	10,48	-	Golley <i>et al.</i> , 1978
FODciliar – B. Colorado, Panamá	11,61	-	Golley <i>et al.</i> , 1978
FODDipterocarpaceae, Sarawak	7,70	70,1	Anderson <i>et al.</i> , 1983
FODaluvial – Mulu, Sarawak	9,40	70,2	Anderson <i>et al.</i> , 1983
FES – Rio Claro, SP	8,64	62,6	Pagano, 1989
FESciliar – Rio Claro, SP	9,18	65,8	Arroyo Filho e Schlittler, 1996
FESciliar – Marília, SP	9,97	74,5	Pagano e Durigan, 2000
FESciliar – Tarumã, SP	9,74	73,0	Pagano e Durigan, 2000
FOM – São Mateus do Sul, PR	6,50	62,5	Britez <i>et al.</i> , 1992
FOM – Caçador, SC, tipo 2,	8,33	-	Floss <i>et al.</i> , 1999
FOM – Colombo, PR	7,55	63,0	Galvão <i>et al.</i> , 2000
FOM – S.J. do Triunfo, PR	7,74	57,0	Figueiredo Filho <i>et al.</i> , 2003
FOMaluvial – Araucária, PR	9,44	62,4	Presente estudo

Legenda: FOD=Floresta Ombrófila Densa; FES= Floresta Estacional Semidecidual; FOM= Floresta Ombrófila Mista.

Verificando-se os dados da Tabela 9, constatou-se que as folhas contribuíram com cerca de 65,8% a 74,5% na composição da serapilheira total (ANDERSON *et al.*, 1983; ARROYO FILHO e SCHLITTLER, 1996; PAGANO e DURIGAN, 2000). Na Floresta Ombrófila Mista, BRITTEZ *et al.* (1992) e GALVÃO *et al.* (2000) quantificaram a participação das folhas em 62,5% e 63,0%, respectivamente. Por outro lado, FIGUEIREDO FILHO *et al.* (2003) observaram em outra floresta com araucária que ao longo de dois anos, a contribuição foliar variou de 45,0% a 63,9%; média de 57,0% do total de serapilheira, produzida anualmente. Diante desses resultados, verificou-se que a porcentagem de folhas obtidas no presente estudo, encontra-se abaixo dos valores encontrados para florestas ciliares e dentro do padrão de produção foliar para Floresta Ombrófila Mista.

4.2.1 Produção Sazonal de Serapilheira

Os resultados de produção agrupados por estações do ano (Tabela 10), demonstraram que a maior produção de serapilheira ocorreu no inverno (1.002,00 kg/ha), e a menor produção foi observada no verão (653,58 kg/ha). Considerando-se as frações de serapilheira, a maior deposição da fração foliar ocorreu no inverno; de galhos e miscelânea coincidiram com a primavera. Verificou-se também que, a produção de serapilheira total acompanhou a tendência das maiores médias de deposição de folhas, galhos e miscelânea, no período do inverno e na primavera.

Os resultados de produção sazonal de serapilheira observados na floresta em estudo diferem da produção registrada para florestas com araucária, cuja maior produção ocorre na primavera (BRITZ *et al.*, 1992; FLOSS; CALDATO e BOHNER, 1999; FIGUEIREDO FILHO *et al.*, 2003). Diferem da estacionalidade de produção das florestas temperadas, que ocorre no outono (MASON, 1980). No entanto, aproxima-se da época de maior produção das florestas tropicais, nas quais, esse fenômeno ocorre no período de menor precipitação do ano, de junho a outubro (LUIZÃO, 1982); e coincide a produção das florestas estacionais, nas regiões subtropicais do Brasil (PAGANO e DURIGAN, 2000).

TABELA 10 – MÉDIAS DE SERAPILHEIRA PARA A FRAÇÃO FOLHAS, GALHOS, MISCELÂNEA E SERAPILHEIRA TOTAL, POR ESTAÇÃO DO ANO (kg/ha) E RESPECTIVOS DESVIOS PADRÕES

Estação	Folhas	Galhos	Miscelânea	Total
	kg/ha (%)			
Verão	379,34 (± 7,24)	120,76 (± 19,63)	153,48 (± 7,96)	653,58 (± 23,69)
Outono	535,12 (± 15,15)	127,49 (± 23,72)	69,43 (± 4,20)	732,04 (± 29,55)
Inverno	719,97 (± 12,96)	148,02 (± 30,30)	133,97 (± 6,71)	1.002,00 (± 31,09)
Primavera	328,73 (± 14,28)	182,98 (± 50,00)	247,19 (± 12,45)	758,90 (± 56,70)
Média	490,79 (± 13,40)	144,81 (± 17,48)	151,02 (± 6,44)	786,62 (± 21,97)
Total	5.889,43	1.737,72	1.812,20	9.439,36

Nos estudos realizados na Floresta Ombrófila Mista, quando a produção de serapilheira da planície aluvial é avaliada em conjunto com a produção oriunda do interflúvio, a deposição concentra-se na primavera (BRITEZ *et al.*, 1992; FLOSS; CALDATO; BOHNER, 1999). Essa diferença ocorre principalmente por causa da dominância de *Araucaria angustifolia* e *Ocotea* spp, espécies que produzem maior quantidade de serapilheira na primavera. Na planície aluvial, predominam o branquilha (*S. commersoniana*), cujos resultados deste trabalho demonstraram que a maior deposição foliar ocorre no inverno.

Analisando a fração miscelânea, observou-se que a produção foi aumentando com o período do inverno (133,97 kg/ha), acentuando-se na primavera (247,19 kg/ha), e decrescendo no verão (153,48 kg/ha). Estas variações, coincidem com o período de floração, frutificação e dispersão de sementes das espécies dominantes nessa floresta (Anexo 2). Na fração miscelânea, junto com os resíduos reprodutivos, verificaram-se fragmentos epifíticos, principalmente avasculares, que se desprendem dos galhos e fuste das árvores, durante o período mais quente e chuvoso do ano.

Para a fração galhos, percebeu-se um comportamento sazonal mais regular, cuja produção apresenta o seguinte padrão: verão > outono > inverno > primavera. O aumento da deposição de galhos no inverno, possivelmente está associado à maior deposição de folhas. Entretanto, na primavera, poderá estar relacionado com dois fenômenos observados na área de estudo. O primeiro, associado a chuvas e ventos, principalmente na primavera. O segundo, pelo ataque de cerambicídeo *Oncideres* spp, (serrador ou serra-pau), que ocorre em meados de setembro, prolongando-se até o início do verão (janeiro), principalmente atacando *Blepharocalyx salicifolius* e demais mirtáceas. HUBER e OYARZUN (1983), citados por HAAG *et al.* (1985) verificaram maior queda de acículas de *Pinus radiata*, relacionada com a época em que ocorriam os maiores temporais. BRITEZ *et al.* (1992) relatam que a maior queda de galhos no mês de janeiro ocorreu devido às intensas chuvas e ventos incidentes nesse mês. Portanto, além da desrama natural, os temporais são os principais causadores de deposição de galhos.

Pela Tabela 11, verifica-se a análise do teste “t” de comparação de médias de produção de serapilheira, entre as estações do ano 1 e do ano 2. As médias de produção de folhas apresentaram diferenças significativas pelo teste “t” no outono e

no inverno, cujas estações do ano concentraram as maiores produções foliares. Essas diferenças, possivelmente estão relacionadas às variações de temperaturas. Comparando as médias de temperatura mínima do outono do primeiro ano (9,5 °C) e do segundo ano (7,3 °C), verificou-se que no segundo ano as médias de temperatura mínima foram menores; resultados semelhantes foram observados no inverno; no segundo ano (0,96 °C), as temperaturas mínimas foram mais baixas quando comparadas com as do primeiro ano (1,3 °C). Essas pequenas variações de temperatura, podem explicar tais diferenças nas médias de produções foliares no outono e inverno.

TABELA 11 -TESTE "t" DE COMPARAÇÃO DE MÉDIAS PARA AS FRAÇÕES FOLHA, GALHO, MISCELÂNEA E SERAPILHEIRA TOTAL, ENTRE ESTAÇÕES DO ANO 1 (JUN/01 A MAIO/02) E ANO 2 (JUN/02 A MAIO/03)

Estação	Ano 1	Ano 2	GI	T	p <
FOLHAS (kg.ha⁻¹)					
Verão	379,10	379,58	20	0,03	0,9739 ns
Outono	462,34	607,89	20	7,18	0,0001 **
Inverno	693,78	746,13	20	2,10	0,0419 *
Primavera	305,07	352,39	20	1,69	0,9800 ns
Média	460,07	521,50	83	2,31	0,02141 *
GALHOS (kg.ha⁻¹)					
Verão	128,68	112,83	20	1,22	0,3040 ns
Outono	124,54	130,44	20	0,37	0,7139 ns
Inverno	164,63	131,40	20	1,68	0,1006 ns
Primavera	100,33	265,63	20	7,38	0,0001 **
Média	129,55	160,08	83	2,67	0,0084 **
MISCELÂNEA (kg.ha⁻¹)					
Verão	154,17	152,79	20	0,85	0,9322 ns
Outono	80,79	58,08	20	2,95	0,0053 **
Inverno	158,65	109,29	20	4,44	0,0001 **
Primavera	270,61	223,77	20	1,94	0,5881 ns
Média	166,05	135,98	83	2,36	0,0191 *
SERAPILHEIRA TOTAL (kg.ha⁻¹)					
Verão	661,95	645,20	20	1,02	0,3125 ns
Outono	667,67	796,41	20	2,53	0,0154 *
Inverno	1017,06	986,82	20	1,58	0,1211 ns
Primavera	676,01	841,79	20	5,92	0,0001 **
Média	755,67	817,55	83	2,85	0,0048**
Total Anual	9068,04	9810,60			

(*) significativo a nível de 5% de probabilidade; (**) significativo a nível de 1% de probabilidade; (ns) não significativo.

Analisando a fração galhos, o teste “t” mostrou diferenças somente entre as médias da primavera. Provavelmente essa diferença está relacionada à velocidade dos ventos. Na primavera do ano 2, a velocidade média dos ventos foi maior do que na primavera do ano 1 (Anexo 1).

Para a fração miscelânea, foram observadas diferenças significativas no outono e no inverno, épocas de menores deposições desta fração. Estes resultados sugerem que, para as menores médias não existe uma periodicidade e provavelmente, dependem das variações pluviométricas e da temperatura sobre as frações orgânicas, denominadas de miscelânea, propriamente dita. Para as maiores taxas de deposição desta fração, os resultados sugerem maior regularidade na primavera e verão, período que coincide com a floração, frutificação e dispersão de sementes das espécies arbóreas.

Verificou-se para a produção de serapilheira total, diferença significativa no outono e na primavera, estações no ano com maior instabilidade climática na região do estudo (Anexo 1). No entanto, as taxas de deposição de serapilheira total foram mais estáveis, no inverno e no verão, consideradas como estações mais definidas da região.

As análises de produção sazonal demonstraram que a maior produção de serapilheira ocorreu no inverno e a menor no verão. Esses resultados indicam que no ecossistema da Floresta Ombrófila Mista Aluvial, rio Barigüi, existe uma certa periodicidade fenológica, acompanhada pela estacionalidade climática da região.

4.2.2 Estimativa Mensal de Produção de Serapilheira

No detalhe da produção mensal de folhas, galhos, miscelânea e serapilheira total (Tabela 12), observou-se que a maior deposição de folhas ocorreu nos meses de julho e agosto, coincidindo com os meses de temperaturas mais baixas do ano (Anexo 1) e com a deiscência foliar de *S. commersoniana* (Anexo 2). Nos meses de dezembro, novembro e março ocorreram as menores produções foliares. Nessa época do ano, ocorrem as maiores médias de temperatura mensal e as maiores precipitações.

TABELA 12 – MÉDIAS DE PRODUÇÃO MENSAL POR FRAÇÃO FOLHA, GALHO, MISCELÂNEA E SERAPILHEIRA TOTAL, E SEUS RESPECTIVOS DESVIOS PADRÕES

Meses	Produção de serapilheira (kg.ha ⁻¹)			
	Folhas	Galhos	Miscelânea	Serapilheira Total
Janeiro	426,19 (± 77,82)	162,86 (± 74,58)	254,65 (± 85,12)	843,70 (±158,60)
Fevereiro	430,81 (± 92,92)	142,69 (± 82,03)	128,77 (± 62,05)	702,26 (± 157,70)
Março	281,02 (± 57,90)	56,71 (± 54,80)	77,02 (± 36,44)	414,75 (± 107,96)
Abril	581,75 (± 112,71)	163,14 (± 117,22)	122,22 (± 65,25)	867,12 (± 245,07)
Maiο	562,23 (± 144,89)	150,32 (± 108,78)	59,35 (± 25,04)	771,89 (± 245,44)
Junho	461,37 (± 188,93)	69,02 (± 74,42)	26,73 (± 12,58)	557,12 (± 189,90)
Julho	955,13 (± 222,23)	183,35 (± 128,52)	84,89 (± 55,35)	1223,37 (± 332,54)
Agosto	901,92 (± 266,80)	138,34 (± 116,98)	116,45 (± 44,88)	1156,71 (± 287,66)
Setembro	302,82 (± 108,85)	122,35 (± 77,25)	200,56 (± 73,55)	625,74 (± 124,28)
Outubro	577,40 (± 217,60)	226,12 (± 148,04)	288,82 (± 68,57)	1092,33 (± 318,80)
Novembro	225,20 (± 81,29)	210,90 (± 182,90)	260,91 (± 139,01)	697,01 (± 233,88)
Dezembro	183,59 (± 44,65)	111,92 (± 95,61)	191,85 (± 96,68)	487,36 (± 133,30)
Média	490,79 (± 108,90)	144,81 (± 119,80)	151,02 (± 108,89)	786,61 (± 334,41)
Total	5.889,43	1.737,72	1.812,20	9.439,36
(%)	62,39	18,41	19,20	100

Pela Figura 6, visualiza-se que a maior produção foliar concentrou-se nos meses do inverno. Contudo, no mês de outubro, em plena primavera, ocorreu um pico de deposição foliar, que pode estar associado à fenologia de *C. xanthocarpa* e *B. salicifolius*. Todavia, este fenômeno necessita ser melhor investigado nos próximos estudos de ciclagem de nutrientes nesse ambiente.

Em vários trabalhos, os autores observaram que a maior deposição foliar coincide com o período mais seco e frio. Atribuiu-se esse fenômeno às

características genéticas e ecofisiológicas das espécies, como resposta ao déficit hídrico, à queda de temperatura e ao menor fotoperíodo (DELITTI, 1998; CUNHA, 1993; PAGANO e DURIGAN, 2000). Outros autores, encontraram maior deposição de serapilheira no período mais chuvoso e quente, sugerindo uma estratégia das espécies em renovar as estruturas de crescimento e reprodução com a abundância de água e radiação nesta época do ano (JACKSON, 1978; MORAES, 1993; BRITZ, 1994; MELLO, 1995; PORTES, 2000). Nesses trabalhos, apesar dos fatores climáticos atuarem de forma diferenciada sobre a deposição de serapilheira, intrinsecamente a fenologia das espécies pode ser o fator biótico mais importante no padrão de produção e deposição de folhas, flores e frutos.

Neste sentido, CARPANEZZI (1997) verificou que, na ausência de déficit hídrico, a variação da temperatura parece ser o principal mecanismo de acionamento da caducidade foliar de *Mimosa scabrella*, na região da Floresta Ombrófila Mista. Para MORELLATO *et al.* (1990), nas regiões com estacionalidade climática definida, poderá haver maior interação entre a fenologia das espécies com os fatores climáticos. A alternância de estações (seca e úmida) é o principal fator envolvido no desencadeamento das fenofases.

No presente trabalho, considerando-se a dominância de *S. commersoniana*, espécie caducifólia e o clima subtropical, úmido mesotérmico, predominante na região, sugere-se que o padrão de produção foliar, nesse ambiente, esteja relacionado à interação entre a fenologia da espécie dominante e a estação mais seca e fria do ano.

Pelo teste “t” de comparação de médias mensais de produção de folha entre o ano 1 e o ano 2 (Anexo 5), verificou-se que ocorreu diferença significativa entre as médias mensais do ano 1 e ano 2, em todos os meses do ano, com exceção de novembro. Entretanto, as médias anuais do ano 1 (485,24 kg/ha) e do ano 2 (496,65 kg/ha) foram estáveis, isto é, não apresentaram diferenças estatísticas significativas. Apesar dos dados refletirem o comportamento de apenas dois anos de observação, os resultados sugerem uma estabilidade anual de produção foliar, provavelmente, em decorrência de a floresta ocupar um estágio mais avançado da sucessão florestal. Esses resultados, aliados às análises fitossociológicas colaboram para demonstrar que essa floresta, nesse segmento do rio Barigüi, é mais desenvolvida.

Analisando a deposição de galhos, observou-se que as maiores médias ocorreram nos meses de outubro e novembro e as menores médias em março e junho (Tabela 12). Pela Figura 7, observou-se que, no decorrer dos 24 meses, a produção de galhos foi bastante irregular, exceto nos meses de fevereiro, junho e agosto, que não apresentaram diferenças significativas pelo teste “t” (Anexo 6).

Na Floresta Ombrófila Mista Montana, FIGUEIREDO FILHO *et al.* (2003) observaram também alta variabilidade da fração galhos. Os autores relatam que a razão dessa grande variabilidade pode ser atribuída à capacidade dos coletores de amostrar a fração galhos. Ressalta-se que, normalmente, em trabalhos de deposição de serapilheira, a área de captura dos coletores é de $\pm 1,0 \text{ m}^2$.

No presente estudo, a área de captura dos coletores foi de $0,20 \text{ m}^2$, portanto os dados da fração galhos devem ser considerados com algumas restrições, uma vez que esta fração necessita de metodologia própria para ser coletada.

Para a fração miscelânea, verificou-se maior regularidade no decorrer do ano 1 e ano 2, e uma tendência de maior deposição no decorrer do período de setembro a janeiro (Tabela 12). Todavia, pelo teste “t” de comparação das médias mensais entre o ano 1 e ano 2, observaram-se diferenças significativas nos meses de setembro a dezembro (Anexo 7). Nesse período, no ano 2, percebeu-se nos coletores alta deposição de flores e baixa produção de sementes de *S. commersoniana*. Este fato coincide com as médias mais altas de temperatura máxima, no período de estudo. Entretanto, apesar dessa diferença, visualiza-se um padrão sazonal da fração miscelânea com a estacionalidade climática da região (Figura 8).

Considerando a serapilheira total, o teste “t” de comparação de médias mensais entre o ano 1 e o ano 2 (Tabela 13), demonstrou que, durante o período de janeiro a outubro (10 meses), as médias mensais apresentaram diferença estatística significativa. No entanto, mesmo com essas diferenças, as médias anuais, entre o ano 1 e o ano 2, não apresentaram diferenças significativas.

Verificou-se também que, apesar das diferenças entre as médias mensais, existe uma tendência das maiores médias de produção de serapilheira total, nos meses de julho, agosto e outubro coincidirem com as maiores médias de deposições de folhas, galhos e miscelânea (Tabela 13).

FIGURA 6 - MÉDIAS DE DEPOSIÇÃO DE FOLHAS, ANO 1 (JUN/2001-MAIO/2002) E ANO 2 (JUN/2002-MAIO/2003)

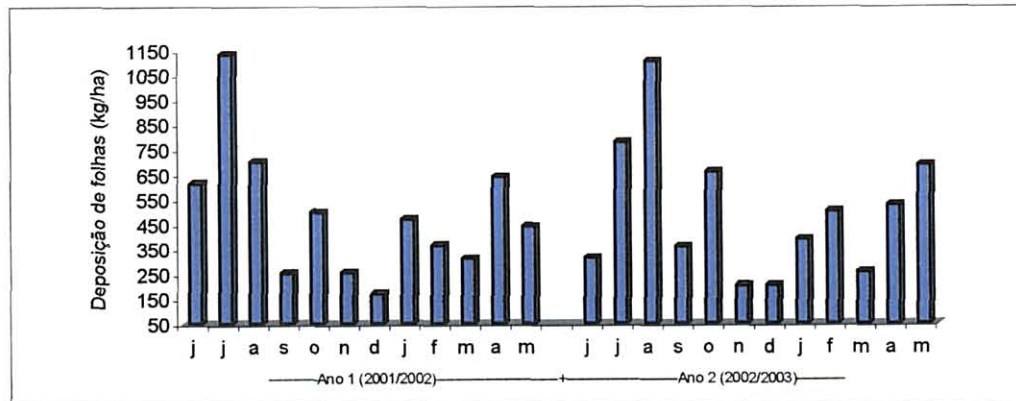


FIGURA 7 - MÉDIAS DE DEPOSIÇÃO DE GALHOS, ANO 1 (JUN/2001-MAIO/2002) E ANO 2 (JUN/2002-MAIO/2003)

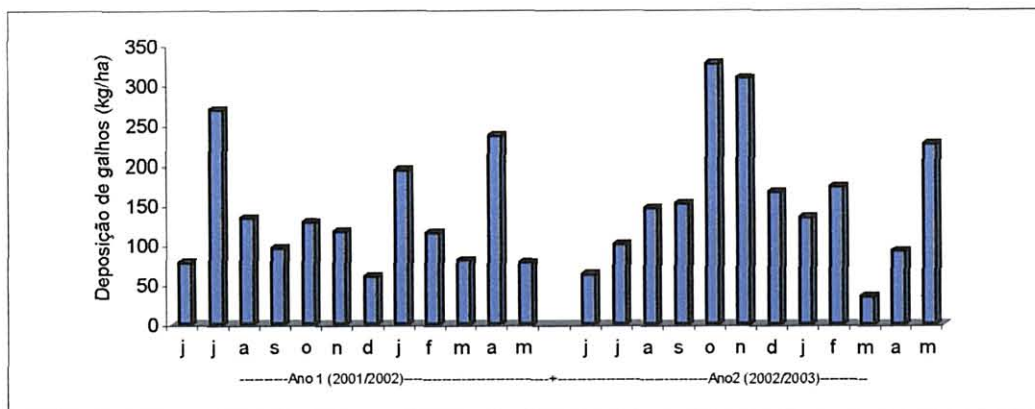


FIGURA 8 - MÉDIAS DE DEPOSIÇÃO DE MISCELÂNEA, ANO 1 (JUN/2001-MAIO/2002) E ANO 2 (JUN/2002-MAIO/2003)

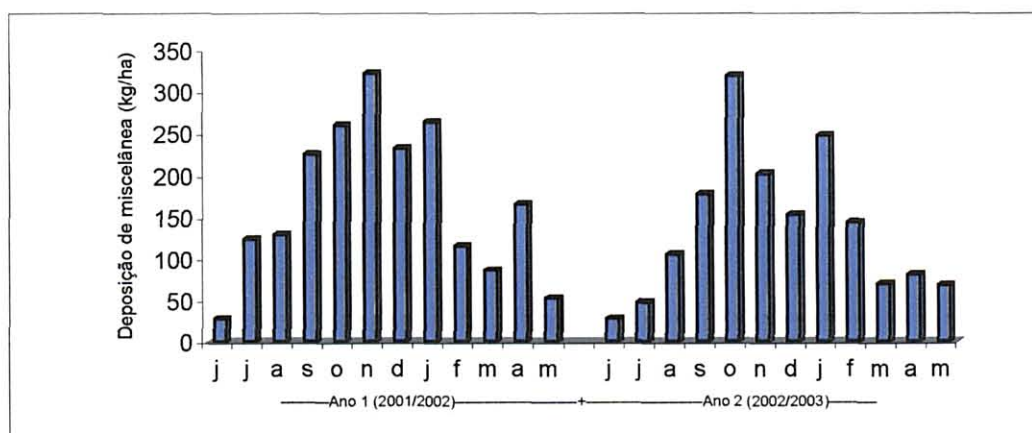


TABELA 13 - TESTE "t" DE COMPARAÇÃO DE MÉDIAS PARA SERAPILHEIRA TOTAL ENTRE O ANO 1 (JUN/2001 - MAIO/2002) E O ANO 2 (JUN/2002 - MAIO/2003)

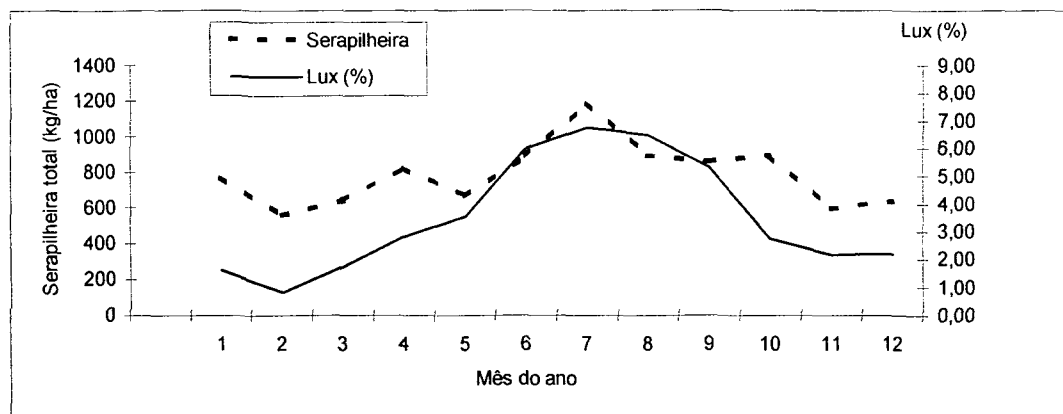
Meses	Ano 1	Ano 2	gl	t	p(%)
	(kg.ha ⁻¹)				
Janeiro	921,28	766,11	20	3,60	0,00 **
Fevereiro	591,45	813,07	20	6,40	0,00 **
Março	473,10	356,41	20	4,13	0,01 **
Abril	1.036,40,	697,83	20	6,18	0,00 **
Mai	567,67	976,12	20	9,88	0,00 **
Junho	715,29	398,95	20	9,91	0,00 **
Julho	1.523,45	923,29	20	14,18	0,00 **
Agosto	958,93	1.354,50	20	6,13	0,00 **
Setembro	568,79	682,68	20	3,31	0,19 **
Outubro	882,71	1301,96	20	5,64	0,00 **
Novembro	687,07	706,95	20	0,27	0,78 ns
Dezembro	458,27	516,44	20	1,43	0,16 ns
Média anual	782,03	791,19	251	0,31	0,75 ns
Total	9.384,41	9.494,30	-	-	-

(**) significativo ao nível de 1%; (ns) não significativo; (ns) não significativo

Complementado as observações de sazonalidade encontradas para a serapilheira no ambiente aluvial, detectou-se que, no período compreendido entre o final do outono até meados da primavera, houve uma tendência de maior porcentagem de luz no interior da floresta, que coincide com os meses de maior deposição de serapilheira. Isto indica abertura no dossel e maior tempo de incidência de radiação solar, no interior da floresta (Figura 9).

Os trabalhos recentes na Floresta Ombrófila Mista Montana (FIGUEIREDO FILHO *et al.*, 2003) confirmaram a tendência de maior deposição de serapilheira ocorrer na primavera, enquanto que, na Floresta Ombrófila Mista Aluvial, a maior deposição concentra-se no inverno. Deste modo, a Floresta Ombrófila Mista Aluvial, nesse segmento do rio Barigüi, diferencia-se fisionomicamente da Floresta Ombrófila Mista Montana, e se assemelha à Floresta Estacional Semidecidual, conferindo o caráter de estacionalidade a floresta, e demonstrando um padrão sazonal de produção de serapilheira.

FIGURA 9 – PORCENTAGEM DE LUZ (lux)* NO INTERIOR DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL, RIO BARIGÜI, ARAUCÁRIA, PR



(*) a 20 cm do solo.

A sazonalidade de produção de serapilheira, observada nessa comunidade arbórea, deve ser considerada como um evento importante para o desenvolvimento da floresta. O branquilha (*Sebastiania commersoniana*), espécie dominante desse ambiente, cuja população confere à floresta, o caráter de estacionalidade, perde completamente as folhas nos meses mais secos e frios do ano. Com essa característica, a espécie pode resistir ao estresse hídrico e promover a entrada de luz no dossel da floresta, favorecendo assim, o desenvolvimento dos indivíduos do sub-bosque.

Por outro lado, *S. commersoniana*, além de ser caducifólia, apresenta mecanismo de dispersão de sementes específico (autocoria) e tolerância aos solos hidromórficos, características que podem facilitar a disseminação da espécie por meio das redes fluviais entre as diferentes regiões fitoecológicas, conferindo-lhe, maior importância ecológica, de fluxo gênico e de preservação da diversidade genética. Segundo CARVALHO (2003), *S. commersoniana* ocorre nas várias tipologias florestais do sul e sudeste brasileiro; contudo, é muito comum nas “matas ciliares”. Trata-se de uma espécie pioneira, com ampla capacidade de adaptação; ela pode ocorrer, tanto na Floresta Ombrófila Mista, como na Floresta Estacional, assim como, na Floresta Ombrófila Densa, e suas diferentes tipologias.

4.2.3 Concentrações de Nutrientes na Serapilheira

As concentrações de macronutrientes, nas diferentes frações de serapilheira, apresentaram a seguinte ordem: N > Ca > K > Mg > P (Tabela 14), assumindo assim a tendência registrada para os ecossistemas tropicais descrita por HAAG *et al.* (1985).

Analisando-se as concentrações de cada nutriente nas frações de serapilheira, observaram-se os seguintes padrões: para N, P e K, a fração miscelânea > folhas > galhos; para Ca, a fração galhos > folhas > miscelâneas; e para Mg, a fração folhas > miscelânea > galhos (Tabela 14).

De acordo com KOEHLER (1989), os teores de nutrientes minerais depositados com a serapilheira variam em relação à espécie, variedade, procedência, fatores edáficos, com a parte da planta considerada e condições climáticas.

TABELA 14 - CONCENTRAÇÃO DE MACRONUTRIENTES (g/kg) NAS FRAÇÕES FOLHAS, GALHOS, MISCELÂNEA E SERAPILHEIRA TOTAL

Fração	N	P	K	Ca	Mg
	G/kg				
Folhas	20,63	1,05	5,17	14,18	2,85
Galhos	15,44	0,83	2,39	16,23	1,60
Miscelânea	27,01	1,99	5,36	11,58	2,13
Média	21,03	1,29	4,31	14,00	2,19

O fato de a fração miscelânea concentrar os principais macronutrientes (N, P e K) foi em decorrência da mistura de material orgânico de diversas origens, como: flores, frutos e resíduos de macrofauna do solo, que possuem elevada concentração desses nutrientes. Resultados similares foram observados por BRITZ *et al.* (1992) o nitrogênio e o fósforo da miscelânea foram maior que em folhas e galhos. CARPANEZZI (1997), registrou concentrações de N, P e K, para a média das frações (frutos e miscelânea), maiores do que nas folhas e galhos de *Mimosa*

scabrella e outras espécies. PORTES (2000) também constatou maiores teores de N, P e K na fração miscelânea, quando comparada com folhas e galhos.

Portanto, na fração miscelânea, apesar da baixa representatividade para a formação da serapilheira total, os teores de nutrientes são bastantes significativos e podem demonstrar o esforço fisiológico das árvores em disponibilizar os nutrientes minerais necessários às estruturas reprodutivas.

Os altos teores de N, P, K e Mg verificados nas folhas e miscelânea (Tabela 14), podem ser justificados, pelo papel que desempenham como componentes estruturais de metabólitos, ativadores enzimáticos e outras funções vitais dos órgãos vegetais.

Na folha, o nitrogênio e o fósforo são elementos chaves no processo de fotossíntese. O potássio desempenha, principalmente, a função de síntese de proteínas e abertura e fechamento dos estômatos. O magnésio é um componente importante da estrutura molecular da clorofila, participa como ativador enzimático, proporciona estabilidade aos ribossomos e ao processo de fotossíntese (MALAVOLTA, 1985).

As altas concentrações de cálcio, nos galhos e folhas, acompanharam a tendência geral de deposição deste nutriente nas frações lenhosas e foliares, tanto para florestas tropicais como para as florestas temperadas. O cálcio, além de fazer parte da parede celular, ativa diversas enzimas, regula a permeabilidade da célula e participa do desenvolvimento e funcionamento do sistema reprodutivo (MALAVOLTA, 1985).

Para todas as frações, os valores de cálcio (média de 14,0 g/kg) foram considerados altos, quando comparados aos resultados de BRITZ *et al.* (1992) e CARPANEZZI (1997), cujos teores médios de cálcio foram, respectivamente, 7,76 g/kg e 5,5 g/kg, para a fração galhos da Floresta Ombrófila Mista. Por outro lado, esses valores registrados para a floresta em estudo, estão abaixo dos teores de Ca observados por PAGANO e DURIGAN (2000), nas florestas ciliares de Marília, SP (18,45 g/kg) e de Tarumã, SP (33,0 g/kg).

Em uma floresta no Sul do Brasil, com ocorrência de *S. commersoniana*, MELLO (1995) registrou alto teor de cálcio (17,5 g/kg) na fração foliar. O autor explicou que esses resultados foram alcançados graças os altos teores de cálcio no solo (18 a 27 $\text{Cmol}_c\text{.dm}^{-3}$). Segundo PROCTOR (1983), geralmente a quantidade

desse elemento na serapilheira está relacionada às concentrações de cálcio no solo. No presente trabalho, o cálcio no solo variou de 4,96 a 8,19 $\text{Cmol}_c.\text{dm}^{-3}$. Em Marília, SP, segundo PAGANO e DURIGAN (2000), o cálcio no solo foi semelhante, ou seja, variou de 4,0 a 12,0 $\text{Cmol}_c.\text{dm}^{-3}$. Portanto, não se pode afirmar que, os altos teores de cálcio, encontrados na serapilheira, estejam associados ao cálcio do solo.

Segundo JORDAN (1985), as altas proporções de cálcio e potássio encontradas na fitomassa de algumas espécies da floresta tropical, não podem ser atribuídas somente ao estoque desses elementos no solo, pois os teores são normalmente baixos. Portanto, este é um fenômeno ainda pouco explicado.

No presente trabalho, os altos teores encontrados na serapilheira, não podem ser atribuídos totalmente ao estoque desse elemento no solo. Possivelmente, esses teores têm relação com o acúmulo de cálcio e com o envelhecimento do tecido vegetal.

4.2.4 Variação Sazonal de Nutrientes com a Serapilheira

Apesar da maior produção de folhas ocorrer no inverno; as folhas apresentaram as maiores concentrações de N, P e K no verão e na primavera; e as menores, no inverno e outono. O cálcio e o magnésio, considerados elementos de menor mobilidade e constituintes da estrutura celular, apresentaram variação de acordo com as quantidades de serapilheira produzida no ambiente (Tabela 15).

Nos galhos, os teores de N, Ca e Mg não apresentaram diferença significativa, nas estações do ano. Por outro lado, com base nas análises estatísticas, as concentrações de P e K apresentaram tendências na seguinte ordem: primavera > verão > outono > inverno (Tabela 15).

Na fração miscelânea, os maiores teores de N, P, e K variaram de acordo com as quantidades, dessa fração, depositadas na primavera e verão. No entanto, o maior teor de Ca foi registrado no outono, e o menor, na primavera. Para o Mg, os maiores teores foram encontrados no inverno e verão.

Relacionando a produção de serapilheira aos teores de nutrientes, verificou-se que as quantidades de nutrientes depositadas no solo (kg/ha), acompanharam as quantidades de serapilheira produzida e não os teores de nutrientes contidos na serapilheira. Desta forma, as folhas, que contribuíram com 62,39% da produção de

serapilheira total, depositaram cerca de 35% dos nutrientes no inverno, 26% no outono, 21% na primavera e 18% no verão.

TABELA 15 – CONCENTRAÇÃO (g/kg) DE N, P, K, CA E Mg (g/kg), NAS FRAÇÕES FOLHAS, GALHOS, MISCELÂNEA E SERAPILHEIRA TOTAL, POR ESTAÇÃO DO ANO

Fração	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Média	CV (%)
	Nitrogênio (g/kg)					
Folha	22,78 a	20,00 b	17,31 c	22,19 a	20,57 B	8,26
Galho	15,17 a	14,99 a	14,48 a	15,82 a	15,11 C	9,40
Miscelânea	25,70 ab	24,34 b	27,68 ab	28,96 a	26,67 A	12,86
Média	21,22 ab	19,77 b	19,83 b	22,32 a	-	-
	Fósforo (g/kg)					CV
Folha	1,08 b	0,96 b	0,80 c	1,29 a	1,03 B	9,95
Galho	0,86 a	0,84 a	0,65 b	0,98 a	0,84 C	16,52
Miscelânea	1,83 ab	1,47 b	2,06 ab	2,40a	1,94 A	27,23
Média	1,26 b	1,09 b	1,17 b	1,56 a	-	-
	Potássio (g/kg)					CV
Folha	5,25 b	4,22 c	3,76 c	6,81 a	5,01 A	14,00
Galho	2,46 ab	2,58 ab	1,64 b	3,19 a	2,47 B	32,89
Miscelânea	4,44 b	3,97 b	5,29 b	7,59 a	5,32 A	34,50
Média	4,05 b	3,59 b	3,56 b	5,89 a	-	-
	Cálcio (g/kg)					CV
Folha	12,91 b	14,12 b	16,69 a	13,69 b	14,30 B	14,52
Galho	18,33 a	15,83 a	15,45 a	14,54 a	16,04 A	23,35
Miscelânea	10,67 bc	14,37 a	13,08 ab	9,85 c	11,99 C	17,68
Média	13,97 ab	14,77 a	15,07 a	12,69 b	-	-
	Magnésio (g/kg)					CV
Folha	2,52 b	2,92 ab	3,01 a	2,57 b	2,83 A	16,93
Galho	1,64 a	1,71 a	1,43 a	1,71 a	1,62 C	15,10
Miscelânea	1,89 b	2,09 ab	2,32 a	2,20 ab	2,13 B	14,15
Média	2,02 b	2,24 ab	2,35 a	2,16 ab	-	-

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na horizontal, não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

É importante observar que, no período de maior deposição de folhas (inverno), ocorreram as menores concentrações de N, P e K, sugerindo a retranslocação desses nutrientes para outros compartimentos da planta, antes da abscisão e queda das folhas, como explicam KOSLOWSKI; KRAMER e PALLARDY

(1991). Esse movimento de nutrientes, dentro da própria árvore, refere-se ao ciclo bioquímico (PRITCHETT, 1979).

Os dados mostram também que os teores máximos de N, P e K foram alcançados pelas folhas dessa comunidade na primavera, confirmando a estratégia dessa floresta em depositar suas folhas no inverno, e não na primavera. Os resultados indicam que, nas estações primavera e verão ocorrem maior absorção de nutrientes pela plantas. Esse processo é denominado de ciclo biogeoquímico (PRITCHETT, 1979).

Com base no teor de nutrientes e serapilheira depositada, estimou-se um retorno de $411,02 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ de nutrientes minerais ao solo. O nitrogênio foi o elemento mais abundante, estimando-se um retorno de 48% ($198,48 \text{ kg/ha/ano}$) do total dos nutrientes. Os demais elementos foram depositados na seguinte ordem: cálcio, $132,12 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ (32% do total), potássio, $42,25 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ (10%), magnésio, $20,64 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ (5%) e fósforo $17,53 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ (4%).

Considerando-se as análises químicas das folhas contaminadas por sedimentos minerais provenientes de inundações da planície aluvial, os nutrientes minerais, potencialmente disponíveis no solo para a comunidade florestal, podem ser aumentados em 7,5% para N, 5,2% em P, 18,1 % em K e 4,4% em Mg. Além dessas entradas de nutrientes no ambiente aluvial, as chuvas são potencialmente uma fonte importante de nutrientes nesse ecossistema florestal.

De acordo com VITOUSEK (1984), a relação entre a quantidade de serapilheira produzida e a quantidade de nutrientes contidos no material depositado, poderá indicar a eficiência de uma floresta na utilização de nutrientes. Com base nesta relação, os valores estimados para eficiência de uso de nutrientes da floresta em estudo foram de 48 para N, 537 para P e 71 para Ca. Estes valores demonstram baixa eficiência dessa floresta quanto à utilização destes nutrientes. Por outro lado, esses valores estão abaixo dos encontrados por BRITZ *et al.* (1992), para N, P e Ca, respectivamente, 73, 1.083 e 103. Todavia, estas estimativas de eficiência quanto ao uso de N e Ca, estão próximas dos resultados encontrados por PAGANO (1989) em Floresta Estacional Semidecidual, Rio Claro, SP, cujos valores foram estimados em 43 (N) e 58 (Ca).

Considerando os resultados de baixa eficiência do uso de nutrientes (N, P e Ca) pela floresta em estudo, é importante lembrar a dinâmica do ambiente aluvial. O

ecossistema é aberto, com entradas e saídas temporárias de nutrientes e materiais orgânicos e inorgânicos. A retenção dessas entradas poderá depender da eficiência das comunidades bióticas e suas relações com os demais fatores abióticos, presentes no ecossistema.

Neste sentido, torna-se necessário continuar com as investigações do ciclo biogeoquímico no ambiente aluvial da bacia do alto Iguaçu, a fim de determinar o porquê dessa baixa eficiência e as possíveis implicações na função ecológica e hidrológica que esses ecossistemas desempenham.

4.2.5 Teor e Estoque de Carbono na Serapilheira

Para todas as frações de serapilheira, os teores de carbono orgânico, ao longo das estações do ano, apresentaram comportamento similar a sazonalidade do nitrogênio. Como as amostras foram pequenas ($n= 2$), análises estatísticas não foram realizadas. No entanto, na fração folhas, percebeu-se maior concentração de carbono no verão e menor inverno (Tabela 16). Para galhos e miscelânea, verificou-se a tendência de maiores valores na primavera.

TABELA 16 – TEOR DE CARBONO ORGÂNICO (g/kg) E RELAÇÃO C/N NAS FRAÇÕES FOLHAS, GALHOS, MISCELÂNEA E SERAPILHEIRA TOTAL, POR ESTAÇÕES DO ANO

Frações	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Média
Carbono (g/kg)					
Folha	455,90	432,30	411,50	432,30	433,00
Galho	432,30	424,90	424,00	436,70	429,48
Miscelânea	395,30	392,30	399,70	417,50	401,20
Serap. Total	427,83	416,50	411,73	428,83	421,23
Relação C/N					
Folha	20,01	21,62	23,77	19,48	21,22
Galho	28,50	28,35	29,28	27,60	28,43
Miscelânea	15,38	16,12	14,44	14,42	15,09
Serap. Total	20,16	21,07	20,76	19,21	20,30

Os teores de carbono na serapilheira total em porcentagem foram de 42,12%, logo, estão de acordo com os resultados registrados na literatura, cujos valores variaram de 40% a 45% (FOSTER BROWN *et al.*, 1992; BROWN; GILLESPIE e LUGO, 1989; BROWN e LUGO, 1990, dentre outros). Todavia, estes valores estão acima dos teores, de carbono orgânico (37,92 %), estimados para serapilheira acumulada, em ambiente de Floresta Ombrófila Mista Montana (CALDEIRA, 2003).

Com base na concentração de carbono e na produção de serapilheira, estimou-se um fluxo de carbono orgânico na ordem de $3,98 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$. As frações folhas, galhos e miscelânea participaram com 64,14%, 18,77% e 18,29% desse depósito, respectivamente. CALDEIRA (2003) estimou um estoque de carbono orgânico na serapilheira acumulada em $3,03 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Com base nos dados de produção de serapilheira, obtidos por FIGUEIREDO FILHO *et al.* (2003), estimou-se em cerca de $3,0 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, para o ambiente de Floresta Ombrófila Mista Montana no Paraná.

Os resultados encontrados demonstram que as planícies aluviais do rio Barigüi são importantes depósitos de carbono, confirmando uma das funções desempenhadas por esses ambientes, que é a captação de CO_2 pelas florestas e o acúmulo de carbono no solo.

Analisando a relação C/N, a fração miscelânea apresentou relação C/N de 15,09, as folhas 21,22 e os galhos 28,43 (Tabela 16).

Resultados similares de relação C/N foram observados por PORTES (2000), para flores (16) e miscelânea (18). Entretanto, o autor encontrou relação C/N mais alta para folhas (26) e galhos (40) em ambiente de Floresta Ombrófila Densa Altomontana, em Quatro Barras, PR. CALDEIRA (2003) também observou relação C/N alta (32), na serapilheira acumulada, em uma Floresta Ombrófila Mista Montana, em General Carneiro, PR.

Provavelmente, a baixa relação C/N encontrada na floresta estudada foi decorrente dos altos teores de nitrogênio observados na serapilheira (Tabela 14). Esses altos teores de N, verificados em todas as frações da serapilheira, podem ser atribuídos às fontes de poluição atmosférica, em consequência da proximidade da Refinaria Presidente Getúlio Vargas – REPAR e dos pólos industriais de Araucária e Curitiba (CIC).

A relação C/N é considerada como um índice de qualidade da matéria orgânica. JORDAN (1985) explica que, quanto mais baixa a relação C/N, maior será o processo de decomposição do material orgânico. Valores em torno de 25 significam que a matéria orgânica fornece carbono e nitrogênio, em proporções adequadas para os organismos decompositores.

Contudo, os teores de nitrogênio podem aumentar durante o processo de decomposição. Esse incremento pode se originar de diferentes fontes. As algas e líquens, que cobrem a superfície das folhas e fixam nitrogênio, são fontes de N que podem melhorar a qualidade do material orgânico e conseqüentemente, podem aumentar a velocidade de decomposição de serapilheira (FORMAN, 1975 e WHITMORE, 1975, citados por JORDAN, 1985). Outra fonte de N vem dos próprios microorganismos decompositores, que também aumentam o teor de nitrogênio na serapilheira, acelerando o processo de decomposição (MASON, 1980). Por outro lado, os nutrientes podem ser imobilizados e não disponibilizados para as plantas.

No presente estudo, observou-se que a fração miscelânea apresentou baixa relação C/N (Tabela 16), seguida de folhas e galhos. Estes dados indicam que a fração miscelânea (flores, frutos, sementes e fragmentos epifíticos) é a primeira a desaparecer da serapilheira acumulada, devido ao acelerado processo de decomposição, seguida das frações folhas e galhos. Eventos estes verificados no transcorrer deste trabalho.

4.3 DECOMPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA

Do ponto de vista ecológico, a decomposição da manta orgânica sobre o piso florestal, formada pela queda de serapilheira, é a fase mais importante da ciclagem de nutrientes minerais. O processo de degradação inicia-se no momento em que a folha se forma e continua por toda a sua vida, por meio do ataque de organismos. A decomposição pode ser dividida em três etapas: a) lixiviação, perda rápida de material solúvel, pela ação da água da chuva; b) intemperismo, ruptura mecânica dos detritos; e c) ação biológica, fragmentação gradual e oxidação dos detritos pelos organismos vivos (HAAG *et al.*, 1985).

4.3.1 Decomposição pelo Método Indireto

Por esse método, estimou-se a serapilheira acumulada em 8,85 Mg.ha⁻¹. As folhas participam com 63%, galhos 32% e miscelânea 5%. Registrou-se maior acúmulo de folhas e miscelânea no inverno e menor no verão. Os galhos apresentaram maior acúmulo no outono e menor na primavera (Tabela 17).

TABELA 17 - MÉDIAS DE SERAPILHEIRA ACUMULADA (Mg.ha⁻¹), POR ESTAÇÃO DO ANO E POR FRAÇÃO: FOLHAS, GALHOS, MISCELÂNEA E SERAPILHEIRA TOTAL

Estação	Folha	Galho	Miscelânea	Serap. Total
	(Mg.ha ⁻¹),			
Verão	264,74 c	195,12 bc	25,06 b	484,91 d
Outono	351,84 b	369,57 a	39,59 a	760,98 b
Inverno	857,05 a	228,36 b	36,58 ab	1.121,99 a
Primavera	385,60 b	155,94 c	40,55 a	582,09 c
CV(%)	16,95	17,95	37,09	11,67
Total	5.577,69	2.846,97	425,34	8.850,00
(%)	63	32	5	100

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A tendência de maior e menor acúmulo, em um determinado período do ano, foi proporcional à produção de serapilheira (Tabela 18). Estes resultados colaboraram para demonstrar a existência de um padrão temporal no processo de produção, acúmulo e decomposição de serapilheira nessa floresta.

Para a fração galhos, cujos resultados de acúmulo e deposição de serapilheira na primavera foram inversamente proporcionais, sugerem-se possíveis explicações com base na observação de campo. Os galhos, durante as inundações no período chuvoso (primavera e verão), flutuam e são levados pelas águas para fora das parcelas, ou ficam estocados no fundo das pequenas depressões (poças d'água) junto com as partículas minerais mais finas, enquanto que as folhas, em contato com as águas de inundação (rica em material mineral em suspensão, aglutinante), ficam aderidas umas às outras, e permanecem no chão da floresta.

As médias de serapilheira produzida, serapilheira acumulada e taxa instantânea de decomposição (k), são apresentadas na Tabela 18. Observou-se que a taxa média de decomposição, para serapilheira total, o coeficiente k foi de 1,11. Na primavera ($k=1,45$) e no verão ($k=1,33$) ocorreram as maiores taxas de decomposição. O tempo médio anual para decompôr 50% e 95% da serapilheira total foi estimado em 8 meses e 33 meses, respectivamente.

TABELA 18 – PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA, SERAPILHEIRA ACUMULADA, TAXA INSTANTÂNEA DE DECOMPOSIÇÃO (COEFICIENTE k) E TEMPO MÉDIO DE DECOMPOSIÇÃO (t_{50}) E (t_{95})

Estações do Ano	Serapilheira Produzida* (Mg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)	Serapilheira Acumulada (Mg.ha ⁻¹)	Coeficiente k	$t_{50\%}$ Ano	$t_{95\%}$ Ano
Folhas					
Verão	379,58	264,74	1,43	0,48	2,09
Outono	607,89	351,84	1,73	0,40	1,73
Inverno	746,13	857,05	0,87	0,80	3,44
Primavera	352,39	385,60	0,91	0,76	3,28
Produção Anual	6.257,97	5.577,69	1,12	0,62	2,67
Galhos					
Verão	112,83	195,12	0,53	1,20	5,18
Outono	130,44	369,57	0,35	1,96	8,49
Inverno	131,40	228,36	0,58	1,20	5,21
Primavera	265,63	155,94	1,70	0,41	1,76
Produção Anual	1.920,90	2.846,97	0,67	1,03	4,44
Miscelânea					
Verão	152,79	25,06	6,10	0,11	0,49
Outono	58,06	39,59	1,47	0,47	2,04
Inverno	109,29	36,58	2,99	0,23	1,00
Primavera	223,77	40,55	5,52	0,13	0,54
Produção Anual	1.631,73	425,34	3,84	0,18	0,78
Serapilheira Total					
Verão	645,20	484,91	1,33	0,52	2,25
Outono	796,41	760,98	1,05	0,66	2,86
Inverno	986,82	1.121,99	0,88	0,79	3,41
Primavera	841,79	582,09	1,45	0,48	2,07
Produção Anual	9.810,60	8.850,00	1,11	0,63	2,70

(*) produção do segundo ano, mesmo período da amostragem da serapilheira acumulada.

A fração foliar, o compartimento mais importante da serapilheira apresentou um tempo médio de renovação de 50% e 95% do material, de 8 meses e 32 meses, respectivamente. Valores semelhantes foram observados para a serapilheira total. O outono ($k=1,73$) e o inverno ($k = 0,87$) foram os períodos com as maiores e menores taxas de decomposição do ano da fração foliar, respectivamente.

A fração miscelânea apresentou as maiores taxas de decomposição, k variando de 1,47 a 6,10, que sugere um tempo médio de decomposição de um a seis meses para renovação de 50% da serapilheira acumulada no piso da floresta.

Os galhos, com maior resistência ao processo de decomposição apresentaram os menores coeficientes k , sugerindo um tempo médio de decomposição de 13 a 54 meses. No entanto, é possível que o tempo médio de residência dessa fração seja maior do que o estimado, como já foi mencionado acima, no caso dos galhos permanecerem dentro das unidades amostrais durante o período das chuvas. Portanto, as estimativas observadas para fração foliar explicam melhor o processo de decomposição, que ocorre nessa floresta.

De acordo com a literatura pertinente, as florestas tropicais úmidas e de terras baixas apresentam coeficiente k maior que um. Nas florestas temperadas, variam de 0,4 a 1,4. Esses valores indicam que, o tempo médio de residência ($t_{50\%}$) da camada de serapilheira nas florestas tropicais, ocorre em menos de um ano; nas florestas temperadas pode perdurar por vários anos (HAAG *et al.*, 1985).

Em Floresta Ombrófila Mista, FLOSS; CALDATO e BOHNER (1999), estimaram os valores de k , entre 0,76 a 1,11. Ressalta-se que, para as florestas aluviais são escassas as referências bibliográficas. Entretanto, os trabalhos realizados GOLLEY *et al.* (1978) demonstraram que o valor de k , estimado para as florestas aluviais do Panamá, foi 0,82. ANDERSON; PROCTOR e VALLACK (1983), citados por HAAG *et al.* (1985), encontraram $k = 1,7$ para a floresta aluvial do Parque Nacional de Sarawak. REBELO (1994), estudando a decomposição foliar em uma floresta de restinga na Ilha do Cardoso, SP, observou $k = 0,58$.

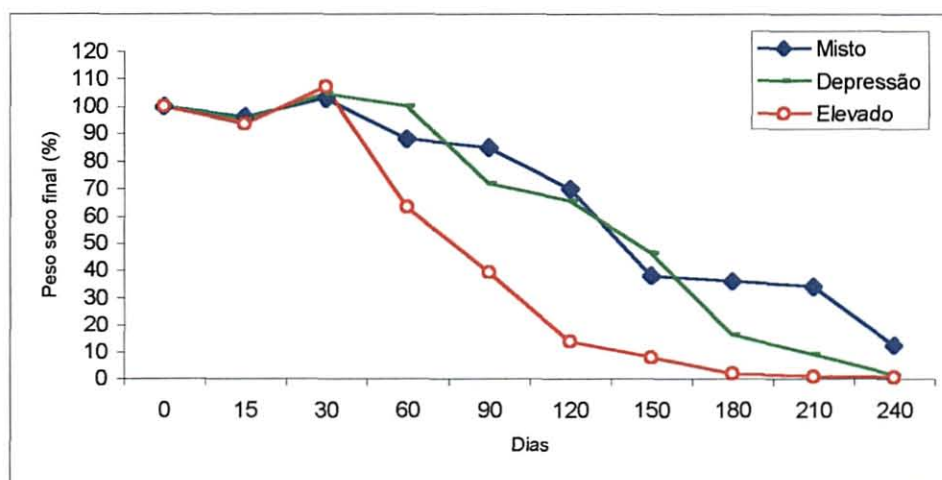
No presente estudo, as estimativas da taxa de decomposição foliar variaram de 0,87 a 1,73, e assemelham-se aos valores de k encontrados para floresta ciliar tropical (0,8 a 1,7). Esses resultados sugerem que a taxa de decomposição, da Floresta Ombrófila Mista Aluvial estudada, apresenta comportamento semelhante às florestas tropicais.

4.3.2 Decomposição pelo Método Direto

Verificou-se em todas as combinações analisadas (material foliar x ambiente) que ocorreu uma perda de 5% do peso inicial nos primeiros 15 dias de decomposição foliar (Figura 10). Entretanto, por causa das inundações provocadas pelas chuvas da primavera, todas as bolsas (*litter bag*), distribuídas nos três tipos de ambientes (depressão, elevado e misto) ganharam peso com a adição de sedimentos minerais na superfície foliar, fato observado na avaliação das amostras no 30º dia.

Aos 60 dias do ensaio de decomposição, o material foliar, dos ambientes depressão e misto, sofreu a perda de somente 3% e 12% do peso inicial, respectivamente, sem apresentar diferença estatística, a um nível de 5% probabilidade, pelo teste de Tukey; enquanto o material do ambiente elevado perdeu 36% do peso inicial. A partir dessa data, o material foliar do ambiente elevado sofreu um processo de decomposição mais rápido do que o material foliar dos ambientes de depressão e misto. Ao completar 180 dias de decomposição, no final do verão e início do outono, o material foliar do ambiente elevado estava reduzido em 98% do peso inicial. O material dos ambientes de depressão e misto estava reduzido em 84% e 64% do peso inicial, respectivamente.

FIGURA 10 – CURVA DE DECOMPOSIÇÃO, EM AMBIENTES DE DEPRESSÃO, ELEVADO E MISTO, FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL, RIO BARIGÜI, ARAUCÁRIA, PR



Aos 240 dias, no ambiente misto, ainda restavam 13% de material foliar para serem decompostos. Nos ambientes elevado e depressão restavam apenas 1%. Nesse ensaio, observou-se que, até 180 dias, o ambiente foi o fator que mais influenciou na velocidade de decomposição, tanto no material foliar de *Sebastiania commersoniana*, como no material foliar misto. WIEGERT & MURPHY (1970), citados por LUIZÃO (1982), recomendam o uso de folhas de diversas espécies caídas naturalmente, ou de folhas de uma só espécie, quando se quer estudar comparativamente a taxa de decomposição foliar em diferentes lugares. Esses autores justificam que as diferenças significativas ocorrem devido às grandes perdas iniciais, e as taxas de decomposição, de acordo com o local do ensaio e o tipo de material foliar utilizado.

GALVÃO; ZILLER e BUFREM (1989/91) observaram que a decomposição na capoeira (fase quarta da sucessão, VELOSO, 1991) é mais rápida do que na floresta secundária (fase quinta da sucessão, VELOSO, 1991); porém, dentro de cada fase sucessional existe uma variação na taxa de decomposição, em função do material foliar das espécies componentes.

Por causa das inundações, testaram-se vários modelos matemáticos, alternativos ao modelo exponencial ($Y = a \cdot x^b$). Inicialmente, buscou-se um único modelo que representasse o processo de decomposição nas condições da planície aluvial. Entretanto, os modelos matemáticos por ambiente apresentaram coeficientes com probabilidade de significância maior do que os modelos únicos. Deste modo, as curvas foram ajustadas com base nas seguintes equações de regressão linear múltipla (Tabela 19).

Nos ambientes de decomposição denominado de depressão e misto, foi selecionada a equação de regressão linear simples $Y = \beta_0 + \beta_1 t$, e no ambiente elevado, a equação linear múltipla $Y = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2$, todos os modelos apresentaram coeficientes e testes F significativos ao nível de 1% de probabilidade, coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj}(\%)$) acima de 90% e coeficiente de variação ($CV(\%)$) abaixo de 20%, considerados médios na literatura pertinente. Os modelos apresentaram também os seguintes coeficientes de correlação (r): ambiente elevado, $r = -0,9459$ ($p < 0,001$); ambiente depressão $r = -0,9655$, ($p < 0,001$) e ambiente misto $r = -0,9667$ ($p < 0,001$).

TABELA 19 – MODELOS DE REGRESSÃO PARA AJUSTE DAS CURVAS DE DECOMPOSIÇÃO, NOS AMBIENTES: ELEVADO, DEPRESSÃO E MISTO, FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL, RIO BARIGÜI, ARAUCÁRIA, PR

Ambiente	Equações	F	R ² aj(%)	S _{yx}	CV(%)
Elevado	$Y = 1,627669 - 0,394212 \cdot t + 0,0248165 \cdot t^2$	425,00**	95,61	0,120605	17,25
Depressão	$Y = 1,61772 - 0,186179 \cdot t$	608,22**	93,53	0,134499	14,31
Misto	$Y = 1,54992 - 0,148005 \cdot t$	611,62**	93,56	0,106623	10,51

(**) significativo ao nível de 1%; Y = Peso seco remanescente em porcentagem; t = tempo de decomposição em mês do ano.

LUIZÃO (1982), testando o ajustamento da curva teórica aos valores experimentais, observou que o modelo exponencial simples apresenta um ajustamento satisfatório para a estação seca. Entretanto, segundo o autor, esse modelo é falho em grande parte na estação chuvosa. No presente estudo, os modelos teóricos de regressão linear múltipla para cada um dos ambientes foram satisfatórios e constituíram-se em uma boa descrição dos dados experimentais.

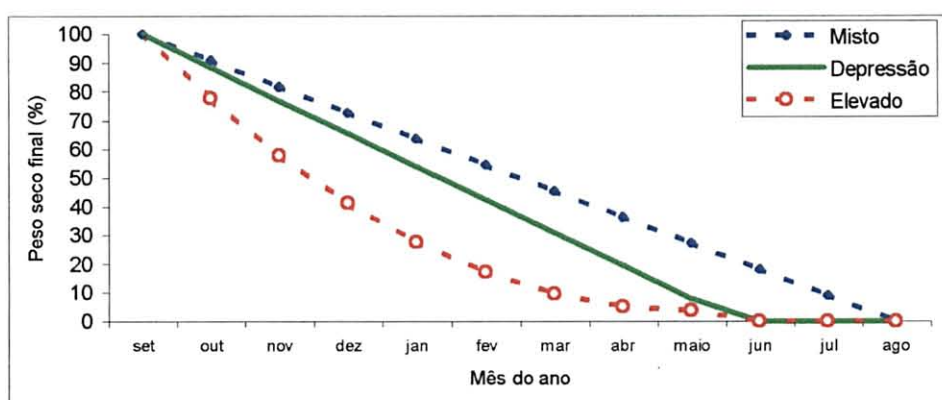
Observa-se pela Figura 11, as curvas de decomposição, ajustadas para cada ambiente, com base nos modelos de regressão (Tabela 19). O padrão dessas curvas é semelhante às de decomposição apresentadas na Figura 10. Isto indica uma tendência acentuada de decomposição, principalmente no ambiente elevado, que coincide com a primavera e o verão.

Resultados semelhantes foram observados por POGGIANI (1992) e PORTES (2000), indicando que a decomposição normalmente é mais rápida nos períodos mais quentes e úmidos do ano (primavera e verão), quando a atividade biológica é alta e favorecida pela quantidade de nutrientes disponíveis no solo.

No ambiente aluvial da floresta estudada, a inundação no início da primavera e a contaminação da serapilheira por sedimentos minerais parecem não ter influenciado o comportamento padrão de decomposição. Entretanto, é visível a quantidade de sedimentos aderidos na superfície da serapilheira acumulada no piso da floresta. A partir destas observações, é possível que, nesse ambiente possa

existir uma sincronia entre a maior taxa de deposição foliar, no inverno, com a adição de nutrientes, oriunda das inundações, na primavera. Esse fenômeno pode potencializar o estoque e o fluxo de nutrientes, em benefício das comunidades do ecossistema aluvial.

FIGURA 11 - CURVAS DE DECOMPOSIÇÃO (%) AJUSTADAS PARA OS AMBIENTES: DEPRESSÃO, ELEVADO E MISTO, FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL, RIO BARIGÜI, ARAUCÁRIA, PR



Por meio das taxas de decomposição (k), de acordo com OLSON (1963), verificaram-se, aos 240 dias, valores acima 1,44 (Tabela 20), que demonstraram um tempo médio de decomposição em menos de um ano para o ambiente elevado. No ambiente depressão, esse tempo foi de 14 meses, e no ambiente misto de 25 meses. Na Amazônia, a taxa média de decomposição de serapilheira da floresta de baixio (próxima ao córrego de água) foi de 1,37, durante a estação chuvosa; e o tempo médio de decomposição ($t_{50\%} = 0,92$) foi em menos de um ano (LUIZÃO, 1982). Considerando as estimativas de k , para o ambiente elevado, percebe-se que os valores são próximos aos valores de k , observados para a floresta de baixio da Amazônia.

Comparando o coeficiente de decomposição (k) obtido pelo método direto ao coeficiente k do método indireto, verificou-se que os valores de k , estimados para o ambiente misto ($k=1,44$), estão próximos dos coeficientes k encontrados pelo método indireto, para fração foliar no verão ($k=1,43$), e para a serapilheira total, na primavera ($k=1,45$).

TABELA 20 – COEFICIENTES DE DECOMPOSIÇÃO k' E k , TAXA MÉDIA (t) DE DECOMPOSIÇÃO DE 50% E 95% DO MATERIAL FOLIAR, AMBIENTES: ELEVADO, DEPRESSÃO E MISTO

Dias	P.s (%)	k'	k	$t_{50\%}$	$t_{95\%}$
ELEVADO					
0	100	000	0,00	0,00	0,00
240	4	0,96	3,26	0,21	0,92
DEPRESSÃO					
240	8	0,92	2,53	0,27	1,18
MISTO					
240	24	0,76	1,44	0,48	2,08

Diante desses resultados, constatou-se que a metodologia de avaliação da decomposição pelo método indireto, poderá ser utilizada sem prejuízo na estimativa da taxa de decomposição para o ambiente aluvial. O método de avaliação indireto, além de apresentar a vantagem de baixo custo, por causa do custo dos materiais utilizados pela avaliação da decomposição pelo método direto, possibilita a avaliação da taxa de decomposição instantânea para todas as frações de serapilheira, e não somente da fração foliar, desde que as frações estejam devidamente separadas. Contudo, quando o ambiente estiver inundado, as amostragens não poderão ser realizadas.

4.3.3 Decomposição Sazonal pelo Método Direto

No ensaio de decomposição de serapilheira por estação do ano, observou-se, aos 30 dias, uma perda de peso do material foliar no processo de decomposição, na seguinte ordem: verão > outono > primavera = inverno, demonstrando que no verão e no outono ocorreram perdas acentuadas na fase inicial de decomposição, cerca de 40% e 30% nos primeiros 30 dias. Na primavera e no inverno, estas perdas foram mais modestas, cerca de 19 % e 18 %, respectivamente (Tabela 21).

TABELA 21 – PESO SECO REMANESCENTE (g) DE MATERIAL FOLIAR, EM PROCESSO DE DECOMPOSIÇÃO, POR ESTAÇÃO DO ANO

Período Dias	Estação do ano				Médias
	Inverno	Primavera	Verão	Outono	
30	6,55 aA	6,49 aA	4,77 aC	5,61 aB	5,86 a
60	4,66 bA	4,56 bA	3,10 bB	3,11 bB	3,86 b
90	3,52 cA	2,59 cB	2,11 cC	2,26 cBC	2,62 c
120	2,73 dA	1,61 dB	1,63 cB	1,48 dB	1,86 d
Médias	4,37 A	3,811 B	2,90 C	3,11 C	

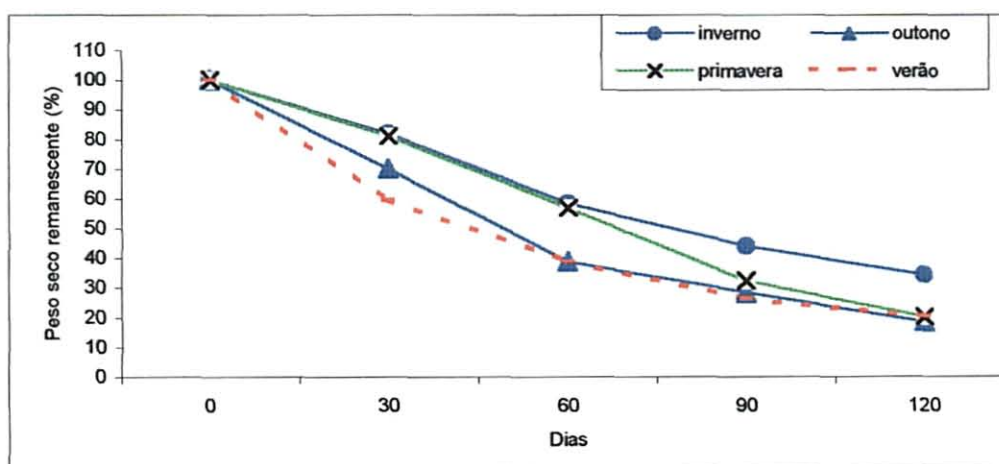
Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e letras maiúscula na linha, não diferem entre si, a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Entretanto, à medida que a primavera avança, a decomposição apresenta tendência a acompanhar as taxas de decomposição do verão e outono. Pela Figura 12, é possível observar que, no intervalo de 60 a 90 dias, a curva de decomposição da primavera é mais acentuada e conseqüentemente a taxa de decomposição é maior com a proximidade do verão (120 dias).

A perda acentuada de material foliar no verão e no outono, principalmente nos primeiros 60 dias, pode ser analisada de acordo com o enunciado de SWIFT *et al.* (1979), que descreveu o comportamento da decomposição em duas fases. Na primeira, as perdas de peso do material foliar são maiores e mais rápidas; na segunda, as perdas são menores e gradativamente mais lentas. LEBRUM (1987) corroborando com essa idéia, ressalta que, na fase inicial, os fatores mais atuantes são os físicos, químicos e climáticos, principalmente a precipitação. Estes fatos foram observados no processo de decomposição do presente estudo.

Aos 120 dias, período de transição entre as estações do ano, observou-se que a decomposição apresenta a seguinte ordem: primavera = verão = outono > inverno (Tabela 21). Nesse período, somente a decomposição do inverno difere estatisticamente das demais estações, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. Esse resultado pode ser visualizado através da curva de decomposição da primavera (Figura 12), cuja tendência da taxa de decomposição, aos 120 dias, foi igualar-se às taxas do verão e do outono.

FIGURA 12 – CURVA DE DECOMPOSIÇÃO (%), POR ESTAÇÕES DO ANO, FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL, RIO BARIGÜI, ARAUCÁRIA, PR



As estimativas das taxas de decomposição (Tabela 22) demonstraram que o coeficiente k foi maior que um, para todas as estações do ano. Com base nestas estimativas, verificou-se que o tempo médio de decomposição de 95% do material foliar foi de 33 meses, nas condições climáticas do inverno. No entanto, nas condições do outono, verão e primavera, o tempo estimado foi de 22 meses.

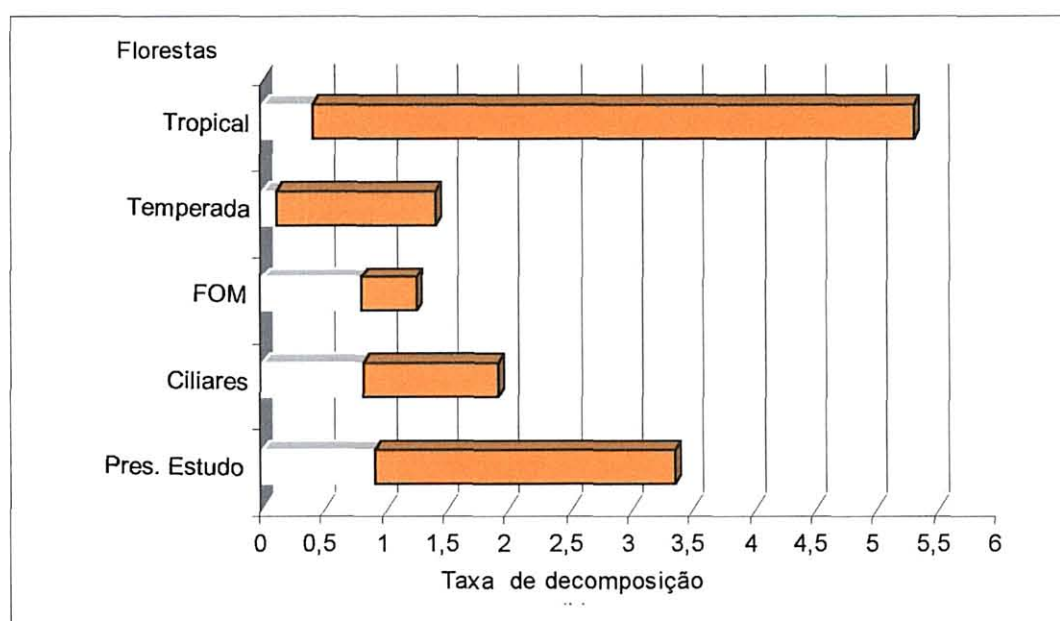
TABELA 22 – PESO SECO REMANESCENTE (% P_i), COEFICIENTES DE DECOMPOSIÇÃO k' E k , E TEMPO DE DECOMPOSIÇÃO DE 50% E 95%, POR ESTAÇÃO DO ANO

Dias	(% P_i)	k'	k	$t_{50\%}$	$t_{95\%}$
VERÃO					
0	100	-0-	-0-	-0-	-0-
120	20	0,80	1,63	0,43	1,84
OUTONO					
120	19	0,81	1,71	0,41	1,75
INVERNO					
120	34	0,66	1,08	0,64	2,78
PRIMAVERA					
120	20	0,80	1,62	0,43	1,85

Esses dados reforçam os resultados encontrados pelo método indireto e confirmam que a decomposição foliar nesse ambiente é mais rápida nos períodos mais quentes e úmidos do ano. Segundo POGGIANI (1992) e PORTES (2000), nesse período do ano, as atividades biológicas no solo são favorecidas pela disponibilidade de nutrientes.

Considerando os resultados obtidos nos três ensaios de decomposição, o coeficiente k variou de 0,87 a 3,26 (Figura 13). Este intervalo foi construído com base nos seguintes coeficientes: i) valores de k (0,87 a 1,73), obtidos no ensaio de decomposição pelo método indireto para fração foliar; ii) valores de k (1,44 a 3,26), resultantes das taxas de decomposição pelo método direto, aos 240 dias; iii) valores de k (1,08 a 1,71) estimados para o ensaio de decomposição sazonal, aos 120 dias.

FIGURA 13 – TAXAS DE DECOMPOSIÇÃO (k) EM FLORESTAS TROPICAIS (0,3–5,3), FLORESTAS DE CLIMA TEMPERADO (0,1–1,4), FLORESTA COM ARAUCÁRIA - FOM (0,7-1,1), FLORESTAS CILIARES (0,8-1,7) E DO PRESENTE ESTUDO (0,9-3,3)



Fonte: Connell & Sankaran, 1998; Correia & Andrade, 1999; Floss, et al., 1999.

Deste modo, verificou-se que o valor médio do coeficiente k (2,00) para decomposição foliar dessa floresta, foi maior do que as médias de k estimadas para florestas ciliares (1,3). Foi maior que as médias estimadas para Floresta Ombrófila Mista Montana (0,9) e também das florestas de clima temperado (0,8). No entanto, essa média ($k = 2,0$) ficou posicionada no intervalo mediano inicial dos valores de k (0,3 a 5,3) estimados para florestas tropicais.

4.3.4 Liberação de Nutrientes com a Decomposição de Serapilheira

Pôde-se observar na Figura 14 que, nos primeiros 30 dias de decomposição, houve um aumento no teor de nutrientes para todos os elementos analisados, exceto para o cálcio nos ambientes depressão e misto. Em grande parte, este aumento foi provocado pela inundação da floresta, com início o das chuvas na primavera. Contudo, no intervalo de 30 dias para 90 dias, os teores de nitrogênio e fósforo continuaram aumentando, exceto P, no ambiente elevado. Neste ambiente, as perdas rápidas verificadas pela curva de liberação do fósforo, sugerem comportamento típico por lixiviação (LUIZÃO e SHUBART, 1986).

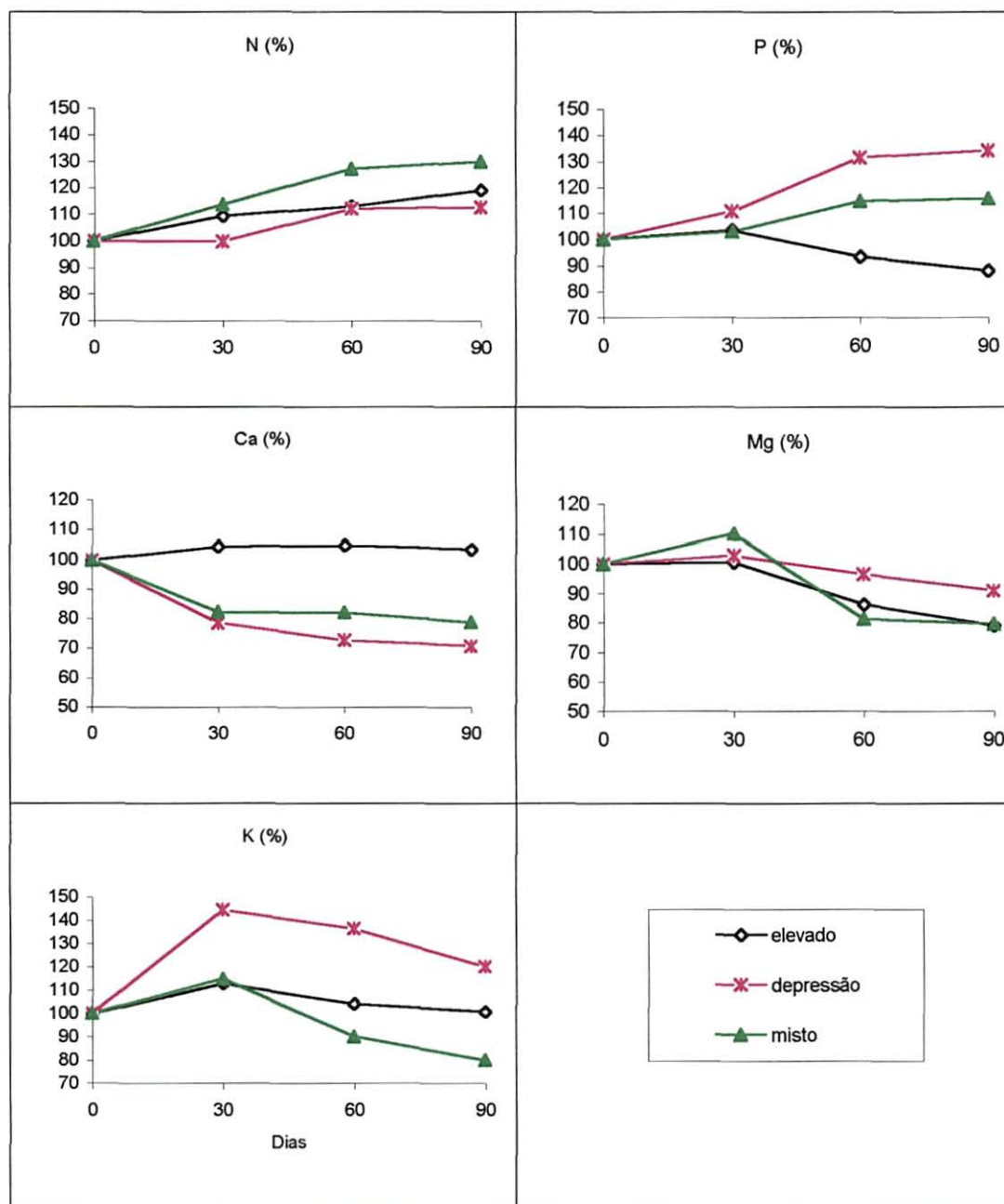
O incremento de N no início da decomposição tem sido observado por diferentes autores (GALVÃO; ZILLER e BUFREM, 1989/91; REBELO, 1994; ANDRADE, 1997). Um dos motivos sugeridos por esses autores para o incremento é a imobilização de nutrientes pelas atividades microbianas.

MASON (1980) explica que esse fenômeno ocorre em consequência de atividades de microorganismos, que fixam nitrogênio da atmosfera ou da água, enquanto utilizam uma fonte de carboidrato da serapilheira. Outras fontes são de origem do próprio substrato e de excrementos e resíduos da fauna, presentes no material em decomposição.

Nas bolsas de decomposição, nesse segmento do ambiente aluvial do rio Barigüi, observou-se, nos primeiros 6 meses de decomposição, a intensa presença de macrofauna do solo, na seguinte ordem: ambiente misto (268 ind./0,18m²) > ambiente depressão (238 ind./0,18m²) > ambiente elevado (170 ind./ 0,18m²). Os grupos de Amphipoda, Isopoda e Oligochaeta foram os organismos mais freqüentes no material em decomposição (Anexo 15). A maior presença de macrofauna, no

material foliar dos ambientes misto e depressão, pode ter colaborado para aumentar os teores de N e P, nos primeiros 90 dias de decomposição (Anexo 8).

FIGURA 14 – LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES (%) COM A DECOMPOSIÇÃO FOLIAR (90 DIAS) NOS AMBIENTES ELEVADO, DEPRESSÃO E MISTO



Na serapilheira de algumas espécies, a concentração de N pode aumentar com o processo de decomposição. GALVÃO; ZILLER e BUFREM (1989/91) observaram esse fenômeno na decomposição de folhas de *Cordia trichotoma*, na Floresta Estacional Decidual Submontana. BADRE; NOBELIS e TRÉMOLIÈRES (1998) encontraram resultados semelhantes, em ambiente de floresta aluvial, na decomposição de folhas de *Quercus robur*, *Fraxinus exelsior* e *Populus Alba*. Nesse processo, o aumento de nitrogênio melhora a relação C/N, proporcionando maior qualidade a serapilheira e aumento da taxa de decomposição.

No presente estudo, a relação C/N para folhas de *S. commersoniana* foi de 24,26, e a relação N/P, de 22,13. Para as folhas mistas, a relação C/N foi estimada em 21,78; e a relação N/P, em 21,46. Ressalta-se que, na relação C/N, valores próximos a 25 indicam o fornecimento de carbono e nitrogênio em proporções adequadas para acelerar os processos de decomposição (JORDAN, 1985).

Buscando uma explicação para relação N/P, ENRÍQUEZ; DUART e SAND JENSEN (1993) argumentam que esta relação está fortemente correlacionada a C/N. Conseqüentemente, quanto mais estreita for a relação N/P, maior a taxa de decomposição.

Os resultados obtidos, tanto para as folhas de *S. commersoniana*, como para folhas mistas, demonstraram relação C/N em proporções adequadas. Estes fatos justificam as altas taxas de decomposição no ambiente da planície aluvial do rio Barigüi.

O potássio, apesar do aumento no início da decomposição (30 dias), apresentou curvas com tendência a perdas rápidas no conteúdo remanescente de nutrientes (%), principalmente no ambiente misto (Anexo 8). Tal resultado confirma a performance desse elemento móvel, de fácil lixiviação, cujo conteúdo desaparece nas primeiras semanas de decomposição.

O cálcio, no ambiente depressão e misto, foi o único elemento que não ganhou aumento de conteúdo nos primeiros 30 dias. Entretanto, a liberação deste nutriente foi lenta e gradativa (Figura 14). Segundo MASON (1980), o cálcio é um elemento componente do complexo estrutural das moléculas das plantas, sendo, por isso, lixiviado mais vagorosamente.

As curvas de liberação do magnésio apresentam tendência semelhante à lixiviação de potássio, provavelmente devido ao fato do Mg fazer parte da molécula de clorofila (LARCHER, 1986), cuja liberação dos elementos do complexo da estrutura celular, está relacionada à perda de peso da serapilheira.

É importante ressaltar que, devido ao curto período de análise química do material em decomposição (90 dias), aliado à contaminação por colóides minerais pelas inundações, a discussão aprofundada a respeito do fluxo de nutrientes durante o processo de decomposição, ficou prejudicada.

4.4 CORRELAÇÃO ENTRE PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA E A ESTRUTURA DA FLORESTA

4.4.1 Correlação entre Produção e Variáveis Dendrométricas e Fitossociológica do Estrato Superior da Floresta

As análises de correlações entre a produção das frações de serapilheira (folha, galho e miscelânea) com DAP, área basal, altura total e densidade dos indivíduos do estrato superior estão expostas na Tabela 23. Com base nestas análises, observou-se que, somente a densidade e a altura total apresentaram correlação, significativa ao nível de 5% de probabilidade, com deposição de folhas e deposição de galhos.

No entanto, os coeficientes de correlação foram baixos, permitindo apenas as seguintes considerações.

É provável que exista uma relação direta entre a produção de serapilheira e a densidade das populações arbóreas. Contudo, é mais difícil explicar a relação negativa entre deposição foliar e altura total dos indivíduos do estrato superior da floresta.

Em referência às correlações entre as produções de serapilheira x densidade, é importante destacar que, nas 21 unidades amostrais, não foi observada diferença significativa entre as médias de produção foliar. No entanto, para as demais frações (galhos, miscelânea e serapilheira total), observaram-se diferenças estatísticas entre

as parcelas amostradas. BARDDAL (2003) também observou diferenças significativas na densidade de *S. commersoniana*, entre as parcelas da floresta estudada. Portanto, espera-se uma correlação mais forte entre a variável densidade x produção foliar.

Apesar da escassez de informações sobre a relação entre densidade e deposição de serapilheira, em florestas aluviais, tais relações podem ser observadas nos trabalhos de CARPANEZZI (1997); KOLM e POGGIANI (2003) em povoamentos florestais de *Mimosa scabrella*, *Eucalyptus* e *Pinus*. Esses autores relataram que, nos povoamentos mais novos ou mais adensados, verificam-se maiores quantidades de serapilheira. Na fase avançada ou com menor densidade, a produção diminui e é mais estável.

TABELA 23 - MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE A PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA E A ESTRUTURA DO ESTRATO SUPERIOR DA FLORESTA, COM RESPECTIVOS COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO (r) E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA (p)

Correlação (r) Significância(p)	P.folha	P.galho	P.misc.	P.total	A. basal	DAP	Densidad	Altura
Peso de folha	1,000							
Peso de galho	-0,095 0,546 ns	1,000						
Peso de miscelânea	-0,036 0,822 ns	-0,012 0,937ns	1,000					
Peso de s. total	0,562 0,001 **	0,454 0,002 **	0,622 0,000 **	1,000				
Área basal	-0,254 0,105 ns	0,235 0,135 ns	0,224 0,154 ns	0,107 0,498 ns	1,000			
DAP	-0,245 0,118 ns	0,246 0,116 ns	0,221 0,159 ns	0,117 0,459 ns	0,992 0,001 **	1,000		
Densidade	0,329 0,033 *	-0,310 0,045 *	-0,192 0,223 ns	-0,078 0,623 ns	0,604 0,001 **	-0,626 0,001 **	1,000	
Altura total	-0,350 0,022 *	0,307 0,047 *	0,239 0,126 ns	0,094 0,552 ns	0,475 0,001 **	0,441 0,003 **	0,822 0,001 **	1,000

(*) significativo a nível de 5% de probabilidade; (**) significativo a nível de 1% de probabilidade; (ns) não significativo. (n = 42)

P.folha = peso seco de folha; P.galho = peso seco de galho; P.misc.= peso seco de miscelânea; P.total = peso seco de serapilheira total; Ab.total = área basal total.

Portanto, apesar dos baixos coeficientes de correlações obtidos no presente trabalho, os resultados levantam a possibilidade de realmente existir uma correlação positiva entre a produção foliar e a densidade da floresta na planície aluvial, deste segmento do rio Barigüi.

Interpretando a correlação entre altura e produção de serapilheira, SAENGER e SNEDAKER (1993), em ampla revisão sobre esta relação, constataram correlação positiva entre produção de serapilheira e a altura das árvores em ecossistema de manguezal. No entanto, para estes autores, essa relação não é aleatória. Argumentam que a altura é utilizada como um parâmetro estrutural de desenvolvimento, sugerindo assim, que a correlação com altura reflete apenas a inter-relação de ambas com outras variáveis, que afetam a produção orgânica.

Portanto, tais correlações ainda não são bem explicadas. Para um melhor esclarecimento, outras variáveis necessitam ser incluídas, tais como: estágio de formação de copas ou de sua expansão, a desrama natural, assim como, a altura do ponto de inversão morfológica, dentre outros.

4.4.2 Correlação entre Produção e Variáveis Dendrométricas e Fitossociológica do Estrato Intermediário da Floresta

Na Tabela 24 estão expressas as análises de correlações entre a produção das frações de serapilheira (folha, galho e miscelânea) com diâmetro basal, área basal, densidade e altura total dos indivíduos do sub-bosque.

Com base nos níveis de significância, verificou-se que a densidade apresentou correlação positiva com as frações galhos, miscelânea e serapilheira total. Para a fração folhas, foi observada correlação positiva com as seguintes variáveis dendrométricas: diâmetro basal, área basal e altura total. Contudo, estas variáveis dendrométricas apresentaram correlação negativa com a fração galhos (Tabela 24).

Não obstante a probabilidade aos níveis 1% e 5% de significância, os coeficientes de correlação foram baixos; com isso, merecem comentários as seguintes correlações:

i) correlação positiva entre deposição de folhas x diâmetro basal, área basal e altura total. Destacando-se a importância destas variáveis dendrométricas no crescimento dos indivíduos do sub-bosque, os resultados da análise de correlação podem ser considerados como esperados, pelo fato de que, quanto maior a deposição de folhas, maior será a entrada de luz no interior da floresta. Conseqüentemente, maior a entrada de fontes primárias de produção vegetal para o desenvolvimento dos indivíduos no compartimento intermediário da floresta.

ii) correlação negativa entre deposição de galhos x altura total. É possível que a queda de galhos, interrelacionada com outros fatores, tenha provocado a quebra de plantas no sub-bosque, conferindo aos indivíduos quebrados, menor incremento em altura.

TABELA 24 - MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE A PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA E A VEGETAÇÃO DO SUB-BOSQUE, COM SEUS RESPECTIVOS COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO (r) E NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA (p)

Correlação (r) Significância(p)	P.Folha	P.Galho	P Misc.	P.Total	D. A.	D. B	A. B	Altura
P.Folha	1,000							
P.Galho	-0,096 0,546 ns	1,000						
P.Miscelânea	-0,036 0,820 ns	-0,012 0,938 ns	1,000					
P.Total	0,562 0,000 **	0,454 0,003 **	0,622 0,000 **	1,000				
D. A	-0,151 0,340 ns	0,485 0,001 **	0,377 0,014 *	0,403 0,008 **	1,000			
D. B	0,373 0,015 *	-0,366 0,017 *	-0,224 0,154 ns	-0,100 0,528 ns	-0,507 0,001 **	1,000		
A. B.	0,334 0,031 *	-0,381 0,013 *	-0,232 0,140 ns	-0,138 0,385 ns	-0,500 0,001 **	0,983 0,000 **	1,000	
Altura	0,449 0,003 **	-0,340 0,028 *	-0,216 0,170 ns	-0,033 0,835 ns	-0,387 0,011 **	0,890 0,001 **	0,891 0,001 **	1,000

(*) significativo ao nível de 5% de probabilidade; (**) significativo ao nível de 1% de probabilidade (ns) não significativo; (n= 42).

P.Folha = peso seco de folhas, P.Galho = peso seco de galho, P. miscelânea = peso seco de miscelânea, P.Total = peso seco total, D.A = densidade absoluta, D. B = diâmetro basal, A. B. = área basal.

iii) correlação positiva entre deposição de galhos x densidade. Esta relação pode estar ocorrendo por causa da maior queda de galhos quebrados, verificada na primavera e por ocasião dos forte temporais ao longo do ano, nessa região. Os galhos quebrados, ao cair no interior da floresta, contribuem para a abertura de pequenas clareiras no dossel, e conseqüentemente, para a entrada de luz no sub-bosque. A abertura de pequenas clareiras na floresta, pode favorecer a chegada e o estabelecimento de novos indivíduos, assim como, pode favorecer o crescimento dos indivíduos que já estão estabelecidos no sub-bosque.

Segundo RICHARDS (1998), a quebra de um ou mais galhos, geralmente, provoca pequenas clareiras, que favorecem a expansão de novos galhos das árvores vizinhas, o crescimento de espécies tolerantes ao sombreamento e a regeneração das espécies do dossel. Durante o período de estudo, percebeu-se uma baixa incidência de médias e grandes clareiras, provocadas por queda de árvores, ou pela quebra de copa inteira de árvores. Este fato amplia a importância das pequenas clareiras nessa comunidade florestal.

4.5 CORRELAÇÃO ENTRE PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA E VARIÁVEIS AMBIENTAIS

4.5.1. Correlação entre Produção e Variáveis Meteorológicas e Nível do Lençol Freático

Os coeficientes de correlações, com os respectivos níveis de significância para produção das frações de serapilheira (folhas, galhos, miscelânea e serapilheira total) com variáveis meteorológicas (precipitação, temperatura, UR, ventos) e nível do lençol freático, são apresentados na Tabela 25.

Na análise de correlação, entre a deposição foliar e variável meteorológica, verificaram-se coeficientes de correlações negativos e significativos, com temperaturas mínimas e temperaturas médias (Tabela 25). Os coeficientes são considerados medianos, porém indicam que, quanto menor a temperatura, maior a deposição de folhas, esses resultados confirmam que a maior produção foliar ocorre no inverno.

TABELA 25 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO, COM RESPECTIVOS NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA, PARA PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA E VARIÁVEIS AMBIENTAIS (MÉTODOS METEOROLÓGICAS E NÍVEL DO LENÇOL FREÁTICO)

	P folha	P galho	P miscel.	P total	Prec.total	T.máxima	T.mínima	T.média	UR.max	UR.mini	URmédia	Vento	L.freático
P folha	1,00												
P galho	0,3425 0,0938 ns	1,00											
P miscel.	-0,2411 0,2456 ns	0,4346 0,030 **	1,00										
P total	0,8754 0,0000 **	0,6908 0,0001 **	0,214 0,303 ns	1,00									
Prec. total	-0,1133 0,5899 ns	0,2509 0,2264 ns	0,566 0,003 **	0,143 0,496 ns	1,00								
T.máxima	-0,2256 0,2781 ns	0,2932 0,155 ns	0,162 0,436 ns	-0,067 0,751 ns	0,196 0,347 ns	1,00							
T.mínima	-0,4746 0,0165 *	-0,0439 0,835 ns	0,446 0,025 *	-0,282 0,172 ns	0,310 0,131 ns	0,093 0,657 ns	1,00						
T.média	-0,4956 0,0118 *	0,0802 0,703 ns	0,413 0,040 *	-0,278 0,179 ns	0,296 0,150 ns	0,532 0,006 **	0,858 0,001 **	1,00					
UR.maxima	0,0889 0,6727 ns	0,2006 0,336 ns	-0,121 0,562 ns	0,092 0,663 ns	0,175 0,402 ns	0,676 0,001 **	-0,366 0,072 ns	-0,022 0,917 ns	1,00				
UR.minima	-0,049 0,8162 ns	-0,1413 0,500 ns	0,238 0,252 ns	-0,006 0,977 ns	0,087 0,677 ns	-0,752 0,001 **	0,508 0,009 **	0,084 0,690 ns	-0,821 0,001 **	1,00			
UR.media	-0,1478 0,4809 ns	-0,2955 0,152 ns	-0,136 0,516 ns	-0,247 0,235 ns	0,193 0,354 ns	0,087 0,679 ns	-0,047 0,823 ns	-0,108 0,607 ns	0,236 0,255 ns	-0,097 0,644 ns	1,00		
Vento	0,0721 0,7318 ns	0,4399 0,028 *	0,052 0,803 ns	0,194 0,353 ns	0,172 0,412 ns	0,523 0,007 **	-0,433 0,031 *	-0,133 0,526 ns	0,591 0,002 **	-0,661 0,001 **	0,102 0,627 ns	1,00	
L.freático	0,1902 0,3626 ns	-0,5397 0,005 **	-0,578 0,002 **	-0,156 0,456 ns	-0,349 0,086 ns	-0,228 0,273 ns	-0,191 0,362 ns	-0,237 0,254 ns	0,126 0,546 ns	-0,071 0,736 ns	0,094 0,653 ns	-0,396 0,049 **	1,00

(*) significativo ao nível de 1%, (**) significativo ao nível de 5%, (ns) não significativo (n = 24)

P Folha = peso seco de folhas, P Galho = peso seco de galho, P miscel. = peso seco de miscelânea, P.total = peso seco total; Prec.total = precipitação total, T.máxima = temperatura máxima, T.mínima = temperatura mínima = T.média = temperatura média, UR.máxima = umidade relativa do ar máxima, UR.mínima = umidade relativa mínima, UR.média = umidade relativa do ar média, Vento = velocidade média do vento, L. freático = nível do lençol freático.

Segundo MORELLATO e LEITÃO FILHO (1990), nas florestas decíduais e semidecíduais, os padrões fenológicos sazonais acompanham a estacionalidade climática. Porém, nas florestas pluviais e sempre verdes, nem sempre o desencadeamento da fenofase varia com as condições climáticas. CARPANEZZI (1997), estudando o comportamento de *Mimosa scabrella* na Região Metropolitana de Curitiba, PR, explica que, na ausência de déficit hídrico, a temperatura parece ser o principal mecanismo de acionamento da caducidade foliar, em área de domínio da Floresta Ombrófila Mista.

Os resultados apresentados neste trabalho demonstram que a sazonalidade de deposição foliar, nesse segmento da floresta aluvial, está associada à espécie dominante e a estacionalidade climática.

Nas correlações entre a deposição de galhos e variáveis ambientais, verificou-se correlação positiva com a velocidade média dos ventos, e correlação negativa com o nível do lençol freático. Apesar do coeficiente de correlação ser mediano, são evidentes as maiores deposições de galhos com os temporais que ocorrem na primavera e no decorrer do ano na região do presente estudo (Anexo 1).

Segundo HAAG *et al.* (1985), as maiores deposições de galhos e acículas, estão relacionadas à época em que ocorrem os maiores temporais acompanhados de vento fortes. BRITZ *et al.* (1992) relatam que a maior queda de galhos no mês de janeiro ocorreu devido às intensas chuvas e ventos incidentes nesse mês.

Portanto, não se pode ignorar a correlação positiva entre galhos e velocidade média dos ventos, mesmo sendo mediana.

Com referência à correlação negativa entre a deposição de galhos e o nível do lençol freático, é necessário aprofundar as investigações e formular hipóteses, levando-se em consideração as inter-relações com outras variáveis ambientais, como: a profundidade da raiz, altura das árvores, atrito entre as copas das árvores e a estabilidade dos indivíduos durante os temporais.

Na análise de correlação com a fração miscelânea, verificou-se que este compartimento apresentou correlação positiva com precipitação, temperatura mínima e temperatura média, além de correlação negativa com o nível do lençol freático.

Não obstante os coeficientes serem considerados baixos e medianos, conduzem às seguintes explicações: considerando-se que os principais

componentes da fração miscelânea foram flores e frutos, e que a maior deposição foi no período da primavera e verão, esperava-se um coeficiente de correlação positivo e maior, entre deposição de flores e frutos, com temperatura e precipitação.

Referindo-se à correlação negativa entre miscelânea e nível do lençol freático, pode-se inferir que esteja relacionada aos aspectos ecofisiológicos das plantas. De acordo com a literatura pertinente, na fenofase reprodutiva, qualquer perturbação, tal como o estresse hídrico (menor nível do lençol freático) pode provocar abscisão imediata de botões florais, flores e frutos imaturos.

No estudo de fenologia na planície litorânea, TALORA e MORELLATO (2000) encontraram correlação positiva entre floração e temperatura média, e correlação negativa com frutificação. PORTES (2000) também registrou correlação positiva entre a deposição de flores e a temperatura média, mínima, máxima e precipitação total. No presente trabalho, as possíveis explicações para os baixos coeficientes podem ser uma consequência da não separação de flores e frutos da fração miscelânea propriamente dita.

De acordo MORELLATO e LEITÃO FILHO (1996), nas regiões com estações climáticas mais definidas, as espécies vegetais apresentam maior periodicidade na produção de flores, folhas e frutos. A alternância de estações (secas e úmidas) é apontada como o principal fator envolvido no desencadeamento das fenofases.

A produção de serapilheira total não apresentou correlação significativa com as variáveis ambientais testadas, apesar das tendências de dependência da deposição de folhas, galhos e miscelânea com as variáveis meteorológicas precipitação, temperatura e vento, quando analisadas separadamente.

5 CONCLUSÕES

Considerando os resultados obtidos no estudo de produção e decomposição de um segmento da Floresta Ombrófila Mista Aluvial, rio Barigüi, Araucária, PR, pôde-se concluir que:

A produção de serapilheira foi estimada em $9,4 \text{ Mg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$. Esses valores indicam que, a produção de serapilheira dessa floresta é similar a produção das florestas ciliares estacionais (região da Floresta Estacional Semidecidual, média de $9,6 \text{ Mg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) e das florestas ciliares tropicais (região da Floresta Ombrófila Densa, média de $9,8 \text{ Mg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$);

A maior produção de serapilheira ocorreu no inverno, e julho foi o mês de maior produção. Esse período, coincide com a fenologia de *Sebastiania commersoniana*, espécie decidual mais importante desse segmento da floresta aluvial. A menor produção de serapilheira ocorreu no verão, e março foi o mês de menor produção. Nesse período ocorre maior incidência de chuvas e temperaturas mais altas. Deste modo, pode-se atribuir que, essa floresta apresenta produção sazonal de serapilheira;

A serapilheira total acumulada sobre o solo da floresta, foi estimada em $8,8 \text{ Mg.ha}^{-1}$. O maior acúmulo de serapilheira ocorreu no inverno, e o menor no verão. Esses fatos demonstram que, nesse ambiente existe um padrão temporal de acúmulo e produção de serapilheira;

O coeficiente k (taxa instantânea de decomposição), obtido para a fração serapilheira total acumulada foi semelhante ao estimado para a fração folhas acumuladas. Com isto, pôde-se inferir que, pelo método indireto de avaliação, as estimativas observadas para a fração foliar explicam melhor o processo de decomposição que ocorre nessa floresta.

A maior velocidade de decomposição ocorre no período mais quente e úmido do ano (primavera e verão), e a taxa de decomposição é rápida para todas as estações do ano. Portanto, o tempo médio para decompor 50% do material foliar ocorre em menos de um ano (126 dias), situando-se num intervalo mediano inicial das florestas tropicais;

Com a serapilheira retornaram $411 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ de nutrientes minerais e $4,0 \text{ Mg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ de carbono orgânico. As concentrações de nutrientes na serapilheira desse ecossistema apresentaram o seguinte padrão: $\text{N} > \text{Ca} > \text{K} > \text{Mg} > \text{P}$. As folhas e miscelânea são as frações que concentraram as maiores quantidades de nutrientes. Esse padrão assume a tendência observada para os ecossistemas florestais tropicais;

Com base na relação entre produção de serapilheira e conteúdo de N, P e Ca, demonstrou-se que esse ecossistema possui baixa eficiência de nutrientes, apesar de aparentes estratégias de conservação de nutrientes demonstrada pelas espécies arbóreas, tais como: intenso epifitismo, ritidomas espessos e investimento em biomassa, por meio de múltiplos troncos;

As folhas de *Sebastiania commersoniana*, e das demais espécies, apresentaram relação C/N e NP variando entre 21 a 24. Esses valores indicam que, a fração foliar possui carbono, nitrogênio e fósforo em proporções adequadas para os organismos decompositores, conseqüentemente, a decomposição é mais rápida;

Os resultados demonstraram dois importantes processos da ciclagem de nutrientes. No verão e outono o ciclo biogeoquímico é mais acentuado. Período em que a comunidade está absorvendo e acumulando nutrientes. Por isso, a serapilheira apresenta maiores teores de nutrientes e a deposição é menor. No inverno e primavera destaca-se o ciclo bioquímico. Nesse período, a comunidade está retranslocando nutrientes para outros compartimentos da planta, antes da abscisão e queda das folhas. Portanto, os teores de nutrientes na serapilheira são menores, quando a deposição é maior;

Com base nas estimativas de carbono orgânico, pode-se inferir que, as planícies aluviais do rio Barigüi são importantes depósitos de carbono, confirmando uma das funções desempenhadas por esses ambientes, que é a captação de CO₂ pelas florestas e o acúmulo de carbono no solo.

As correlações entre produção de serapilheira e as principais variáveis dendrométricas, fitossociológica e variáveis ambientais (meteorológicas, e nível do lençol freático) foram baixas. Sendo assim, indicaram as seguintes tendências:

- i) a maior produção de serapilheira está relacionada a maior densidade das populações arbóreas do estrato superior;
- ii) os incrementos em diâmetro basal, área basal e densidade das populações do sub-bosque podem estar sendo influenciados pela maior deposição de serapilheira, em decorrência da maior entrada de luz no interior da floresta;
- iii) as maiores deposições de folhas estão relacionadas ao período de temperaturas mais baixas;
- iv) as maiores deposições de galhos estão relacionadas ao período de maior velocidade dos ventos e ao menor nível do lençol freático;
- v) as maiores deposições de miscelânea estão relacionadas ao período de maior intensidade de chuvas, temperaturas mais altas e também ao menor nível do lençol freático.

6. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Considerando-se as análises florísticas e fitossociológicas da vegetação do estrato superior e do estrato intermediário da floresta, pôde-se inferir que:

- i) com base no DAP e altura pode-se caracterizar a floresta como de médio porte e com alta densidade;
- ii) a alta densidade e a ocorrência de árvores de múltiplos troncos, podem ser consideradas como uma forma de adaptação das espécies arbóreas na ocupação do espaço vertical e horizontal na planície aluvial. A alta densidade permite aumentar a superfície de cobertura e a quantidade de biomassa da floresta. A maior cobertura vegetal pode aumentar a capacidade da superfície da floresta na captação e retenção de água da chuva e, conseqüentemente, controlar o deflúvio na microbacia;
- iii) a presença de folhas com escleromorfia, ritidoma espesso, alto epifitismo e acúmulo de biomassa por meio da alta densidade, são possíveis mecanismos de conservação e armazenamento de nutrientes;
- iv) levando-se em conta, a freqüência de árvores de múltiplos troncos e o papel que essa floresta desempenha nos processos hidrológico do ecossistema, recomenda-se o inventário pelo número de troncos e não pelo número de árvores. Do ponto de vista ecológico, isto permite um melhor entendimento da estrutura e da dinâmica da floresta;
- v) os incrementos, das variáveis dendrométricas e fitossociológicas, podem ser melhor explicados com os estudos dos incrementos das populações das diferentes espécies dessa floresta.

As inundações periódicas são potencialmente um meio de transporte importante de nutrientes minerais, para este segmento da floresta aluvial. A permanência desses nutrientes no ambiente, parece depender da estratégia e da capacidade do ecossistema em distribuir e estocar esses nutrientes nos diferentes compartimentos da floresta. A comunidade arbórea pode conservar esses estoques de nutrientes,

por meio da maior densidade de plantas no sub-bosque, dos múltiplos troncos e das associações com as epífitas.

Considerando a escassez de informações sobre as florestas de planícies aluviais da bacia hidrográfica do rio Iguaçu, recomenda-se:

- i) quantificar a produção de serapilheira das principais espécies, objetivando estimar a eficiência de nutrientes destas espécies;
- ii) avaliar a produção individual de serapilheira das árvores com múltiplos fustes, objetivando a estimativa da produtividade desses indivíduos na planície aluvial;
- iii) separar as frações flores, frutos e epífitas da miscelânea propriamente dita, com a finalidade de determinar a fenofase reprodutiva das comunidades arbóreas e a produtividade epifítica no ambiente aluvial;
- iv) quantificar as entradas e saídas de nutrientes minerais e orgânicos pelas inundações, com objetivo de calcular o balanço de nutrientes no ambiente aluvial;
- v) estimar a densidade considerando cada fuste um indivíduo, objetivando alcançar correlações mais fortes entre DAP e altura, a fim de melhorar a estimativa de biomassa, onde predominam as árvores de múltiplos fustes.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB' SABER, A.N. O suporte geoecológico das florestas beiradeiras (ciliares). In: **Matas ciliares: conservação e recuperação**. Ricardo R. Rodrigues e Hermógenes F. Leitão Filho, (coords.), São Paulo: Edusp, Fapesp, 2000, p.15-25.

ABER, J.D. e MELILLO, J.M. **Terrestrial ecosystems**. Reinhart e Winston, Inc. Orlando, Florida/USA. 1980. 428p.

ANDERSON, J.M.; PROCTOR, J. e WALLACK, H.W. Ecological studies in four contrasting areas of lowland rain Forest in Gunung Mulu National Park. III. Decomposition processes and nutrient losses from leaf litter. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 71, p. 503 – 527, 1983.

ANDRADE, A.G. de. **Ciclagem de nutrientes e arquitetura radicular de leguminosas arbóreas de interesse para revegetação de solos degradados e estabilização de encosta**. Seropédica, 1997, 182p. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

ARROYO FILHO, A. e SCHLITTLER, F.H.M. Produção e decomposição de serapilheira na mata ciliar do ribeirão claro (município de Rio Claro, SP). **Vida Silvestre Neotropical**. 1996.

AZEVEDO, C.P. de; MUROYA, K.; GARCIA, L.C.; LIMA, R.M. de; MOURA, J.B. de e NEVES, E.J.M. Relação hipsométrica para quatro espécies florestais em plantio homogêneo e em diferentes idades, na Amazônia Ocidental. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo: Embrapa Floresta, v. 39, p. 5 – 29, 1999.

BADRE, B.; NOBELIS, P. e TRÉMOLIÈRES, M. Quantitative study and modelling of the decomposition in a European alluvial Forest. Is there an influence of overstorey

tree species on the decomposition of ivy litter (*Hedera helix L.*). *Acta Oecologica*, Paris, v. 19, n. 6, p. 491 – 500, 1998.

BARDDAL, M.L. **Aspectos florísticos e fitossociológico do componente arbóreo - arbustivo de uma Floresta Ombrófila Mista Aluvial - Araucária, PR.** Curitiba, 2002, 90p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

BARDDAL, M.L.; SOUSA, S.G.A de; POSSEBON, M.M.; PROTIL, C.Z. e ANDRADE, F.M. Fitossociologia de um trecho da floresta ciliar do rio Iraizinho., Piraquara, PR. In: Congresso de Ecologia do Brasil, 5., 2001, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre: SBE/UFRS, CD, seção Ecossistemas, 2001.

BARLOW, M. e CLARKE, T. **Ouro azul.** M. Books do Brasil Editora Ltda. 2003, 331p.

BANZATTO, D.A. e KRONKA, S. do N. **Experimentação agrícola.** 3 ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995, 274p.

BOCOK, K.L. e GILBERT, O.J.W. The disappearance of leaf litter under different woodland conditions. **Plant and soil**, v. 9, p. 179 – 185, 1957.

BRASIL, Departamento Nacional de Meteorologia - Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais Climatológicas 1961 – 1990.** Brasília: Embrapa SPI, 1992, 84p.

BRAY, J.R. e GORHAM, E. Litter production in forests of the world. In: CRAAG, J. B. **Advances in Ecological Research**, New York, v. 2, p.101-157, 1964.

BRITEZ, R. M. de; REISSMAN, C.B.; SILVA, S.M. e SANTOS FILHO, A. Deposição estacional de serapilheira e macronutrientes em uma floresta de araucária, São

Mateus do Sul, PR. IN: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Instituto Florestal, p. 766 – 772, 1992.

BRITEZ, R.M. **Ciclagem de nutrientes minerais em duas florestas da planície litorânea da Ilha do Mel, Paranaguá, PR.** Curitiba, 1994, 240p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná

BROMANN, H.F. e LIKENS, G.E. The nutrient cycles of an ecosystem. **Scientific America**, New York, v. 233, n. 4, p. 92 - 101, 1970.

BROWN, S. e LUGO A.E. **Biomass estimates for tropical moist Forest of the Brazilian Amazon.** S. Brown e A.E. Lugo (eds.), New York, 1990, 25p.

BROWN, S.; GILLESPIE, A.J.R.; LUGO, A.E. Biomass estimation methods for tropical Forest with applications to Forest inventory data. **Forest Science**, v. 35 n. 4 p. 881-902, 1989.

BUFREM, A.M. **Caracterização fitossociológica de um remanescente da floresta ripária do rio Pequeno, São Jose dos Pinhais, PR.** Curitiba, 1997, 87p. Dissertação (Mestrado em Botânica), Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná,

CALDEIRA, M.V.W. **Biomassa, serapilheira acumulada e nutrientes em uma Floresta Ombrófila Mista Montana, General Carneiro, PR.** Curitiba, 2003, 112p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

CARPANEZZI, A.A. **Deposição de material orgânico e nutrientes em uma floresta natural e em uma plantação de eucaliptos no interior do Estado de São Paulo.** Piracicaba, 1980, 107p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Escola Superior Luiz de Queiroz - Universidade de São Paulo.

CARPANEZZI, A.A. **Banco de sementes e deposição de folhedo e seus nutrientes em povoamento de bracatinga (*Mimosa scabrella* Bentham) na Região Metropolitana de Curitiba, PR.** Rio Claro, 1997, 177p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas), Universidade Estadual Paulista.

CARVALHO, A.R. **Avaliação da qualidade da água e da interação entre o ecossistema aquático, ecossistema terrestre em dois afluentes do rio Jacaré – Guaçu, na APA Corumbataí.** São Carlos, 1993, 114p. Dissertação (Mestrado em Ecologia), EESC / CRHEA - Universidade de São Paulo.

CARVALHO, J.; SOUSA, S.G.A. de; MARQUES, M.C.M. e RODERJAN, C.V. Diversidade na regeneração da Floresta Ombrófila Mista Aluvial, rio Barigüi, Araucária, PR. In: Simpósio Nacional sobre recuperação de áreas degradadas: água e biodiversidade, 5., 2002, Belo Horizonte, MG. **Anais...** Belo Horizonte: SOBRADE, p.105 – 186, 2002.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras.** 1ed. (1), Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, Colombo: Embrapa Floresta, 2003, 1039p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial.** São Paulo: Ed. Edgar Blucher, 1981, 110p.

CICCO, V. de; ARCOVA, F.C.S; SHIMOMICHI, P.Y. e FUJIEDA, M. Interceptação das chuvas por floresta natural secundária da Mata Atlântica, São Paulo. **Silvicultura em São Paulo**, v. 20 – 22, p. 25 – 30, 1986/1988.

CORREIA, M.E.F.; ANDRADE, A.G. de. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: **Fundamentos da Matéria Orgânica: Ecossistemas Tropicais & Subtropicais.** G.A. Santos e F.A.O. Camargo (ed.), Gênese, Porto Alegre. 1999, p.198-243.

CUNHA, G.C. da; GRENDENE, L.A.; DURLO, M.A. E BRESSAN, D.A. Dinâmica nutricional em Floresta Estacional Decidual com ênfase aos minerais provenientes da deposição da serapilheira. **Ciências Florestais**. Santa Maria, v. 3, n. 1, p. 35-64, 1993.

DELITTI, W.B.C. Ciclagem de nutrientes minerais em matas ciliares. IN: Simpósio sobre mata ciliar, 1., 1989, São Paulo, SP. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, p.88-98, 1989.

DELLITI, W.B.C. Estudos de ciclagem de nutrientes: instrumentos para análise funcional de ecossistemas terrestres. **Oecologia Brasiliensis**, v.1, p. 469 - 486, 1995.

DURIGAN, G. **Florística, fitossociologia e produção de folheto em matas ciliares da região oeste do Estado de São Paulo**. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Tese (Doutorado em Ciências - Biologia Vegetal), 1994, 149p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa Florestal. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado do Paraná**, Brasília: DDT, (Documentos, 17), 1986, 89p.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solo, (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa solos, 1999, 419p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Procedimentos normativos de levantamento pedológicos**. Brasília: Embrapa-SPI, 1999, 101p.

ENRÍQUEZ, S.; DUART, C.M. e SAND JENSEN, K. Patterns in decomposition rates among photosynthetic organisms: the importance of detritus C, N, P content. **Oecologia**, v. 94, p. 457 - 471, 1993.

FIGUEIREDO FILHO, A.; MORAES, G.F.; SCHAAF, L.B. FIGUEIREDO, D.J. de. Avaliação estacional da deposição de serapilheira em uma Floresta Ombrófila Mista localizada no sul do Estado do Paraná. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 3, n. 1, p. 11 – 18, 2003.

FINGER, C.A.G. **Fundamentos de biometria florestal**. Santa Maria: UFS – CEFET – FATEC, 1992. 269p.

FLOSS, P.A. & CALDATO, S.L. e BOHNER, J.A.M. Produção e decomposição de serapilheira na Floresta Ombrófila Mista da Reserva Florestal da Epagri/Embrapa de Caçador, SC. **Revista Agropecuária Catarinense**, Concórdia, v. 12, n. 2, p. 19 – 22, 1999.

FORMAN, R.T. Canope lichens with blue-green algae: a nitrogen source in a Colombian Rain Forest. **Ecology**, v. 56, p. 1176 – 1184, 1975.

FOSTER BROWN, I. NEPSTAD, D.C.; PIRES, I.O.; LUZ, L.M.; ALEXANDRE, A.S. Carbon storage and land-use in extractive reserves, Acre, Brazil. In: **Environmental Conservation**, New York, 1992, v. 19, n. 4, p. 307 – 315, 1992.

FUNPAR – Fundação da Universidade Federal do Paraná para o Desenvolvimento da Ciência, da Tecnologia e da Cultura. Diagnóstico e monitoramento da cobertura vegetal da área de influência direta e indireta do vazamento de óleo da Refinaria Presidente Getúlio Vargas - REPAR, Araucaria, PR. **Fase I - Diagnóstico: Relatório Final**, FUNPAR/REPAR/UFPR. Curitiba, 2001, 76p.

FUNPAR - Fundação da Universidade Federal do Paraná para o Desenvolvimento da Ciência, da Tecnologia e da Cultura. Diagnóstico e monitoramento da cobertura vegetal da área de influência direta e indireta do vazamento de óleo da Refinaria Presidente Getúlio Vargas - REPAR, Araucaria, PR. **Fase II - Relatório Final**, FUNPAR/REPAR/UFPR. Curitiba, 2002, 70p.

GALSTON, A.W.; DAVIES, P.S. **Mecanismos de controle do desenvolvimento vegetal**. São Paulo: EDUSP. 1972, 171p.

GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y.S.; VICENTINI, A.; PORTES, M.C.G.O.; Avaliação da deposição de serapilheira em diferentes fases serais de Floresta Ombrófila Mista. In: Congresso e Exposição Internacional sobre Floresta, 5., Curitiba, PR. **Anais....** Curitiba: BIO1068, 1999, CD ROOM.

GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y.S.; PORTES, M.C.G.O.; VICENTINI, A. Avaliação da deposição de serapilheira em diferentes fases serais de Floresta Ombrófila Mista. In: Pesquisa Florestal Online, 1., Curitiba, PR, **Anais....** Curitiba: FUNPEF, 2000, p.110.

GALVÃO, F.; ZILLER, S.R. e BUFREM, A.M. Decomposição foliar de algumas espécies arbóreas: análise sucessional em Floresta Estacional Decidual. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**. Curitiba, v. 11, n. 1 e 2, p. 161 – 168, 1989/1991.

GOLLEY, F.B. MCGINNIS, J.T.; CLEMENTS, R.G.; CHILD, G.I. e DVEVER, M.J. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida**. Euripides Malavolta (trad.). São Paulo: EPU: ed. da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1978, 256p.

HAAG, H.P.; VALERA, F.P.; CHIARANDA, R.; KIKUTI, P. CHÁVEZ, J.M.; DONALD, E.L.F.; RIZZO, L.T.B. & RUEDA, J.L. **Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais**. Henrique Paulo Haag (coord.). Campinas: Fundação Cargill, 1985, 144p.

HOLSBACH, B.A.V.D.A.; GALVÃO, F.; RODERJAN, C.V. e KUNIYOSHI, Y.S. Biomassa arbórea aérea de floresta ripária: Estudo populacional de *Sebastiania commersoniana* (B.) L. B. Smith & R.J. Downs. In: **Pesquisa Florestal Online**, 2., Curitiba, PR, <http://www.floresta.ufpr.br>, Curitiba: FUPEF, 2003. seção Conservação da natureza.

HUBER, J.A. e OYARZUN, C.C. Producción de kojarasca e sus relaciones con factores meteorológicos en uno bosque de *Pinus radiata*. **Bosque**. v. 5, n. 11, p. 1 – 11, 1983.

IBGE. Fundação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa da vegetação do Brasil**. Ministério da Agricultura, Rio e Janeiro: FIBGE, 1992, 92p.

JORDAN, C.F. **Nutrient cycling in tropical forest ecosystems**. New York: John Wiley & Sons Ltd, 1985, 190p.

JACKSON, J.F. Seasonality of flowering and leaf fall in a brazilian subtropical lower montane moist fall. **Biotropica**, v. 10, p. 38 – 42, 1978.

KLEIN, R.M. e HATSCHBACH, G. Fitofisionomia e notas para acompanhar a planta fitogeográfica do município de Curitiba e arredores, PR. **Boletim da Universidade Federal do Paraná. Geografia física**. Curitiba, v.4, p. 1 – 29, 1962.

KOEHLER, C.W. **Variação estacional da deposição de serapilheira e de nutrientes em povoamento de *Pinus taeda* na região de Ponta Grossa, PR**. Curitiba, 1989, 148p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

KÖGEL KNABNER, I. Biodegradation and humification processes in forest soil. In: J. BOLLG e G. STOTZKY (eds.), **Soil Biochemistry**, New York, v. 8, p. 101 – 135, 1993.

KOLM, L. e POGGIANI, F. Ciclagem de nutrientes em povoamento de *Eucalyptus grandis* submetidos à prática de desbastes progressivos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba: IPEF, v. 3, p. 79 – 93, 2003.

KOZLOWSKI, T.T.; KRAMER, P.J. e PALLARDY, S.G. 1991. **The physiological ecology of wood Plants**. San Diego, Academic Press. 1991, 540p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Antonio de P. Danesi e Hildegard T. Buckup (trads.) São Paulo, EPU, ed. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1986, 319p.

LAVELLE, P. A hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystems application to soil of humid tropics. **Biotropica**, v. 25, n. 2, p. 130 – 150, 1993.

LEBRUN, P. Quelques réflexions sur lês roles exercés par la faune édaphique. **Rev. Écol. Biol. Sol.**, v. 24, n. 4, p. 495 – 502, 1987.

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

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

LEKHA, A. e GUPTA, S.R. Decomposition of *Populus* and *Leucaena* leaf litter in an agroforestry system. **Environment Science**. v. 15, p. 149-164, 1994.

LEOPOLD, L.B.; WOLMAN, M.G. e MILLER, J.P. Fluvial processes. In: **Geomorphology**. San Francisco: W.F. Freeman, 1964, 522p.

LIMA, W. de P. Função hidrológica da mata ciliar. In: **Simpósio sobre mata ciliar**. Luiz Mauro Barbosa (coord.). Campinas: Fundação Cargill, 1989, p.25-42.

LIMA, W. de P. ZAKIA, M.J.B. Hidrologia de matas ciliares. In: **Matas ciliares: conservação e recuperação**. Ricardo R. Rodrigues, Hermógenes F. Leitão Filho, (coord.), São Paulo: Edusp, Fapesp, 2000, p. 33 - 44.

LUIZÃO, F.J. **Produção e decomposição de liteira em floresta de terra firme da Amazônia Central. Aspectos químicos e biológicos da lixiviação e remoção**

dos nutrientes da liteira. Manaus, 1982, 107p. Tese (Doutorado em Ecologia), Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia - Universidade Federal do Amazonas.

LUIZÃO, F.J. e SCHUBART, H.O.R. Litter production and decomposition in a Terra Firme Forest of Central Amazonia. **Experientia**, v. 43, p. 259 – 265, 1987.

MAHESWARAN, J. e GUNATILLEKE, A.U.N. Litter decomposition in a lowland rain forest and a deforested area in Sri Lanka. **Biotropica**, v. 20, n. 2, p. 90 – 99, 1988.

MALAVOLTA, E. Nutrição mineral. In: **Fisiologia vegetal**. M. G. Ferri, (coord.) São Paulo: EPU, 1985, p.97-113.

MASON, C.F. **Decomposição**. Octavio Antonio de Camargo (trad.), São Paulo: EPUSP, 1980, 63p.

MAZER, S.J. Floristic composition, soil quality, litter accumulation, and decomposition in upland and floodplain habitats near Pakitza, Peru. In: **Manu The biodiversity of southeastern Peru**. Wilson, D.E. e Sandoval, A. (ed.). Washington: Smithsonian Institution, 1996, p.89-125.

MELLO, R.S.P. **Produção de serapilheira e aspectos da ciclagem de nutrientes em dois tipos florestais adjacentes no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1995, 118p. Dissertação (Mestrado em Ecologia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MORAES, R.M. **Ciclagem de nutrientes minerais em mata atlântica de encosta e mata sobre restinga, na Ilha do Cardoso, Cananéia, SP: Produção de serapilheira e transferência de nutrientes**. São Paulo, 1993, 151p. Dissertação (Mestrado em Ecologia), Instituto de Biociência - Universidade de São Paulo.

MORELLATO, L.P.C. Nutrient cycling in two Southeast Brazilian forests. I Litterfall and litter standing crop. **Journal of Tropical Ecology**. v. 8, n. 2, p. 205 - 215, 1992.

MORELLATO, L.P.C. e LEITÃO FILHO, H.F. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta mesófila na Serra do Japi, Jundiá, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, São Paulo, v. 50, p. 163-173, 1990.

MORELLATO, L.P.C. e LEITÃO FILHO, H.F. Reproductive phenology of climbers in a South-eastern Brazilian forest. **Biotropica**, v. 28, 180-191, 1996.

NILSSON, C. e GRELSSON, G. The effects of litter displacement on riverbank vegetation. **Canadian Journal Botanic**, v. 68, p. 735 - 741, 1990.

O' CONNELL, A.M. e SANKARAN, K.V. Organic matter accretion decomposition and mineralisation. In: **Management of soil, nutrients and water in tropical plantation forests**. E.K. Sandanandan N.A.G. Brawn (eds.), ACIAR/CSIRO Camberra, 1997, cap.13, p. 443-480.

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

OLIVEIRA FILHO, A.T. de & RATTER, J.A. Padrões florísticos das matas ciliares da região do cerrado e a evolução das paisagens do Brasil central durante o quaternário tardio. In: **Matas ciliares: conservação e recuperação**. Ricardo R. Rodrigues, Hermógenes F. Leitão Filho, (coord.). São Paulo: Edusp, Fapesp, 2000, p.73 – 90.

OLIVEIRA, E.A. **Caracterização florística, fitossociológica e pedológica de um trecho da floresta ripária dos Campos Gerais do Paraná**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2001, 106p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Setor de Ciências Agrárias.

OLSON, J.S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. **Ecology**, v. 44, n. 2, p. 322 – 331, 1963.

PAGANO, S.N. Produção de serapilheira em matas mesofila semidecídua no município de Rio Claro, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 49, n. 3, p. 633-639, 1989.

PAGANO, S.N. e DURIGAN, G. Aspectos da ciclagem de nutrientes em matas ciliares do oeste do Estado de São Paulo Brasil. In: **Matas ciliares: conservação e recuperação**. Ricardo R. Rodrigues, Hermógenes F. Leitão Filho, (coord.). São Paulo, Edusp, Fapesp, 2000, p.109-123.

PALM, C.A. e SANCHEZ, P.A. Nitrogen release from the leaves of some tropical legume as affected by their lignin and polyphenolic contents. **Soil Biology. Biochemestr**, Oxford, v. 3, n. 1, p. 83 - 88, 1991.

PIMENTEL GOMES, F. **Estatística Experimental**. Nobel. São Paulo, SP, 1990, 467p.

PINTO, C.B. **Contribuição de espécies arbóreas para a ciclagem de nutrientes em sucessão vegetal na Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas**. Curitiba, 2001, 67p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

POGGIANI, F. Alterações dos ciclos biogeoquímicos em floresta. In: Congresso Nacional sobre Essências Nativas, 2., 1992, São Paulo, SP, **Anais....** São Paulo: Instituto Florestal, 1992, p. 734 - 739.

PORTES, M.C.G. de O. **Deposição de serapilheira e decomposição foliar em Floresta Ombrófila Densa Altomontana, Morro do Anhangava, serra da Baitaca, Quatro Barras, PR**. Curitiba, 2000, 90p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

PRITCHETT, W.L. **Properties and management of forest soil**. New York, John Wiley, 1979, 500p.

PROCTOR, J. Tropical forest litterfall. I. Problems of data comparison. In: **Tropical rain forest: ecology and management**. SATTON, S. L. WHITHEMORE, T.C. & CHADWICK, A.C. (ed.). Oxford: Blackwell scientific publications, British Ecological Society. 1983, v. 2, p. 267 – 273, 1983.

REBELO, C.F. **Ciclagem de nutrientes minerais em Floresta Pluvial Tropical de encosta e em floresta sobre restinga na Ilha do Cardoso, Cananéia, SP: Decomposição de serapilheira**. São Paulo, 1994, 133p. Dissertação (Mestrado em Ecologia), Universidade de São Paulo

REITZ, P. Sapindaceae. **Flora Ilustrada Catarinense**. Itajaí, 1980, 156p.

RESK, D.V.S. e SILVA, J.E. Importância das matas de galeria no ciclo hidrológico de uma bacia hidrográfica. In: **Cerrado: matas de galeria**. Planaltina: Embrapa - CPAC, 1998, p. 29 - 46.

RICHARDS, P.W. **The tropical rain Forest: an ecological study**. R.P.D. Walsh; I.C.Baillie; P. Greig (coods.). 2ª ed. University Press, Cambridge, 1998, 575p.

RODRIGUES, R.R. Florestas ciliares? Uma discussão nomenclatural das formações ciliares. In: **Matas ciliares: conservação e recuperação**. Ricardo R. Rodrigues e Hermógenes F. Leitão Filho, (coord.). São Paulo: Edusp, Fapesp, 2000, p.91 - 99.

RODRIGUES, R.R. e SHEPHERD, G.J. Fatores condicionantes da vegetação ciliar. In: **Matas ciliares: conservação e recuperação**. Ricardo R. Rodrigues e Hermógenes F. Leitão Filho, (coord.). São Paulo: Edusp, Fapesp, 2000, p.101-107.

SAENGER, P. e SNEDAKER, S.C. Pantropical trends in mangrove above-ground biomass and annual litterfall. **Oecologia**, v. 96, p. 293-299, 1993.

SALAMUNI, E. **Tectônia da bacia sedimentar de Curitiba**. Rio Claro, 1998, 211p. Tese (Doutorado em Geologia), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

SANTOS, V. D. dos. 1989. **Ciclagem de nutrientes minerais em Mata Tropical Subcaducifólia dos Planaltos do Paraná (Parque Estadual Vila Rica do Espírito Santo - Fênix, PR)**. São Carlos, 1989, 387p. Tese (Doutorado em Engenharia), Universidade Federal de São Carlos.

SHLESINGER, W.H. e WARING, R.H. **Forest ecosystems: concepts and management**, Orlando: Academic Press Inc., 1985, 340p.

SHLITTLER, F.H.M.; DE MARINIS, G. e CESAR, O. Decomposição da serapilheira produzida na floresta do Morro do Diabo: Região do Pontal do Paranapanema, SP. **Naturalia**, v. 18, p. 149 – 156, 1993.

SILVA, M.F.F. e LOBO, M.G. Nota sobre deposição de matéria orgânica em floresta de terra firme, várzea, e igapó. **Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi**, Belém: Museu Paraense Emilio Goeldi, v. 56, p.1 – 13, 1982.

SOUSA, S.G.A. de, RODERJAN, C.V.; BARDDAL, M.L.; SANTOS, G.P. Vegetação do sub-bosque de uma floresta ripária do rio Barigüi, Araucária, PR. In: Congresso Nacional de Botânica, 53., Recife, PE, **Resumos...**, Recife: SBB / SRP / UFRPE / UFPE, 2002, 325p.

SOUZA, L.C. de P. **Estudo das Relações entre solos e as unidades fisiográficas da várzea do rio Iguaçu (Primeiro Planalto)**. Curitiba, 1990, 163p. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

SPURR, S.H. e BARNES, B.V. **Forest ecology**. 3.ed. New York: Wiley, 1980, 690p.

TALORA, D.C. e MORELLATO, P.C. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, n. 1, p.13 - 26, 2000.

TRIQUET, A.M.; McPEEK, G.A. e McCOMB, W.C. Songbird diversity in clearcuts with and without a riparian buffer strip. **Jornal of soil and water conservation**, v. 45, n. 4, p. 500 - 503, 1990.

VARJABEDIAN, R.; PAGANO, S. N. Produção e decomposição de folheto em um trecho de Mata Atlântica de Encosta no município do Guarujá, SP. **Acta de Botânica Brasileira**, supl. v. 1, n. 2, p. 243 – 256, 1988.

VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.R. e LIMA, J.C.A. **Classificação da Vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: FIBGE, 1991, 123p.

VITOUSEK, P M. Litterfall, nutrient cycling, and nutrient limitation in tropical forests. **Ecology**, v. 65, n. 1, p. 285 – 298, 1982.

VITOUSEK, P M. Nutrient cycling and nutrient use efficiency. **The American Naturalist**, v. 119, n. 4, p. 553 – 572, 1982.

WEIDER, R. K.; LANG, G. E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bag. **Ecology**, v. 63, n. 6, p. 1636 – 1642, 1982.

WIEGERT, R.G. e MURPHY, P. Effect of season, specie and location on the disappearance rate of leaf litter in a Porto Rico rain Forest. In: **A Topical Rain Forest**. H.T. Odum e R.F.Pigeon (eds.). USAEC, Oakridge, Tenn., Book 3, 1970, p. 101 - 104.

WHITMORE, T.C. **Tropical Rain Forest of the Far East**. Oxford: Claredon Press, 1975, 201p.

ZILLER, S.R. As formações da área de influência do futuro reservatório do rio Irai – Piraquara - Quatro Barras, PR: **Uma avaliação dos impactos da construção da barragem**, Curitiba: Convênio GTZ/PIAB, 1993, 93p.

ZILLER, S.R. **A Estepe Gramíneo-Lenhosa no segundo planalto do Paraná: Diagnostico ambiental com enfoque à contaminação biológica**. Curitiba, 2000, 180p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais), Setor de Ciências Agrárias Universidade Federal do Paraná.

ANEXOS

ANEXO 1 – DADOS METEOROLÓGICOS E MÉDIAS DO NÍVEL DO LENÇOL FREÁTICO OBSERVADOS NO PERÍODO DE JUNHO/01 – JUNHO/03, ARAUCÁRIA, PR.

MÊS/ANO	Precip.total ¹	Tmin ¹	Tmax ¹	Tmed ¹	Urmin ²	URmax ²	URmed ²	Vent max ³	Vent med ³	L.freático ⁴
Junho/01	105,30	5,70	19,30	13,50	72,40	98,30	89,50	2,73	1,52	42,15
Julho/01	159,80	5,00	19,70	13,70	74,20	98,50	87,90	3,19	1,88	37,60
Agosto/01	61,77	9,30	21,70	15,80	68,20	98,10	84,60	4,05	2,02	38,49
Setembro/01	87,96	7,60	22,30	15,60	67,10	98,90	89,50	5,61	2,63	39,61
Outubro/01	198,65	13,80	22,20	17,70	35,50	98,90	82,70	7,66	2,08	43,45
Novembro/01	140,57	15,50	25,30	19,50	60,70	98,80	87,60	2,85	1,34	59,38
Dezembro/01	70,71	14,50	23,70	19,80	69,80	98,60	86,10	2,55	1,08	53,97
Janeiro/02	187,71	16,60	23,30	20,60	72,90	98,70	89,00	2,31	1,96	55,86
Fevereiro/02	109,01	17,70	22,30	19,80	67,30	98,90	87,00	2,27	1,63	44,04
Março/02	54,28	18,10	24,40	22,20	76,50	98,70	86,90	3,16	1,62	56,59
Abril/02	87,36	12,60	30,40	20,20	36,00	99,80	88,60	7,80	2,00	62,78
Mai/02	109,76	8,60	27,80	16,50	41,90	100,00	93,40	10,10	2,20	65,86
Junho/02	34,50	7,30	26,20	16,10	35,50	100,00	89,00	10,50	2,20	56,06
Julho/02	50,23	1,80	27,20	13,10	34,00	100,00	91,10	9,30	2,20	62,29
Agosto/02	96,77	2,40	27,80	16,20	30,50	100,00	88,90	11,50	2,50	48,40
Setembro/02	172,63	-1,30	28,30	14,50	17,70	100,00	87,20	12,00	2,70	24,58
Outubro/02	126,60	10,80	32,50	19,20	32,00	100,00	91,90	13,10	2,60	18,49
Novembro/02	136,36	9,60	30,30	19,40	28,10	100,00	91,60	10,80	2,90	38,16
Dezembro/02	153,53	12,30	32,50	20,60	37,00	100,00	93,30	10,10	2,60	53,97
Janeiro/03	209,93	14,80	32,20	21,00	31,20	100,00	92,70	8,80	2,30	55,86
Fevereiro/03	119,53	15,60	33,40	22,20	32,70	100,00	90,20	9,60	2,10	44,04
Março/03	135,73	12,10	31,80	20,00	33,20	100,00	90,80	9,80	2,00	56,59
Abril/03	60,63	4,00	28,80	18,30	29,00	100,00	87,00	11,60	2,20	62,78
Mai/03	20,53	-6,00	26,70	14,10	21,10	100,00	85,40	12,10	2,20	65,86
Junho/03	105,00	5,80	24,70	15,60	39,00	100,00	92,80	12,50	2,00	56,06

Fonte: (1) Estação Meteorológica da REPAR – Araucária, PR; (3) Estação Meteorológica de Curitiba - SIMEPAR, PR; (2) Médias estimadas com os dados de Araucária, Lapa e Curitiba; (4) Coletas diretas no ambiente aluvial, Araucária, PR.

Precip.total = Precipitação total local (mm), Tmin = médias de temperatura mínima (°C), Tmax = médias de temperatura máxima (°C), Tmed = temperatura média (°C), URmin = médias da umidade relativa do ar mínimas (%), URmax = médias da umidade relativa máxima (%), URmed = médias da umidade relativa do ar (%), Vent.Max = médias da velocidade máxima do vento (m/s), Vent.méd = médias da velocidade do vento (m/s) e L.freático = médias do lençol freático (cm).

ANEXO 2 – OBSERVAÇÕES DE FLORAÇÃO, FRUTIFICAÇÃO E QUEDA DE FOLHA DE ALGUMAS ESPÉCIES NO PERÍODO DE JULHO/01 A DEZ/02 DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL, RIO BARIGUI, ARAUCÁRIA, PR, NO PERÍODO DE JULHO/01 A DEZ/02.

Especies	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<i>Allophylus edulis</i>	L				F	F	F		L	L	L	L
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	L	L	L							F	LF	LF
<i>Calyptanthus concinna</i>								L	L	L		
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	L	L	L						F	F	FL	L
<i>Casearia decandra</i>	L	L	F	F	F						L	L
<i>Daphnopsis racemosa</i>								L	L	L	L	
<i>Eugenia uruguayensis</i>					F	F	F					
<i>Erythroxylum myrsinites</i>									L	L	L	
<i>Guettarda uruguensis</i>	L	L									L	L
<i>Lithraea brasiliensis</i>	L	F	F	F				L	L	L	L	L
<i>Luehea divaricata</i>					F	F	FL	L	L			
<i>Maytenus ilicifolia.</i>					FL	FL	L	L				
<i>Myrceugenia glaucescens</i>									L	L	L	L
<i>Myrcianthes gigantea</i>							L	L	L	L		
<i>Myrciaria tenella</i>	L	L	L	L ¹						F	F	F
<i>Myrrinium atropurpureum</i>	L	L	L								L	L
<i>Nectandra cf. megapotamica</i>								L	L	L	L	
<i>Picramnia parvifolia</i>	L	L									L	L
<i>Prunus sellowii</i>								L	L	L	L	
<i>Rudgea parquioides.</i>	L	L	L	L								
<i>Schinus terebinthifolius</i>	L	L			F	F	F				L	L
<i>Scutia buxifolia</i>						F	F					
<i>Sebastiania brasiliensis.</i>						L	L	L				
<i>Sebastiania commersoniana</i>	L ²					F	F	FL	L	L	L	L
<i>Symplocos uniflora</i>								L	L	L		
<i>Trichilia elegans</i>							L	L	L	L	L	L
<i>Vitex megapotamica</i>	L	L									L	L
<i>Hovenia dulcis</i>					F	FL	FL	L	L			

(1) frutos maduros na borda da floresta

(2) nova floração em dez/01-jan/02, na primavera de/02 baixa floração.

(L) floração e frutificação

(F) maior deposição de folha identificada nos coletores.

ANEXO 3A– PARCELAS PERMANENTES COM RESPECTIVAS CLASSES DE SOLO

Parcela	Classes subclasse		Outras variáveis				
1	Gleissolo	Háplico	Ta	Distrófico típico	A moderado	Textura média	Relevo plano
2	Gleissolo	Háplico	Ta	Distrófico típico	A moderado	Textura argilosa	Relevo plano
3	Gleissolo	Háplico	Ta	Distrófico típico	A moderado	Textura argilosa	Relevo plano
4	Gleissolo	Háplico	Ta	Distrófico típico	A moderado	Textura argilosa	Relevo plano
7	Gleissolo	Háplico	Ta	Distrófico típico	A moderado	Textura argilosa	Relevo plano
12	Gleissolo	Háplico	Ta	Eutrófico típico	A moderado	Textura argilosa	Relevo plano
15	Gleissolo	Háplico	Ta	Eutrófico típico	A moderado	Textura muita argilosa	Relevo plano
16	Gleissolo	Háplico	Ta	Eutrófico típico	A moderado	Textura muita argilosa	Relevo plano
17	Gleissolo	Háplico	Ta	Eutrófico típico	A moderado	Textura média	Relevo plano
18	Gleissolo	Háplico	Ta	Eutrófico típico	A moderado	Textura argilosa	Relevo plano
19	Gleissolo	Háplico	Ta	Eutrófico típico	A moderado	Textura argilosa	Relevo plano
21	Gleissolo	Háplico	Ta	Eutrófico típico	A moderado	Textura argilosa	Relevo plano
5	Gleissolo	Melânico		Eutrófico típico	A proeminente	Textura argilosa	Relevo plano
6	Gleissolo	Melânico		Distrófico típico	A proeminente	Textura argilosa	Relevo plano
8	Gleissolo	Melânico		Eutrófico típico	A proeminente	Textura argilosa	Relevo plano
9	Gleissolo	Melânico		Eutrófico típico	A proeminente	Textura argilosa	Relevo plano
10	Gleissolo	Melânico		Eutrófico típico	A proeminente	Textura média	Relevo plano
11	Gleissolo	Melânico		Eutrófico típico	A chernozêmico	Textura argilosa	Relevo plano
14	Gleissolo	Melânico		Eutrófico típico	A chernozêmico	Textura muita argilosa	Relevo plano
20	Gleissolo	Melânico		Eutrófico típico	A proeminente	Textura muita argilosa	Relevo plano
13	N F*		Ta	Eutrófico típico	A moderado	Textura argiloso	Relevo plano

(*) Neossolos Flúvicos (solos Aluviais)

ANEXO 3B – PARCELAS PERMANENTES COM RESPECTIVAS CARACTERÍSTICAS FÍSICA DO SOLO (profundidade 0 – 20 cm)

Parcela	Tipo de solo	Matéria orgânica	Carbono orgânico	pH	Areia	Areia grossa	Areia Fina	Silte	Argila
		(g/kg)	(g/dm ³)	(CaCl ₂)	(g/100g)				
1	GHd	38,8	-	3,6	14	2	12	41	44
2	GHd	48,5	35,6	3,5	12	2	10	-	82
3	GHd	62,9	-	3,9	4	1	3	28	69
4	GHd	37,5	51,1	3,8	8	3	5	46	46
7	GHd	30,1	-	3,9	5	2	3	30	65
12	GHe	35,2	-	4,9	8	4	4	43	49
15	GHe	57,2	32,3	4,2	2	1	1	36	62
16	GHe	35,7	25,5	4,2	2	1	1	35	63
17	GHe	62,1	-	4,1	2	1	1	42	56
18	GHe	39,2	-	4,2	2	1	1	37	61
19	GHe	62,2	-	4,4	2	1	1	41	57
21	GHe	42,3	-	4,0	4	2	2	32	64
Média		46,0	36	4,1	5	2	4	36	60
5	GMe	40,3	41,0	3,8	3	1	2	18	79
6	GMd	50,1	-	3,6	3	1	2	18	78
8	GMe	60,1	32,9	4,1	3	2	1	37	60
9	GMe	98,0	-	4,2	2	1	1	38	60
10	GMe	62,2	-	4,4	3	2	1	41	56
11	GMe	38,9	-	4,5	4	2	2	35	62
14	GMe	48,9	-	4,8	3	1	2	34	63
20	GMe	-	-	4,2	3	1	2	35	62
Média		57,0	37,0	4,2	3	1	2	32	65
13	NF	96,0	-	4,8	2	1	1	38	60

GHd = Gleissolo Háplico distrófico; GHe = Gleissolo Háplico eutrófico; GMd = Gleissolo Melânico distrófico; Gme = Gleissolo Melânico eutrófico; NF = Neossolos Flúvicos.

ANEXO 3C – PARCELAS PERMANENTES COM RESPECTIVAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO (profundidade de 0 – 100 cm)

Classe	Parcela	Profund.	P	K ⁺	Ca ²⁺ ₊	Mg ²⁺	Al ³⁺	Na ⁺
GHd	1	0-20	5,3	0,11	6,03	2,42	3,11	11,0
GHd	1	40-60	11,5	0,05	2,43	2,63	3,05	8,0
GHd	1	80-100	9,9	0,07	2,45	2,91	3,35	22,0
GHd	2	0-20	8,2	0,13	5,28	2,91	3,10	11,0
GHd	2	20-45	2,9	0,06	2,62	3,86	3,40	9,0
GHd	2	50-70	5,7	0,04	1,61	3,07	3,41	9,0
GHd	3	0-18	9,6	0,16	9,70	4,30	1,22	14,0
GHd	3	30-55	1,6	0,05	2,56	3,97	2,00	13,0
GHd	3	60-80	4,3	0,04	2,21	3,53	3,01	17,0
GHd	4	0-18	4,2	0,13	8,00	5,13	1,50	22,0
GHd	4	40-60	2,2	0,05	3,37	4,01	3,41	38,0
GHd	4	70-90	4,4	0,05	2,77	3,32	2,76	51,0
GMe	5	0-20	9,6	0,16	10,47	5,13	1,86	19,0
GMe	5	40-60	4,4	0,07	4,91	4,55	0,79	32,0
GMe	5	70-90	8,9	0,09	5,16	4,64	1,41	39,0
GMd	6	0-20	8,4	0,14	6,96	5,04	2,96	26,0
GMd	6	40-60	6,7	0,06	3,94	3,89	2,04	75,0
GMd	6	70-90	11,2	0,06	3,83	4,03	2,69	87,0
GHd	7	0-18	9,5	0,14	7,40	3,60	1,70	14,0
GHd	7	60-80	4,3	0,06	3,56	3,95	2,21	13,0
GHd	7	80-100	17,6	0,04	2,07	2,53	1,41	9,0
GMe	8	0-18	8,8	0,17	8,52	5,77	1,12	12,0
GMe	8	40-60	9,6	0,13	11,59	9,13	0,38	56,0
GMe	8	80-100	9,9	0,13	12,64	9,26	1,60	72,0
GMe	9	0-18	7,7	0,30	12,16	6,84	0,76	14,0
GMe	9	40-60	9,8	0,13	10,73	8,27	0,32	29,0
GMe	9	70-90	5,3	0,13	12,53	8,87	1,38	62,0
GMe	10	0-20	5,1	0,27	11,07	6,33	0,73	16,0
GMe	10	40-60	6,6	0,11	8,13	5,72	0,45	30,0
GMe	10	80-100	1,2	0,07	5,39	5,21	0,94	58,0
GMe	11	0-18	17,6	0,14	9,21	7,39	1,24	21,0
GMe	11	40-60	13,5	0,18	11,33	7,02	0,34	42,0
GMe	11	80-100	0,9	0,07	4,58	5,15	0,36	45,0
GHe	12	0-20	5,5	0,13	8,71	7,72	0,38	40,0
GHe	12	40-60	8,5	0,13	8,79	6,80	0,24	46,0
GHe	12	80-100	2,8	0,16	6,14	5,22	0,42	40,0
NF	13	0-20	13,7	0,23	12,32	4,28	0,69	33,0
NF	13	30-50	4,0	0,09	6,50	6,50	0,81	59,0
NF	13	60-80	1,6	0,03	2,72	1,72	0,60	43,0
GMe	14	0-20	7,7	0,16	12,71	9,77	0,82	28,0
GMe	14	40-60	4,3	0,31	9,66	7,99	0,27	65,0
GMe	14	80-100	1,5	0,11	7,19	5,91	0,27	82,0
GHe	15	0-20	9,9	0,18	7,74	5,49	2,99	27,0
GHe	15	30-55	5,6	0,19	9,12	6,60	1,73	28,0
GHe	15	75-100	2,4	0,28	5,39	4,25	0,82	30,0
GHe	16	0-18	8,5	0,11	7,18	4,43	3,17	28,0
GHe	16	40-60	2,4	0,09	6,47	5,19	2,37	34,0
GHe	16	80-100	1,2	0,14	10,32	8,47	0,91	48,0
GHe	17	0-18	8,1	0,17	6,41	5,59	2,39	27,0
GHe	17	60-80	1,9	0,07	4,67	3,52	1,35	25,0
GHe	17	85-100	4,6	0,07	3,17	2,11	0,74	21,0
GHe	18	0-20	6,6	0,15	8,54	6,85	3,01	25,0
GHe	18	40-60	1,6	0,08	5,63	4,82	1,22	27,0
GHe	18	90-100	2,1	0,09	7,93	5,30	1,13	42,0
GHe	19	0-20	5,3	0,13	9,03	5,39	1,52	38,0
GHe	19	50-70	1,7	0,07	4,94	3,44	1,95	23,0
Ghe	19	80-100	5,6	0,11	5,57	5,18	1,75	27,0
Gme	20	0-18	7,5	0,16	8,63	5,21	2,79	29,0
Gme	20	40-60	4,8	0,11	11,94	5,90	1,41	39,0
Gme	20	80-100	1,1	0,09	16,66	9,59	0,83	53,0
Ghe	21	0-18	6,0	0,10	5,91	5,20	3,91	22,0
Ghe	21	30-50	3,5	0,17	5,03	5,13	1,24	33,0
GHe	21	60-80	0,8	0,08	6,11	3,80	0,47	40,0

ANEXO 4 – MÉDIAS DO NÍVEL DO LENÇOL FREÁTICO POR PARCELA, INDICANDO MÊS E ESTAÇÃO DO ANO DE OCORRÊNCIA DA MENOR E MAIOR PROFUNDIDADE

Parcela e classe de solo	L.Freático média	L Freático menor profundidade			L.Freático maior profundidade		
	(cm)	(cm)	mês/ano	Estação	(cm)	Mês/ano	Estação
1 GHd	83,32	19,00	nov/01	Primavera	114,00	jul/02	Inverno
2 GHd	81,47	36,00	fev/02	Verão	110,50	dez/01	Primavera
3 GHd	89,84	51,00	fev/02	Verão	118,00	dez/01	Primavera
4 GHd	49,39	13,00	nov/01	Primavera	82,50	abr/02	Outono
5 GMe	44,78	21,00	nov/01	Primavera	71,50	abr/02	Outono
6 GMd	40,48	23,00	dez/02	Primavera	64,00	dez/01	Primavera
7 GHd	80,03	36,00	fev/02	Verão	114,50	dez/01	primavera
8 GMe	31,10	-5,50*	fev/02	Verão	65,00	nov/01	Primavera
9 GMe	28,42	-5,00	fev/02	Verão	56,00	nov/01	Primavera
10 GMe	40,12	14,50	fev/02	Verão	68,00	nov/01	Primavera
11 GMe	23,09	-3,00	fev/02	Verão	53,00	jul/02	Inverno
12 GHe	28,15	2,50	fev/02	Verão	50,00	abr/02	Outono
14 GMe	42,75	12,00	ago/01	Inverno	88,00	fev/02	Verão
15 GHe	36,49	-7,00	fev/02	Verão	71,00	jul/02	Inverno
16 GHe	41,78	-6,00	fev/02	Verão	74,00	jul/02	Inverno
17 GHe	54,43	-5,00	nov/01	Primavera	107,00	jul/02	Inverno
18 GHe	56,38	15,50	fev/02	Verão	98,00	nov/01	Primavera
19 GHe	36,25	-4,00	fev/02	Verão	70,00	nov/01	Primavera
20 GMe	22,12	-11,50	fev/02	Verão	51,00	nov/01	Primavera
21 GHe	63,24	21,00	fev/02	Verão	105,0	jul/02	Inverno
Média	48,68	10,88	-	-	81,55	-	-

(-.*) Parcela completamente inundada;

GH =Gleissolo Háptico; GM = Gleissolo Melânico; e = eutrófico; d = distrófico,

ANEXO 5 - TESTE "t" DE COMPARAÇÃO DE MÉDIAS PARA A FRAÇÃO FOLHAS ENTRE ANO 1 (JUN/2001 - MAI/2002) E ANO 2 (JUN/2002 A MAI/2003).

Meses	Ano 1	Ano 2	gl	t	.p (%)
Junho	612,40	310,35	20	8,71	0,00 **
Julho	1132,72	777,53	20	8,70	0,00 **
Agosto	698,60	1105,24	20	7,66	0,00 **
Setembro	250,03	355,62	20	3,56	0,01 **
Outubro	496,63	658,17	20	256	1,42 *
Novembro	251,10	199,31	20	2,15	3,75 ns
Dezembro	167,48	199,70	20	2,48	1,74 *
Janeiro	466,29	386,09	20	3,87	0,00 **
Fevereiro	362,88	498,74	20	6,96	0,00 **
Março	308,13	253,92	20	3,40	0,15 **
Abril	637,06	526,44	20	3,62	0,01 **
Mai	439,62	684,83	20	10,49	0,00 **
Média anual	485,24	496,65	251	0,45	65,5 ns
Total	5.822,88	5.959,80	-	-	-

ANEXO 6 - TESTE "t" DE COMPARAÇÃO DE MÉDIAS PARA A FRAÇÃO GALHOS ENTRE ANO 1 (JUN/2001 - MAI/2002) E ANO 2 (JUN/2002 A MAI/2003).

Meses	Ano 1	Ano 2	Gl	t	.p (%)
Junho	76,16	61,87	20	0,62	54,1 ns
Julho	267,20	99,51	20	5,56	0,00 **
Agosto	132,07	144,62	20	0,34	73,3 ns
Setembro	94,62	150,08	20	2,47	1,80 *
Outubro	126,74	325,49	20	5,85	0,00 **
Novembro	115,12	306,71	20	3,95	0,00 **
Dezembro	59,14	164,70	20	4,26	0,00 **
Janeiro	192,48	133,25	20	2,78	0,83 **
Fevereiro	114,00	171,37	20	2,39	2,15 ns
Março	79,56	33,87	20	2,94	0,54 **
Abril	235,02	91,26	20	5,00	0,01 **
Mai	76,74	223,91	20	5,94	0,00 **
Média anual	130,74	158,89		2,65	0,82 **
Total	1568,86	1906,68			

ANEXO 7 - TESTE "t" DE COMPARAÇÃO DE MÉDIAS PARA A FRAÇÃO MISCELÂNEA ENTRE ANO 1 (JUN/2001 - MAI/2002) E ANO 2 (JUN/2002 A MAI/2003).

Meses	Inverno Ano 1	Ano 2	gl/	t	.p (%)
Janeiro	262,52	246,77	20	0,59	55,5 ns
Fevereiro	114,57	142,96	20	1,51	14,0 ns
Março	85,41	68,62	20	1,52	13,7 ns
Abril	164,32	80,12	20	5,45	0,00 **
Mai	51,31	67,38	20	2,17	3,58 *
Junho	26,73	26,70	20	0,00	99,0 ns
Julho	123,53	46,24	20	6,32	0,00 **
Agosto	128,26	104,64	20	1,75	8,82 ns
Setembro	224,14	176,98	20	2,17	3,60 *
Outubro	259,33	318,30	20	3,06	0,40 **
Novembro	320,86	200,95	20	3,07	0,39 **
Dezembro	231,65	152,05	20	2,90	0,61 **
Média anual	166,05	135,98		2,58	1,37 *
Total	1.992,60	1.631,76			

ANEXO 8 – TEOR DE NUTRIENTES E PORCENTAGEM EM RELAÇÃO A CONCENTRAÇÃO INICIAL DO MATERIAL FOLIAR EM DECOMPOSIÇÃO, EM TRÊS AMBIENTES.

Elementos	Tempo (dias)	Elevado	Depressão	Misto
		Teor de nutrientes em g/kg e (%)		
Nitrogênio	Inicial	16,60 (100)	16,60 (100)	19,10 (100)
	30	18,15 (109)	16,56 (100)	21,74 (114)
	60	18,76 (113)	18,64 (112)	24,30 (127)
	90	19,78 (119)	18,72 (113)	24,80 (130)
Fósforo	Inicial	0,76 (100)	0,75 (100)	0,89 (100)
	30	0,79 (103)	0,83 (111)	0,92 (103)
	60	0,71 (93)	0,98 (132)	1,02 (115)
	90	0,67 (88)	1,00 (134)	1,03 (116)
Potássio	Inicial	1,63 (100)	1,70 (100)	3,05 (100)
	30	189 (113)	2,46 (144)	3,49 (115)
	60	1,75 (104)	2,32 (137)	2,75 (90)
	90	1,69 (101)	2,04 (120)	2,44 (80)
Cálcio	Inicial	18,25 (100)	18,25 (100)	18,22 (100)
	30	19,07 (104)	14,34 (70)	15,01 (85)
	60	19,14 (105)	13,28 (73)	14,96 (80)
	90	18,92 (104)	12,94 (71)	14,38 (75)
Magnésio	Inicial	2,77 (100)	2,79 (100)	2,95 (100)
	30	2,78 (101)	2,87 (103)	3,25 (110)
	60	2,38 (86)	2,70 (97)	2,40 (81)
	90	2,19 (79)	2,54 (91)	2,35 (80)

ANEXO 9 - ANOVA PARA VARIAÇÃO ESTACIONAL (VERÃO, OUTONO, INVERNO e PRIMAVERA) DE NUTRIENTES NAS FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA (FOLHA, GALHO E MISCELÂNEA)

NITROGÊNIO

Fonte de variação	S Q	GL	Q M	F	P (%)
A:material	2674,43	2	1337,21	240,59	0,0000
B:Estação	135,021	3	45,0071	8,10	0,0001
AB	185,515	6	30,9192	5,56	0,0000
Erro	600,27	108	5,55806		
TOTAL	3595,24	119			

Fósforo

Fonte de variação	S Q	GL	Q M	F	P (%)
A:material	27,7386	2	13,8693	134,77	0,0000
B:Estação	3,72705	3	1,24235	12,07	0,0000
AB	2,69581	6	0,449301	4,37	0,0005
Erro	11,114	108	0,102907		
TOTAL	45,2755	119			

Potássio

Fonte de variação	S Q	GL	Q M	F	P (%)
A:material	196,575	2	98,2877	65,21	0,0000
B:Estação	106,729	3	35,5764	23,60	0,0000
AB	38,1766	6	6,36277	4,22	0,0007
Erro	162,774	108	1,50717		
TOTAL	504,256	119			

Cálcio

Fonte de variação	S Q	GL	Q M	F	P (%)
A:material	330,325	2	165,163	21,67	0,0000
B:Estação	101,708	3	33,9026	4,45	0,0055
AB	188,881	6	31,4801	4,13	0,0009
Erro	823,029	108	7,62064		
TOTAL	1443,94	119			

Magnésio

Fonte de variação	S Q	GL	Q M	F	P (%)
A:material	29,344	2	14,672	115,69	0,0000
B:Estação	1,77069	3	0,59023	4,65	0,0042
AB	3,79996	6	0,633326	4,99	0,0001
Erro	13,6967	108	0,126821		
TOTAL	48,6113	119			

ANEXO 10 – DESDOBRAMENTO DA FRAÇÃO DE SERAPILHEIRA (FOLHA, GALHO E MISCELÂNEA) DENTRO DAS ESTAÇÕES (VERÃO, OUTONO, INVERNO E PRIMAVERA)

Nitrogênio				
FONTE DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Estação do ano	3	135,021	45,0071	8,10 **
Frações dentro da estação (inverno)	2	966,531	483,266	86,95 **
Frações dentro da estação (outono)	2	437,351	218,676	39,34 **
Frações dentro da estação (primavera)	2	854,213	432,106	77,74 **
Frações dentro da estação (verão)	2	591,849	295,924	53,24 **
Tratamento	11	2984,965	271,36045	48,82 **
Erro	108	600,27	5,55806	
Total	119	3585,235		
Fósforo				
Estação do ano	3	3,72705	1,24235	12,07 **
Frações dentro da estação (inverno)	2	12,0832	6,04158	58,70 **
Frações dentro da estação (outono)	2	2,22769	1,11384	10,82 **
Frações dentro da estação (primavera)	2	11,0346	5,51732	53,61 **
Frações dentro da estação (verão)	2	5,08893	2,54446	24,73 **
Tratamento	11	34,1615	3,10559	30,18 **
Erro	108	11,114	0,102907	
Total	119	45,2755		
Potássio				
Estação do ano	3	106,729	35,5764	23,60 **
Frações dentro da estação (inverno)	2	67,4347	33,7174	22,37 **
Frações dentro da estação (outono)	2	15,7126	7,85629	5,21 **
Frações dentro da estação (primavera)	2	110,331	55,1653	36,60 **
Frações dentro da estação (verão)	2	41,2741	20,637	13,69 **
Tratamento	11	341,4814	31,0437	20,60 **
Erro	108	162,774	1,50717	
Total	119	504,2554		
Cálcio				
Estação do ano	3	101,708	33,9026	4,45 **
Frações dentro da estação (inverno)	2	67,5378	33,7689	4,43 **
Frações dentro da estação (outono)	2	17,116	8,55802	1,12 ns
Frações dentro da estação (primavera)	2	124,798	62,3991	8,19 **
Frações dentro da estação (verão)	2	309,754	154,877	20,32 **
Tratamento	11	620,9138	56,4467	7,40 **
Erro	108	823,029	7,62064	
Total	119	1443,9428		
Magnésio				
Estação do ano	3	1,77069	0,59023	4,65 **
Frações dentro da estação (inverno)	2	17,7454	8,87272	69,96 **
Frações dentro da estação (outono)	2	7,67328	3,83664	30,25 **
Frações dentro da estação (primavera)	2	3,68768	1,84384	14,54 **
Frações dentro da estação (verão)	2	4,03755	2,01877	15,92 **
Tratamento	11	34,9146	3,17405	25,03 **
Erro	108	13,6967	0,126821	
Total	119	48,6113		

ANEXO 11A - ANOVA PARA PESO REMANESCENTE DE MATERIAL FOLIAR EM
PROCESSO DE DECOMPOSIÇÃO POR ESTAÇÃO

FONTE DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Estação	3	64,6965	21,5655	166,82**
Período	3	438,312	146,104	1130**
Interação Est. X Período	9	14,9414	1,66016	12,84**
Tratamento	15	517,9502	34,5300	267,11**
Erro	176	22,75200	0,129273	-
Total	191	540,7022		-
CV = 10,13		Média geral = 3,55		

ANEXO 11B - DESDOBRAMENTO DO PERÍODO DENTRO DE CADA ESTAÇÃO –
PESO SECO REMANESCENTE

FONTE DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Estação	3	64,6965	21,5655	166,82**
Período dentro da Estação Verão	3	69,5745	23,1915	179,40**
Período dentro da Estação Outono	3	115,193	38,3976	297,03**
Período dentro da Estação Inverno	3	99,0952	33,0317	255,52**
Período dentro da Estação Primavera	3	169,391	56,4638	436,78**
Tratamento	15	517,9502	34,5300	267,11**
Erro	176	22,752	0,12927	-
Total	191	540,7022		

ANEXO 12 – ANOVA PARA SERAPILHEIRA ACUMULADA (FOLHAS GALHOS, MISCELÂNEA E SERAPILHEIRA TOTAL) POR ESTAÇÃO DO ANO (VERÃO, OUTONO, INVERNO E PRIMAVERA) NA FOM ALUVIAL, RIO BARIGÜI, ARAUCÁRIA, PR.

Variáveis dependentes: Peso seco de FOLHA, Peso seco de Galhos, Peso seco de miscelânea.
 Fonte de variação: ESTACAO (verão, outono, inverno e primavera), Bloco: I, II, III, IV, V
 Tamanho da amostra: 60

ANOVA - Peso seco de FOLHA

Fonte de Variação	S Q	GL	Q M	F	P (%)
A:ESTACAO	3,19382E6	3	1,06461E6	171,51	0,0000
B:BLOCO	314600,0	4	78650,1	12,67	0,0000
Erro	322771,0	52	6207,13		
TOTAL	3,83119E6	59			

ANOVA - Peso seco de GALHO

Fonte de Variação	S Q	GL	Q M	F	P (%)
A:ESTACAO	389581,0	3	129860,0	71,57	0,0000
B:BLOCO	47768,2	4	11942,1	6,58	0,0002
Erro	94356,5	52	1814,55		
TOTAL	531705,0	59			

ANOVA - Peso seco de Miscelânea.

Fonte de Variação	S Q	GL	Q M	F	P (%)
A:ESTACAO	2285,7	3	761,899	4,41	0,0078
B:BLOCO	7445,47	4	1861,37	10,77	0,0000
Erro	8986,62	52	172,82		
TOTAL	18717,8	59			

ANOVA - Peso seco de Serapilheira TOTAL

Fonte de Variação	S Q	GL	Q M	F	P (%)
A:ESTACAO	3,54505E6	3	1,18168E6	159,59	0,0000
B:BLOCO	319059,0	4	79764,7	10,77	0,0000
Erro	385046,0	52	7404,73		
TOTAL	4,24916E6	59			

ANEXO 13 – TESTE DE TUKEY (95%) PARA COMPARAÇÃO ENTRE AS MÉDIAS PESO SECO DE FOLHA, GALHO, MISCELÂNEA E SERAPILHEIRA TOTAL, EM FUNÇÃO DAS ESTAÇÕES DO ANO (VERÃO, OUTONO, INVERNO E PRIMAVERA), NA FOM ALUVIAL, RIO BARIGÜI, PR.

Peso Seco de FOLHA por ESTAÇÃO

ESTAÇÃO	Quant.	Médias	
verão	15	264,735	X
outono	15	351,835	X
primavera	15	385,599	X
inverno	15	857,051	X

Peso Seco de GALHO por ESTAÇÃO

ESTAÇÃO	Quant.	Médias	
primavera	15	155,943	X
verão	15	195,121	XX
inverno	15	228,362	X
outono	15	369,565	X

Peso Seco de Miscelânea por ESTAÇÃO

ESTAÇÃO	Quant.	Médias	
verão	15	25,0553	X
inverno	15	36,5753	XX
outono	15	39,5847	X
primavera	15	40,546	X

Peso Seco de Serapilheira TOTAL por ESTAÇÃO

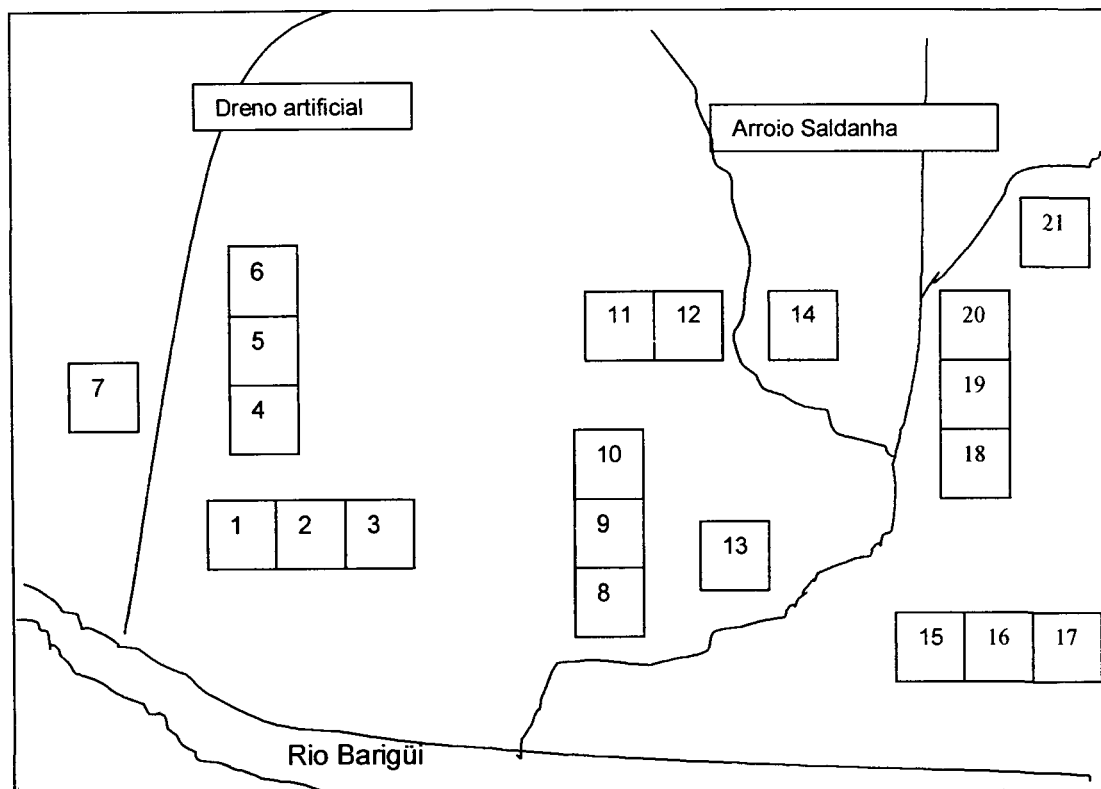
Method: 95,0 percent Tukey HSD

ESTAÇÃO	Quant.	Médias	
verão	15	484,911	X
primavera	15	582,089	X
outono	15	760,983	X
inverno	15	1121,99	X

ANEXO 14 - QUANTIFICAÇÃO DA MACROFAUNA DO SOLO NAS SACOLAS DE DECOMPOSIÇÃO DURANTE OS PRIMEIROS SEIS MESES (área das sacolas 0,03 m²)

Data	Grupos	Depressão	Elevado	Mista	Data	Grupos	Depressão	Elevado	Mista
10/10/01	Collembola	16	9	1	10/01/02	Amphipoda	18	3	7
10/10/01	Acarina	5	5	0	10/01/02	Acarina	1	0	2
10/10/01	Araneida	2	1	0	10/01/02	Isopoda	5	14	20
10/10/01	Amphipoda	4	9	35	10/01/02	Collembola	1	4	0
10/10/01	Orthoptera	1	0	0	10/01/02	Coleoptera	9	3	0
10/10/01	Coleoptera	2	14	3	10/01/02	Araneida	2	3	1
10/10/01	Isopoda	2	5	8	10/01/02	Oligochaeta	9	1	1
10/10/01	Diptera	1	0	0	10/01/02	Hymenoptera	0	0	9
10/10/01	Oligochaeta	1	2	6	10/02/02	Oligochaeta	7	0	2
10/10/01	Hymenoptera	0	0	1	10/02/02	Coleoptera	25	0	2
10/11/01	Amphipoda	7	3	12	10/02/02	Amphipoda	32	0	8
10/11/01	Isopoda	5	18	8	10/02/02	Isopoda	1	7	4
10/11/01	Acarina	4	0	0	10/02/02	Collembola	2	0	4
10/11/01	Coleoptera	12	1	8	10/02/02	Blattariae	2	0	1
10/11/01	Blattarie	2	0	0	10/02/02	Diptera	2	0	0
10/11/01	Oligochaeta	2	3	0	10/02/02	Hymenoptera	4	0	0
10/11/01	Araneida	7	3	0	10/02/02	Araneida	5	3	7
10/11/01	Hymenoptera	2	0	0	10/02/02	Gastropoda	0	0	1
10/11/01	Diplopoda	0	0	5	10/03/02	Aranidae	1	4	2
10/11/01	Diptera	0	0	5	10/03/02	Oligochaeta	1	0	23
10/11/01	Orthoptera	0	0	1	10/03/02	Isopoda	1	3	8
10/11/01	Dermaptera	0	0	1	10/03/02	Amphipoda	9	2	0
10/11/01	Collembola	0	0	1	10/03/02	Coleoptera	1	1	2
10/12/01	Amphipoda	11	3	4	10/03/02	Collembola	0	7	9
10/12/01	Coleoptera	6	2	4	10/03/02	Diptera	0	2	1
10/12/01	Isopoda	4	19	1	10/03/02	Gastropoda	0	0	1
10/12/01	Hymenoptera	2	0	0	10/03/02	Lepidoptera	0	0	1
10/12/01	Oligochaeta	1	2	34	10/03/02	Acarina	0	0	4
10/12/01	Gastropoda	1	0	1	10/03/02	Hymenoptera	0	0	4
10/12/01	Collembola	0	10	0					
10/12/01	Araneida	0	3	3					
10/12/01	Diplura	0	1	0					
10/12/01	Diptera	0	0	1					
10/12/01	Acarina	0	0	1					

ANEXO 15 – CROQUI COM DETALHE DAS PARCELAS PERMANENTES (100m²),
FLORESTA UMBROFILA MISTA ALUVIAL, RIO BARIGÜI, ARAUCÁRIA,
PR



A numeração de 1 a 21 indica a disposição de cada parcela na floresta.