

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE BOTÂNICA
MESTRADO EM BIOLOGIA VEGETAL**

**ASPECTOS DA CICLAGEM DE NUTRIENTES DE DOIS ESTÁDIOS
SUCESSIONAIS DE FLORESTA OMBRÓFILA DENSA DO PARQUE
MUNICIPAL DA LAGOA DO PERI, ILHA DE SANTA CATARINA, SC**

RUDNEI HINKEL

**Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-graduação em Biologia Vegetal da
Universidade Federal de Santa Catarina
como requisito parcial à obtenção do grau de
Mestre em Biologia Vegetal.**

Florianópolis - SC

- 2002 -

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo presente da vida.

Aos meus entes queridos (pais, irmãos e esposa Daniela) pelo apoio moral, espiritual, psicológico e material, neste árduo caminho até aqui.

À Professora Clarice Maria Neves Panitz, minha orientadora, pela valiosa orientação e generosa compreensão.

Aos meus amigos Acácio Ouriques Júnior e Mauro Costa, pelo companherismo, solidariedade e auxílio nas saídas de campo.

Aos membros da Banca Examinadora, por aceitar o convite para participar da apresentação do presente trabalho.

Ao professor Eduardo Ivan Soriano Sierra (Depto ECZ/CCB/UFSC), pela autorização para o uso de equipamentos e do espaço físico do Laboratório do NEMAR (Núcleo de Estudos do Mar).

Ao professor Danilo Wilhelm Filho (Depto ECZ/CCB/UFSC), pela autorização para o uso de equipamentos do Laboratório de EcoFisiologia Respiratória.

À chefe do Departamento de Ecologia e Zoologia, professora Albertina Dutra Silva, pela autorização do espaço físico e uso de equipamentos do LDE I (Laboratório de Didática em Ecologia I).

Ao professor Darci O. Paul Trebian (Depto Engenharia Rural/CCA/UFSC), pela autorização para o uso de equipamentos e do espaço físico do Laboratório de Análise de Água, Tecidos Vegetais e Solo, e ao técnico Francisco V. Wagner, pelo auxílio nos trabalhos de laboratório.

A todos aqueles que contribuíram com o fornecimento de material bibliográfico.

Ao Destacamento de Proteção ao Vôo (DPV) de Florianópolis (SC) e ao Centro Integrado de Meteorologia e Recursos Hídricos de Santa Catarina (CLIMERH) pelo fornecimento dos dados meteorológicos.

À Fundação do Meio Ambiente do Município de Florianópolis (FLORAM) pela autorização para executar a pesquisa nas dependências do Parque Municipal da Lagoa do Peri.

Enfim, a todos que, direta ou indiretamente, buscaram ajudar ou contribuir com as atividades deste trabalho de dissertação.

SUMÁRIO

I. Introdução.....	pág. 1
II. Objetivos	
2.1. Objetivo geral.....	pág. 3
2.2. Objetivos específicos.....	pág. 3
III. Revisão Bibliográfica	
3.1. Floresta Ombrófila Densa	pág. 4
3.2. Deposição, acúmulo e decomposição de serapilheira	pág.10
3.3. Estoque e ciclagem de nutrientes	pág.19
IV. Materiais e Métodos	
4.1. Área de estudo	pág.23
4.1.1. Localização.....	pág.23
4.1.2. Geologia, geomorfologia e pedologia	pág.23
4.1.3. Clima	pág.27
4.1.4. Vegetação	pág.27
4.1.5. Histórico de ocupação.....	pág.28
4.2. Produção de serapilheira	pág.32
4.3. Serapilheira acumulada	pag.34
4.4. Decomposição de serapilheira	pág.35
4.5. Análises químicas em tecidos vegetais	pág.37
4.6. Avaliação da eficiência de ciclagem de nutrientes	pág.40
4.7. Obtenção dos parâmetros climáticos.....	pág.40
4.8. Análises estatísticas.....	pág.41
V. Resultados e Discussão	
5.1. Clima.....	pág.42
5.2. Produção de serapilheira	pág.48
5.2.1. Variação espacial.....	pág.48
5.2.2. Variação temporal.....	pág.66
5.3. Serapilheira acumulada.....	pág.82
5.3.1. Variação espacial	pág.82
5.3.2. Variação temporal	pág.88
5.4. Nutrientes na serapilheira produzida.....	pág.91

5.4.1. Concentração de nutrientes.....	pág.91
5.4.2. Fluxo de nutrientes ao solo via serapilheira.....	pág.100
5.4.3. Eficiência no uso de nutrientes.....	pág.107
5.5. Decomposição.....	pág.113
5.5.1. Taxa de decomposição.....	pág.113
5.5.2. Tempo de meia-vida da serapilheira e tempo de renovação..	pág.127
5.5.3. Dinâmica da concentração de nutrientes na decomposição..	pág.130
VI. Conclusões.....	pág.134
VII. Considerações finais.....	pág.135
VIII. Referências bibliográficas.....	pág.137

RELAÇÃO DE TABELAS

TABELA 01	Valores mensais dos parâmetros abióticos registrados pela estação meteorológica localizada no sul da Ilha de Santa Catarina durante o período de estudo.	43
TABELA 02	Valores médios normais observados pela Estação Meteorológica de Florianópolis, SC.	43
TABELA 03	Balço hídrico do solo e valores mensais de evapotranspiração potencial e evapotranspiração real.	45
TABELA 04	Valores mensais e anuais (em kg/ha) de produção de serapilheira (Total e Frações) estimados nos estandes 1 (capoeirão) e 2 (floresta primária) durante o período de estudo.	49
TABELA 05	Quadro comparativo dos valores (em kg/ha.ano) de produção de serapilheira total (PS Total) e de produção de serapilheira foliar (PS Folhas) em floresta ombrófila densa de encosta atlântica .	50
TABELA 06	Quadro comparativo dos valores (em kg/ha.ano) de produção de serapilheira total (PS Total) e de produção de serapilheira foliar (PS Folhas) em floresta semidecídua , no Brasil.	51
TABELA 07	Quadro comparativo dos valores (em kg/ha.ano) de produção de serapilheira total (PS Total) e de produção de serapilheira foliar (PS Folhas) em floresta amazônica .	52
TABELA 08	Correlação de Pearson entre algumas variáveis.	75
TABELA 09	Valores mensais (em kg/ha) de serapilheira acumulada obtidos nos estandes 1 (capoeirão) e 2 (floresta primária) no período de estudo.	84
TABELA 10	Quadro comparativo dos valores (em t/ha) de serapilheira acumulada (SAC.) apresentados em estudos efetuados em diversas formações de floresta tropical do Brasil.	84
TABELA 11	Concentração (%) de nitrogênio, de fósforo, de potássio e de carbono presente nas frações “folhas” e “caule” da serapilheira produzida.	92
TABELA 12	Concentração (%) de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) de vários estudos efetuados em florestas tropicais do Brasil e do Mundo.	93
TABELA 13	Quantidade (kg/ha) de nitrogênio, de fósforo, de potássio e de carbono transferida anualmente ao solo através da serapilheira produzida (frações “folhas” e “caule”) nos estandes 1 e 2 e eficiência no uso desses nutrientes pela serapilheira produzida (EUN).	100
TABELA 14	Quantidade (kg/ha/ano) de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) transferida pela serapilheira produzida e índice de eficiência do uso destes nutrientes (EUN) em florestas tropicais do Brasil e do Mundo: quadro comparativo.	101
TABELA 15	Taxas de decomposição, “K-rel” e “K-bag”, taxa de desaparecimento de 50% da serapilheira (T50%) e tempo médio de renovação da serapilheira depositada (TR) obtidas neste estudo.	114
TABELA 16	Taxas de decomposição calculadas pela relação “Produção/Acúmulo” (K-rel) de várias áreas de floresta tropical do Brasil.	116
TABELA 17	Taxas de decomposição estimadas com base na perda de massa foliar em bolsas de decomposição (K-bag) de várias áreas de floresta tropical do Brasil.	116
TABELA 18	Relação Carbono/Nitrogênio (C/N), Relação Carbono/Fósforo (C/P) e Relação Nitrogênio/Fósforo (N/P) da serapilheira produzida (frações “folhas” e “caule”).	121
TABELA 19	Varição da perda de biomassa foliar (%Biomassa), da composição química da serapilheira (%Nitrogênio, %Fósforo, %Potássio e %Carbono) e das relações C/N, C/P e N/P durante o processo de decomposição em cada estande.	122
TABELA 20	Correlação de Pearson entre a variação da perda de biomassa foliar (% Biomassa) e a variação dos seguintes parâmetros ao longo do processo de decomposição: relação C/P, relação C/N, relação N/P, %Nitrogênio e %Fósforo.	123
TABELA 21	Tempo de desaparecimento de 50% da serapilheira (em dias) em diversas formações florestais brasileiras.	130

RELAÇÃO DE FIGURAS

FIGURA 01	Localização da área de estudo. <u>Fonte:</u> PEREIRA (2001) - Mapa modificado.	25
FIGURA 02	Vista panorâmica das encostas do Parque Municipal da Lagoa do Peri (estande 1).	26
FIGURA 03	Vista panorâmica das encostas do Parque Municipal da Lagoa do Peri (estande 2).	26
FIGURA 04	Aspecto do interior da mata do estande 1: formação secundária - capoeirão.	29
FIGURA 05	Aspecto do interior da mata do estande 2: formação primária.	29
FIGURA 06	Desenho de um coletor semelhante ao que foi utilizado neste estudo.	33
FIGURA 07	Diagrama climático da localidade de Florianópolis (SC) do período de estudo (março de 2001 a março de 2002).	46
FIGURA 08	Diagrama climático dos parâmetros normais médios de precipitação e temperatura do período de 84 anos (1917-2001) para a localidade de Florianópolis, SC.	47
FIGURA 09	Dinâmica da produção de serapilheira (Total e frações) do estande 1 (capoeirão) durante o período de estudo.	66
FIGURA 10	Dinâmica da produção de serapilheira (Total e frações) do estande 2 (floresta primária) durante o período de estudo.	67
FIGURA 11	Comparação da variação mensal de produção total de serapilheira (kg/ha) dos dois estandes com a variação mensal da precipitação (mm), durante o período de estudo.	70
FIGURA 12	Comparação da variação mensal de produção total de serapilheira (kg/ha) dos dois estandes com a variação mensal da temperatura média (°C), durante o período de estudo.	71
FIGURA 13	Comparação da variação mensal de produção total de serapilheira (kg/ha) dos dois estandes com a variação mensal da velocidade do vento (Km/h), durante o período de estudo.	72
FIGURA 14	Comparação da variação mensal de produção total de serapilheira (kg/ha) dos dois estandes com a variação mensal da evapotranspiração potencial e real (mm), durante o período de estudo.	74
FIGURA 15	Comparação da dinâmica da produção de serapilheira (TOTAL) entre o estande 1 (capoeirão) e o estande 2 (floresta primária), durante o período de estudo.	76
FIGURA 16	Comparação da dinâmica da produção de serapilheira (FOLHAS) entre o estande 1 (capoeirão) e o estande 2 (floresta primária), durante o período de estudo.	76
FIGURA 17	Comparação da dinâmica da produção de serapilheira (CAULE) entre o estande 1 (capoeirão) e o estande 2 (floresta primária), durante o período de estudo.	79
FIGURA 18	Comparação da dinâmica da produção de serapilheira (MATERIAL REPRODUTIVO) entre o estande 1 (capoeirão) e o estande 2 (floresta primária), durante o período de estudo.	80
FIGURA 19	Comparação da dinâmica da produção de serapilheira (MISCELÂNEAS) entre o estande 1 (capoeirão) e o estande 2 (floresta primária), durante o período de estudo.	81
FIGURA 20	Comparação dos valores mensais de serapilheira acumulada obtidos nos estandes 1 e 2 com os valores mensais de serapilheira total produzida, durante o período de estudo.	89
FIGURA 21	Variação do percentual de biomassa foliar remanescente e do percentual da perda de massa foliar dos estandes 1 (capoeirão) e 2 (floresta primária), durante a decomposição no período de estudo.	119

RESUMO

Neste estudo procurou-se comparar os aspectos de ciclagem de nutrientes de duas comunidades vegetais de floresta ombrófila densa, de estádios sucessionais diferentes, sendo uma primária e outra secundária (capoeirão). O estande do capoeirão, em relação ao estande da floresta primária, apresentou maior produção total de serapilheira (7452,39 x 7074,71 kg/ha/ano), maior taxa de decomposição sob condições de equilíbrio dinâmico (1,39 x 1,23), porém menor serapilheira acumulada (5346,30 x 5751,25 kg/ha) e menor tempo de renovação da serapilheira (0,72 ano x 0,81 ano). As concentrações do nitrogênio, do fósforo e do potássio foram maiores na serapilheira do capoeirão do que na da floresta primária. O estande do capoeirão apresentou maior fluxo de nitrogênio, de fósforo e de potássio pela serapilheira do que o estande de floresta primária. O capoeirão praticamente alcançou os níveis de eficiência do uso de nitrogênio da floresta primária, porém, foi bem menos eficiente no uso de fósforo e potássio. Estes resultados podem ter implicações para o manejo destes sistemas.

ABSTRACT

The aim of study was to compare some aspects of nutrients cycling of two stands of atlantic forest *sensu restricto* with different successional stages - primary and secondary (capoeirao) vegetations. The secondary forest stand, when comparing primary forest stand, showed higher total aboveground litterfall (7,45 t.ha⁻¹.y⁻¹ versus 7,07 t.ha⁻¹.y⁻¹), higher litter decomposition constant (1,39 v 1,23), estimated for steady-state conditions, lower litter accumulation in the forest floor (5,34 t.ha⁻¹ v 5,75 t.ha⁻¹) and lower litter mass turnover time (0,72 year v 0,81 year). The concentrations of nitrogen, phosphorus and potassium were higher in the capoeirao forest litterfall than those of the primary forest litterfall. The flows of the nitrogen, phosphorus and potassium through litterfall to soil were higher in the capoeirao forest stand. The nitrogen use efficiency in capoeirao forest was near to value estimated in primary forest stand. On the other hands, both phosphorus and potassium use efficiency in capoeirao were lower when comparing primary forest stand. These results may suggest or provide some implications in management activities.

1. INTRODUÇÃO

A ciclagem de nutrientes em um ecossistema consiste no fluxo desses nutrientes entre os reservatórios e nas transferências entre um ecossistema e outro (LEITÃO FILHO *et al.*, 1993). Estudar a ciclagem de nutrientes de um ecossistema, portanto, é estudar este fluxo, mas também seus reservatórios, tais como, chuva, biomassa aérea, serapilheira, solo e raízes (GOLLEY *et al.*, 1978). Os aspectos mais estudados na ciclagem de nutrientes são a produção e a decomposição de folheto, bem como a qualificação e a quantificação de nutrientes que retornam ao solo através do folheto ou serapilheira.

A serapilheira atua na superfície do solo como um reservatório de nutrientes do ecossistema, controlado pelos processos de produção e decomposição. Estes processos são, particularmente, importantes na restauração da fertilidade do solo em áreas de regeneração secundária (EWEL 1976; BROWN & LUGO, 1990; MARTINS & RODRIGUES, 1999). A decomposição de serapilheira é, relativamente, rápida na maioria das florestas tropicais levando a altas taxas de circulação de nutrientes e de carbono através do sistema planta-solo (VOGT *et al.*, 1986; SILVER, 1994).

A quantificação do fluxo de nutrientes associada à queda de serapilheira é essencial para o entendimento da dinâmica dos ecossistemas, já que a manutenção dos sistemas naturais depende de uma adequada ciclagem de minerais (MORAES *et al.*, 1999). Deste modo, os processos de ciclagem de nutrientes são de fundamental importância para o estabelecimento e manutenção autossustentada do ecossistema (DELITTI, 1995).

Os estudos de ciclagem de nutrientes em florestas tropicais iniciaram-se no final da década de 60, no Brasil. Apesar disto, existem poucos dados referenciais sobre ciclagem de nutrientes em florestas brasileiras, principalmente, em mata atlântica de encosta. Estudos sobre ciclagem de nutrientes de florestas com enfoque sucessional ainda são mais escassos.

O desconhecimento dos fatores que sustentam a alta produção e biomassa destas florestas e que conservam a fertilidade do solo tem sido uma das causas do manejo inadequado das áreas florestais (JORDAN, 1985). Sabe-se que a retirada completa da floresta nativa para uso agrícola do solo remove uma quantidade muito maior de nutrientes estocados no ecossistema em

comparação com o que aconteceria se houvesse extração seletiva da madeira (JORDAN, 1991). Por este motivo, a substituição de florestas tropicais, em parte por cultivos agrícolas, resultou em uma diminuição da capacidade produtiva do solo. Cessada a atividade agrícola em uma área, os processos de produção e decomposição de serapilheira e, conseqüentemente, os de ciclagem de nutrientes, são retomados pela sucessão vegetal, de tal modo que o estágio sucessional passa a influenciar diretamente estes processos (MEDINA & CUEVAS, 1989; BROWN & LUGO, 1990; GALVÃO *et al.*, 1989/1991; LEITÃO FILHO *et al.*, 1993). As florestas secundárias tropicais levam de 40 a 50 anos para restaurar o conteúdo de matéria orgânica no solo em níveis similares aos de uma floresta considerada madura ou primária, independente da intensidade da prática agrícola no passado e do conteúdo inicial de matéria orgânica no solo (BROWN & LUGO, *op. cit.*). Entretanto, a capacidade e a velocidade com que os ecossistemas florestais tem em recuperar os níveis originais de ciclagem de nutrientes vai depender de vários fatores, entre eles, o clima e o solo.

Há, portanto, a necessidade de buscar maiores informações que possam elucidar os mecanismos de ciclagem de nutrientes em comunidades sucessionais de floresta ombrófila densa e, desta forma, contribuir para estudos de recuperação e manejo de florestas tropicais. Assim, a busca de dados sobre deposição, decomposição de serapilheira e ciclagem de nutrientes poderão proporcionar referenciais adicionais para a implantação de planos de manejo de áreas de capoeirão.

Estudos dessa natureza são também necessários porque a floresta pluvial atlântica possui uma cobertura vegetal de importância vital na estabilidade das vertentes das encostas, no controle da qualidade da água e na conservação do solo. Portanto, estudos na Reserva Biológica do Parque Municipal da Lagoa do Peri são relevantes pela importância que representa a floresta, sobretudo a serapilheira depositada sobre o solo, para a sustentabilidade ecológica e para a manutenção do manancial hídrico da lagoa que abastece de água doce a população do sul da Ilha de Santa Catarina.

O presente estudo, portanto, se propõe a contribuir para o conhecimento dos processos de ciclagem de nutrientes de florestas secundárias em fase avançada de sucessão e, deste modo, contribuir com subsídios técnicos para o adequado manejo florestal em capoeirões.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

O presente estudo tem por objetivo geral avaliar e comparar o processo de ciclagem de nutrientes, em seus diversos aspectos, de duas comunidades vegetais de floresta ombrófila densa submontana, distintas quanto a estrutura vegetacional, a composição florística e o histórico de manejo, quais sejam: a) **formação secundária** (capoeirão), em fase avançada de regeneração, com histórico de supressão total (corte raso) da floresta para uso agrícola do solo; b) **formação primária** alterada, com histórico de extração (corte) seletiva de madeira.

2.2. Objetivos específicos

- a) estimar a produção, o acúmulo e a decomposição de serapilheira das duas comunidades vegetais.
- b) comparar os dados estimados de produção, acúmulo e decomposição de serapilheira com os valores mensais de precipitação, temperatura, velocidade do vento, evapotranspiração real e evapotranspiração potencial obtidos durante o período de estudo.
- c) determinar a concentração e estimar a quantidade de nutrientes (N, P, K) transferida para o solo através da serapilheira produzida.
- d) determinar a concentração de nutrientes (N, P, K) durante o processo de decomposição da serapilheira foliar.
- e) determinar o teor de carbono presente na serapilheira produzida e na serapilheira em decomposição.
- f) determinar a eficiência do uso de nutrientes (nitrogênio, fósforo e potássio) das duas comunidades vegetais.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Floresta Ombrófila Densa

Segundo o mapa da vegetação do Brasil, elaborado pelo IBGE em 1993, em sua segunda edição, e incorporado à legislação brasileira através do Decreto Federal nº 750, de 10 de fevereiro de 1993, a Floresta Ombrófila Densa é uma das formações florestais inseridas no domínio Mata Atlântica, baseando-se em delimitações estabelecidas pelo mapa de vegetação do Brasil, além das seguintes formações: Floresta Ombrófila Mista, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual, Manguezais, Restingas, Campos de Altitude, Brejos Interioranos e Encraves Florestais do Nordeste (CAPOBIANCO, 2002)

Segundo LEITE & KLEIN (1990), a floresta ombrófila densa possui características tropicais, mesmo sendo situada em zona extratropical. Porém, faltam algumas espécies tipicamente tropicais e há endemismos. São a ausência de um período seco, temperaturas médias acima de 15° C e a alta umidade que determinam as características desta formação florestal.

Segundo WETTSTEIN (1970), são dois fatores dominantes que causam as características desta formação: o ininterrupto período de vegetação e a umidade. A exuberância da vegetação, isto é tamanho dos indivíduos isolados e de seus órgãos, rapidez do desenvolvimento e grande número de espécies de plantas, pode ser explicada pela falta de interrupção do período de vegetação. A grande umidade, por sua vez, leva a adaptações das plantas. Quando há um fornecimento garantido de água, ocorrem as mais diversas adaptações para aproveitar a luz, fator limitado numa área com alta densidade populacional. Folhas largas, formação da copa e presença de lianas e epífitas são características destas adaptações. As espécies predominantes pertencem às famílias das mirtáceas, lauráceas, leguminosas, rutáceas, meliáceas, apocináceas, palmeiras e outras mais.

Segundo KLEIN (1980), a formação original deste tipo de vegetação caracteriza-se por apresentar, geralmente, quatro estratos de plantas: macrofanerófito, mesofanerófito, nanofanerófito e herbáceo. Cada um destes estratos tem uma composição florística diferente e característica. Exceto nos estratos arbóreos mais superiores, nos demais são encontrados indivíduos imaturos de espécies que passarão para os estratos superiores na maturidade. VELOSO *et al.* (1991) subdividiram tal

tipo vegetacional em cinco formações ordenadas, segundo hierarquia topográfica que refletem fisionomias diferentes, de acordo com as variações ecotípicas das faixas altimétricas resultantes de ambientes também distintos, além das latitudes que se estreitavam de acordo com os seguintes posicionamentos: formação aluvial, formação das terras baixas, formação submontana, formação montana e formação altomontana.

3.1.1. Floresta ombrófila densa submontana

Nas encostas com 30 m até 400 m de altitude encontra-se a floresta ombrófila densa submontana (SEVEGNANI, 2002). Segundo KLEIN (1980), esta formação florestal é composta por três estratos de fanerófitos, sendo que o estrato superior (os macrofanerófitos) apresenta alturas que raramente ultrapassam 30 m. Este autor realça que a maioria das espécies vegetais é seletiva higrófila. O interior da floresta é bastante úmido, mal ventilado, rico em epífitas e lianas e existe uma espessa manta de detritos vegetais (serapilheira) sobre o solo. O palmitero é a palmeira mais presente abaixo do dossel.

O dossel é composto por espécies variadas, algumas delas mostram habitat tropical e, dificilmente, ultrapassam o nível subsequente das formações montanas como, por exemplo, a laranjeira-do-mato (*Sloanea guianensis*), os tanheiros (*Alchornea triplinervia* e *A. glandulosa*), a canela-preta (*Ocotea catharinensis*), a bicuíba (*Virola bicuhyba*), o guamirim (*Gomidesia tijuensis*), o sangueiro ou pau-sangue (*Pterocarpus violaceus*), a *Myrcia pubipetala*, a copiúva (*Tapirira guianensis*), a licurana (*Hieronyma alchorneoides*), o cedro (*Cedro fissilis*), a peroba (*Aspidosperma parvifolium*), o gerivá (*Syagrus romanzoffiana*), a canela-broto (*Criptomocarya moschata*) e as figueiras mata-pau da família das moráceas (*Ficus organensis*, *F. gomelleira*), da família das cecropiáceas (*Coussapoa microcarpa*) e da família das bombacáceas (*Spiroteca passifloroides*). Nos locais mais úmidos também podem ser encontradas *Talauma ovata* (bagaçu), *Pouteria venosa* (guacá-de-leite), *Phytolacca dioica* (umbu) e *Pseudobombax grandiflorus* (embiruçu) (KLEIN, *op. cit.*; SEVEGNANI, *op. cit.*).

No estrato intermediário encontram-se o palmitero (*Euterpe edulis*), o bacupari (*Garcinia gardneriana*), o guamirim-ferro (*Calyptanthus lucida*), *Psychotria alba*, *Maytenus robusta* e *Sorocea bonplandii* (KLEIN, *op. cit.*; SEVEGNANI, *op. cit.*).

No estrato herbáceo-arbustivo destacam-se os xaxins (*Alsophila schanschin*, *A. setosa* e *A. corcovadensis*), o caetê-banana (*Heliconia* sp.), a grandiúva-d'anta (*Psychotria nuda*), a pimenteira (*Mollinedia schottiana*), a erva-cidreira (*Hedyosmum brasiliense*) e as palmeiras (*Bactris setosa*, *Geonoma schottiana* e *G. gamiova*). As epífitas são muito abundantes, chegando a acumular muita água nos períodos mais chuvosos. As principais famílias de epífitas que vivem nestas florestas são: Orchidaceae, Bromeliaceae, Araceae, Piperaceae, Gesneriaceae, além de inúmeras espécies de samambaias e musgos (KLEIN, *op. cit.*; SEVAGNANI, *op. cit.*).

3.1.2. Formações secundárias - sucessão natural

KLEIN (1980) definiu vegetação secundária como sendo “um conjunto de sociedades vegetais que surgem imediatamente após a devastação da floresta ou depois do abandono do terreno cultivado por um período mais ou menos prolongado pelo agricultor, caracterizada por estádios sucessionais bem demarcados e que tendem a reconstituir a vegetação original”.

As formações secundárias são predominantes na paisagem, em tempos atuais, em função do grande impacto causado pelo homem nas florestas originais. Segundo KLEIN (*op. cit.*), há uma grande variabilidade nestas comunidades, em função do tipo de uso, época de abandono e outros fatores que determinaram as condições físicas, químicas e biológicas do solo. Após passar por uma série de estádios intermediários, estas comunidades convergem para florestas climáticas, quando se retoma o estado de equilíbrio, porém, não recuperarão a diversidade florística original.

Nas áreas abandonadas pela ação predatória humana, logo depois de seu uso, se inicia o processo de recuperação. A vegetação secundária emergente reflete os parâmetros ecológicos do ambiente. A sucessão vegetal e a recuperação do solo degradado são processos interdependentes e simultâneos. A perda da matéria orgânica pelas queimadas e da parte química do solo utilizada pelas culturas e também lixiviada pelas águas da chuva empobrece rapidamente os solos tropicais álicos ou distróficos e, excepcionalmente, eutróficos, que levam anos para se restaurarem naturalmente (KLEIN, *op. cit.*; VELOSO *et al.*, 1991).

Uma área de uso antrópico, após o abandono, em decorrência do mau uso da terra ou pela exaustão de sua fertilidade, apresenta, inicialmente, um processo pioneiro de ocupação do solo

por plantas bem adaptadas a viverem da água e da "rocha viva" ou dos horizontes mineralizados do solo. A sucessão natural é subdividida em seis estádios de acordo com critérios vegetacionais: estágio herbáceo, capoeirinha, capoeira, capoeirão, floresta secundária e floresta climática (KLEIN, *op. cit.*).

a) Estádio herbáceo

Na sucessão secundária, este estágio diz respeito a primeira ocupação após o abandono do terreno. Contudo, deve-se distinguir dois casos: quando o terreno é abandonado, pouco tempo depois do desmatamento e quando um terreno é abandonado, somente depois de terem-se esgotadas parcial ou quase totalmente todas as suas reservas de fertilidade. Após o uso agrícola, os solos encontram-se geralmente em estado de exaustão. Somente plantas que são capazes de viverem da água e da "rocha viva" ou dos horizontes minerais do solo podem lidar com tamanha baixa fertilidade. Dentre as espécies pioneiras mais comuns destacam-se *Andropogon bicornis* (capim rabo-de-burro), *Melinis minutiflora* (capim melado), *Phyllanthus repens* (quebra-pedra), *Gleichenia* sp. (samambaia-de-barranco), *Pteridium aquilinum* (samambaia-das-taperas) *Cyperus* sp (tiririca) e *Bidens pilosa* (picão). O estágio das ervas é chamado pelos agricultores de capinzal ou macega, ou quando dominados por samambais, de samambaial (KLEIN, *op. cit.*; SEVEGNANI, 2002).

A instalação de espécies colonizadoras acontece pela chegada de sementes e esporos transportados pelo vento (anemocoria), embora também podem ser transportados pelos pássaros frugívoros (que comem frutos) ou granívoros (que comem grãos) que voam sobre a área e defecam sementes. Em geral as espécies que colonizam estas áreas degradadas são gramíneas, compostas, samambaias e as tiriricas ou ciperáceas (SEVEGNANI, *op. cit.*).

Em geral, podem ser necessários de 1 a 5 anos para que a comunidade herbácea perca a dominância fisionômica e ecológica da área, que pode variar com o substrato, a história, a vizinhança e o ciclo de vida das espécies colonizadoras e com os fatores estressantes que atuam na área (SEVEGNANI, *op. cit.*).

b) Capoeirinha

Neste estágio da vegetação secundária verifica-se a transição de ervas para arbustos, as vassouras, que chegam a atingir 3 metros de altura. Após cerca de 5 anos de abandono da área surgem os primeiros arbustos, os "vassourais" que, dependendo das condições locais, permanecem até 10 anos. Neste estágio encontram-se já hemicriptófitos, graminóides, caméfitos rosulados e nanofanerófitos de baixo porte, tais como *Paspalum* (Gramineae), *Solanum* (Solonaceae), *Mikania* e *Vernonia* (Compositae). Entre as plantas lenhosas destacam-se *Baccharis* (Compositae), *Leandra*, *Miconia* e *Tibouchina* (Melastomataceae). Na falta de concorrentes nesta fase os vassourais preparam o ambiente para a instalação de espécies das fases mais avançadas (KLEIN, *op. cit.*).

c) Capoeira

Em função da diminuição da luminosidade e aumento da matéria orgânica no solo surgem as espécies que passam a dominar o estágio da capoeira. A capoeira é o estágio das arvoretas que surge após 10 anos de sucessão quando os vassourais passam a dar sinais de perda de vitalidade, no final do seu ciclo de vida, e começam a ser substituídos por arvoretas de *Myrsine coriacea* (capororoca). Esta espécie atinge de 5 a 6 m de altura e seu desenvolvimento é bastante agressivo, chegando a 150 ou 200 exemplares por 100m² quando jovens. Entremeados às arvoretas adultas observam-se indivíduos jovens de jacatirão (*Miconia cinnamomifolia*), pixiricão (*Miconia cabucu*), pau-mandioca (*Scheffera morototoni*), guamirim-folha-miúda (*Myrcia rostrata*), caxeta (*Psychotria longipes*) e cortiça (*Guatteria australis*). Com o desenvolvimento dos indivíduos dessas espécies a vegetação começa a ficar mais fechada e o sombreamento aumenta, modificando as condições ambientais para germinação de muitas espécies, seja impedindo o estabelecimento da germinação de sementes de copororoca, seja facilitando o surgimento de plântulas de espécies arbóreas que dominarão a próxima fase sucessional, o capoeirão (SEVEGNANI, 2002).

d) Capoeirão

Quando a *Myrsine coriacea* (capororoca) atinge a maturidade, começa a se instalar, de forma intensiva, *Miconia cinnamomifolia* (jacatirão), que marca o início para o estágio de

capoeirão. Nesta fase sucessional observa-se a formação de um dossel mais uniforme com um sombreamento mais intenso com dominância de árvores com alturas maiores que 15 m, sem indivíduos emergentes. As árvores tem copas amplas e alturas de 10-15 m e a densidade é muito alta. Isto cria um microclima muito sombreado e úmido no interior da comunidade, permitindo a instalação de outras plantas (KLEIN, 1980).

Neste estágio, encontram-se indivíduos adultos das seguintes espécies arbóreas: a licurana (*Hieronyma alchorneoides*), o palmito (*Euterpe edulis*), o sobragi (*Colubrina glandulosa*), a canjerana (*Cabralea canjerana*), o camboatá-branco (*Matayba guianensis*), os tanheiros (*Alchornea glandulosa* e *A. triplinervia*), a pindaíba (*Xylopia brasiliensis*), a cortiça (*Rollinia sericea*), o cedro (*Cedrela fissilis*), o guamirim-araçá (*Myrcia pubipetala*), o guamirim vermelho (*Gomidesia spectabilis*), a canela garuva (*Nectandra oppositifolia*), a canela-broto (*Cryptocarya moschata*). Como indicador de mudanças no microclima do ambiente observa-se o estabelecimento de epífitas no interior sombreado e úmido do capoeirão e o palmito se instala definitivamente. Somente no final da fase do capoeirão começa a definição de dois estratos arbóreos os quais, quando bem caracterizados e estabelecidos formarão a floresta secundária, o próximo estágio sucessional (KLEIN, *op. cit.*; SEVEGNANI, 2002).

e) Floresta secundária

KLEIN (1980) relatou que uma floresta secundária, no seu aspecto externo (fisionômico), praticamente, não difere de uma floresta primária. Porém, nota-se ausência de indivíduos adultos de espécies mais exigentes, exceto aqueles em estado jovem, principalmente, em relação à Myrtaceae e Lauraceae.

No estágio de floresta secundária, com um maior sombreamento e maior umidade interna, começam a proliferar epífitas, como as bromélias, as orquídeas, os cactos, as samambaias e as piperáceas. O porte da vegetação pode atingir de 15 a 20 metros de altura, no entanto, os diâmetros do tronco ainda são reduzidos, exceto aquelas árvores de crescimento muito rápido, que alcançam diâmetros de tronco superiores a 30 cm. Há indivíduos com diferentes idades e não há uma única espécie que domina fisionomicamente. A instalação de *Ocotea catharinensis* (canela-preta), *Sloanea guianensis* (laranjeira-do-mato), *Hirtella hebeclata* (cinzeiro), *Gomidesia tijucensis* (guamirim), *Cariniana estrellensis* (estopeira), *Ocotea urbaniana* (canela-merda),

Virola bicuhyba (bicuíba), *Garcinia gardneriana* (bacupari), *Euterpe edulis* (palmeiro) e *Alsophila schanschin* (samambaiçu) é gradual, mudando totalmente a comunidade. Decorridos 50 ou 100 anos de abandono agrícola, encontra-se na área uma floresta muito desenvolvida, com indivíduos com diâmetros elevados, podendo atingir 30 metros de altura (SEVEGNANI, 2002).

A floresta secundária se parece muito com uma floresta primária. O número e a riqueza de epífitas e liana é grande e a serapilheira é abundante, rica em microorganismos decompositores. A ciclagem de nutrientes é rápida e a umidade e temperatura no interior da floresta são muito mais estáveis que os anteriores (SEVEGNANI, *op. cit.*).

Os estádios sucessionais iniciais nos quais dominam as ervas (macega ou capinzal), arbustos (capoeirinha), arvoretas (capoeira) tanto das áreas acima de 400 metros (floresta montana), quanto àquelas abaixo de 400 metros (floresta submontana) são semelhantes, no entanto, podem se diferenciar em uma outra espécie vegetal. Entretanto no capoeirão as espécies que dominam em altitudes abaixo dos 400 metros, como o jacatirão, o pixiricão e a embaúba, não ocorrem em florestas montanas (SEVEGNANI, *op. cit.*).

3.2. Deposição, acúmulo e decomposição de serapilheira

3.2.1. Produção de serapilheira

A serapilheira, também chamada de folhedo, folhiço, liteira, manta e palha, é definida como sendo um material biológico depositado sobre o solo, em vários estados de decomposição, o qual representa uma fonte potencial de energia para as espécies consumidoras. A serapilheira é constituída por folhas, ramos, caules, flores, frutos, cascas, além de restos de dejetos e restos animais. A maior parte desta biomassa é de origem vegetal, embora a origem animal também seja considerado importante na transferência de nutrientes ao solo, tais como fragmentos de invertebrados e excrementos (MASON, 1980; PROCTOR, 1983; VITOUSEK, 1984).

As folhas representam a maior fração da serapilheira produzida durante o ano, podendo sua contribuição variar de 60 a 80% de acordo com o tipo de floresta estudada. Isto se deve a longevidade das folhas que é pequena em relação a outros órgãos vegetais (MASON, 1980; PORTES *et al.*, 1998, GALVÃO *et al.*, 1999; PORTES, 2000). Em florestas tropicais estudadas

a contribuição da produção de folheto foliar fica em torno de 62,4% da produção total do folheto (BRAY & GORHAM, 1964).

O padrão de produção de serapilheira em florestas tropicais úmidas varia conforme o tipo de floresta de ecossistema florestal estudado. Estudos de revisão apontam uma variação de produção de serapilheira em florestas tropicais úmidas entre 6000 e 12000 kg/ha/ano (BRAY & GORHAM, 1964; GOLLEY *et al.*, 1978; PROCTOR, 1983).

Estas variações no padrão de produção de serapilheira são provocadas por diversos fatores, entre eles estão o clima, a composição florística, o estágio sucessional, as condições do solo, o gradiente de altitude, bem como a presença e a intensidade dos diversos tensores ambientais como a seca, a geada, a poluição e as queimadas (EWEL, 1976; JORDAN, 1985; VITOUSEK & SANFORD, 1986; REINERS & LANG, 1987; DOMINGOS *et al.*, 1990; LEITÃO FILHO *et al.*, 1993; BRITZ, 1994; DELITTI, 1995).

Para MEENTEMEYER *et al.* (1982), cinco fatores climáticos são os de maior interesse ecológico no estudo da produção de serapilheira, já que inserem a disponibilidade de energia térmica, luminosa e hídrica: valores anuais de precipitação (P), evapotranspiração potencial (ETP), evapotranspiração real (ETR), radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e coeficiente ETR/ETP. PROCTOR (1983) concluiu que não existe uma simples relação entre produção de serapilheira e pluviosidade anual em florestas tropicais.

BRAY & GORHAM (1964) estabeleceram correlação linear inversa entre latitude e a produção de folheto. Estão incluídos nesta correlação os fatores mencionados de redução de luz e temperatura. VOGT *et al.* (1986) *apud* DURIGAN *et al.* (1996) desprezaram os fatores climáticos e a latitude, mostrando que o comportamento intrínseco das espécies, naturalmente perenifólias ou caducifólias, determinará a produção de serapilheira.

Também encontram-se grandes diferenças nos padrões de produção de serapilheira associadas às características dos solos. Florestas sobre solos mais férteis e com menor disponibilidade de água tendem a apresentar maior deposição de serapilheira. É por este motivo que floresta mesófila semidecídua é mais produtiva do que floresta ombrófila densa (DURIGAN *et al.*, 1996).

Quanto à variação da produção anual de serapilheira, pode-se afirmar que, via de regra, os ecossistemas de florestas tropicais apresentam produção contínua de folheto no decorrer do ano, sendo que a quantidade produzida nas diferentes épocas depende do tipo de vegetação considerado.

Segundo PROCTOR *et al.* (1983), a taxa de variação da produção de serapilheira anual pode ficar entre 1,4 e 1,0 em florestas secundárias do Panamá (LEIGH & SMYTHE, 1978) e em florestas dipterocárpicas da planície de Pasoh, na Malásia (LIM, 1978), pode ficar entre 1,6 e 1,0 em florestas de spodozol na Venezuela (JORDAN & MURPHY, 1978) e pode ter um teto de 1,9 em florestas montanhosas do sudeste da Índia (BLASCO & TASSY, 1975). Embora outros estudos a longo prazo tem revelado menores taxas, é indubitável a afirmação de que a variação anual de produção de serapilheira em florestas tropicais é, geralmente, pequena.

Entre os fatores relacionados ao clima, a temperatura, a precipitação, o fotoperíodo e intensidade luminosa podem ser apontados como os principais influenciadores da variação anual de deposição da serapilheira. Segundo DELITTI (1995), o padrão de produção de serapilheira é influenciado, primariamente, pelo estresse hídrico, indicado pela ocorrência de picos de queda na estação seca. ALVIM (1964) sugeriu que a redução de luz e temperatura faz com que as árvores derrubem as folhas no inverno. MARTINS (1982) sugeriu que sejam acrescentados os fatores genéticos nesta relação.

Considerando o aspecto dinâmico e sucessional de uma floresta tropical, JANZEN (1980) atribuiu a queda das folhas das árvores tropicais, entre outro fatores, à competição pela luz incidente provocado pelo aumento de sombra dentro e entre copas tanto nos estádios iniciais da sucessão, quanto nos estádios mais avançados. Para JORDAN (1971) e JORDAN & MURPHY (1978), a luz durante a estação de crescimento também é o fator principal do aumento de produção de serapilheira.

O estágio sucessional da formação vegetal influi diretamente na produção de folheto, de tal modo que florestas secundárias caracterizam-se por apresentar menos produção de serapilheira que florestas em início de regeneração, já que estas últimas apresentam dominância de espécies pioneiras (LEITÃO FILHO *et al.*, 1993). Estes autores, citando outros, destacaram o papel de espécies pioneiras na produção de serapilheira por terem rápido crescimento e ciclo de

vida curto, investindo pesadamente na produção de biomassa em curto espaço de tempo, sendo precoces nas fenofases reprodutivas com grandes produções de flores e frutos. Entretanto, espécies secundárias crescem de forma mais lenta, contribuindo de maneira menor e mais regular para a produção de folheto. Segundo LOWMAN (1988), a estrutura vertical e horizontal da comunidade vegetal e a composição e distribuição de espécies podem interferir na distribuição e produção de serapilheira.

Alguns estudos tem procurado examinar a relação entre produção de serapilheira com os estádios sucessionais da floresta tropical. EWEL (1976) estudou a produção de serapilheira, o conteúdo inicial de nutrientes e a perda destes durante a decomposição, em áreas vegetadas sob diferentes idades de sucessão, assim como numa área de floresta madura, todas localizadas no leste de Guatemala. DANTAS & PHILLIPSON (1989), em Capitão Poço, no Pará, compararam a produção de serapilheira e o conteúdo de nutriente na serapilheira entre uma floresta primária e uma floresta secundária. HERBORN & CONGDON (1993, 1998) estudaram a produção de serapilheira e a ciclagem de nutrientes entre uma área perturbada e uma área não perturbada pelo corte seletivo de árvores em North Queensland, Austrália. SANCHEZ & ALVAREZ-SANCHEZ (1995) estimaram a produção de serapilheira (total e frações) em Los Tuxtlas no México. No Rio de Janeiro, LOUZADA *et al.* (1995) compararam a produção de serapilheira em duas áreas de floresta atlântica secundária com diferentes idades e ação antrópica nas localidades de Angra dos Reis e Parati. CARDOSO & REIS (1996) avaliaram a deposição de serapilheira em duas áreas com estádios secundários da floresta ombrófila densa montana de Santa Catarina, sendo uma situada no município de São Pedro de Alcântara/SC e outra em Ilhota/SC. CUNHA (1997) estudou os aspectos de ciclagem de nutrientes em diferentes estádios sucessionais da floresta estacional decidual do Rio Grande do Sul. FONSECA (1998) estudou a fenologia e a estrutura de uma floresta semidecídua, em Botucatu, Estado de São Paulo, relacionando com as fases de desenvolvimento sucessional.

Segundo MELLO (1995), de modo geral, estudos sobre produção de serapilheira e de sua composição química remontam desde EBERMAYER (1878) e MÜLLER (1887), sendo que o primeiro foi realizado na Alemanha, que demonstrava o papel da produção de serapilheira na ciclagem de nutrientes, e o segundo buscou o significado da composição da serapilheira no desenvolvimento do solo florestal, acrescenta o autor.

Desde aqueles tempos até os dias atuais, inúmeros estudos relacionados com produção de serapilheira foram realizados em diversas formações vegetais em todos os cinco continentes. Alguns estudos de revisão foram propostos na busca de modelos de produção de serapilheira em ecossistemas do mundo inteiro (BRAY & GORHAM, 1964; MEENTEMAYER *et al.*, 1982; PROCTOR, 1983; VOGT *et al.*, 1986; LONDSDALE, 1988; SILVER, 1994).

No Brasil, KLINGE & RODRIGUES (1968) foram os primeiros a realizar estudos de produção de serapilheira, especificamente, na floresta amazônica. Na floresta amazônica, seguiram os trabalhos realizados por ADIS *et al.* (1979), KLINGE (1977), FRANKEN *et al.* (1979), SILVA & LOBO (1982), LUIZÃO (1982, 1989), SILVA (1984), LUIZÃO & SCHUBART (1987), DANTAS & PHILIPSON (1989), SCOTT *et al.* (1992) e SIZER *et al.* (2000).

Em floresta estacional semidecidual, também denominada de floresta mesófila semidecídua, são citados os trabalhos de MEGURO *et al.* (1979), PAGANO (1985; 1989a), DINIZ (1987), MORELLATO (1987, 1992), CESAR (1988, 1993b), SANTOS (1989), POGGIANI & MONTEIRO JÚNIOR (1990), PEDRONI *et al.* (1990), SCHLITTLER (1990), GORRESIO-ROIZMAN *et al.* (1992), SCHLITTLER *et al.* (1993a,b,c), DURIGAN *et al.* (1996) e DINIZ & PAGANO (1996).

Já em floresta ombrófila densa, formações montana e submontanas, também denominada de mata atlântica de encosta, em suas diversas formações e estádios sucessionais, destacaram-se os trabalhos de VARJABEDIAN & PAGANO (1988), VUONO *et al.* (1989), DOMINGOS *et al.* (1990), REBELO *et al.* (1992), TEIXEIRA *et al.* (1992), LEITÃO FILHO *et al.* (1993), OLIVEIRA & LACERDA (1993), CUSTÓDIO FILHO (1994), LOUZADA *et al.* (1995), CITADINI-ZANETTE (1995), CARDOSO & REIS (1996), SANTOS (1997), SANTOS *et al.* (1998), BOEGER *et al.* (1999 *apud* VIBRANS & SEVEGNANI, 2000), HINKEL & PANITZ (1999), MORAES *et al.* (1999) e VIBRANS & SEVEGNANI (*op. cit.*). Em floresta ombrófila densa altomontana, destacou-se o trabalho de PORTES (2000).

Estudos de produção de serapilheira também foram realizados em outras formações vegetais do Brasil, ou seja, em floresta estacional decidual (CUNHA *et al.*, 1993; MELLO, 1995; MELLO & PORTO, 1997), em floresta estacional perenifólia costeira (NUNES, 1980; NUNES *et al.*, 1984; SAMPAIO *et al.*, 1993), em cerrado (PERES *et al.*, 1983; DELITTI, 1984; SILVA, 1993) e cerradão (PRAZERES *et al.*, 1996), em floresta ombrófila mista ou floresta de Araucária

(BRITEZ *et al.*, 1992; KOEHLER & REISSMANN, 1992; BACKES *et al.*, 2000; SCHEEREN *et al.*, 2000) e em restinga (BRITEZ, 1994; MORAES & DOMINGOS, 1997; MORAES *et al.* 1999). Além das formações naturais, pesquisadores também se preocuparam em estudar, nestas últimas décadas, o padrão e o comportamento da produção de serapilheira de povoamentos de espécies exóticas plantados no Brasil, principalmente, dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* (DELITTI, 1984; HINKEL & PANITZ, 1999).

3.2.2. Acúmulo de serapilheira

A camada de serapilheira depositada sobre o solo tem tido papel destacado na ciclagem de nutrientes, já que possuem diversas funções, como reservatório de nutrientes, como recurso e habitat de organismos decompositores, denso emaranhado de raízes e micorrizas (MELLO, 1995).

A serapilheira sobre a superfície do solo atua como um sistema de entrada e saída, entrando material proveniente da vegetação e decompondo permitindo o abastecimento de nutrientes para o solo e para as raízes. A serapilheira acumula sobre o solo até a quantidade de deposição de serapilheira se igualar a quantidade de decomposição de serapilheira, após a qual a quantidade de serapilheira acumulada sobre a superfície do solo oscila em torno de um valor médio considerado como estado de equilíbrio (OLSON, 1963; FACELLI & PICKETT, 1991; ODUM, 1986 *apud* CUSTÓDIO FILHO, 1994).

FACELLI & PICKETT (*op. cit.*) discutiram a influência da acumulação da serapilheira no solo na estrutura e dinâmica das comunidades vegetais.

VOGT *et al.* (1986), que discutiram os fatores que regem a acumulação de serapilheira no solo das florestas do mundo todo, colocam que os dados sintetizados por eles discordam da generalização efetuada por OVINGTON (1965) e RODIN & BAZILEVICH (1967), segundo a qual a acumulação de matéria orgânica no solo da floresta é maior com o aumento da latitude. Para os primeiros, a variação de acumulação de serapilheira no solo é maior em florestas sempre-verdes do que em florestas decíduas. Segundo ainda eles, a alta variabilidade de acumulação de serapilheira no solo florestal dentro de uma mesma zona climática deve-se a outros fatores, entre eles, as diferentes taxas de decomposição em função da variação na qualidade da serapilheira e as diferentes

disponibilidades de nutrientes presentes na serapilheira em decomposição. A quantidade de serapilheira acumulada também pode variar de acordo com o estágio sucessional, o tipo de floresta, a sazonalidade climática e a periodicidade da vegetação.

O acúmulo de serapilheira no solo está diretamente relacionado com a atividade decompositora dos microorganismos, que ao serem afetados em seu processo metabólico diminuem sua atividade e ocasionam baixo coeficiente de decomposição, ocorrendo maior acúmulo, como ocorre por exemplo, em áreas afetadas por poluentes atmosféricos (SANTOS, 1997).

Apesar de SAMPAIO *et al.* (1993) terem afirmado que existem poucos estudos publicados que abordam a quantificação da serapilheira acumulada sobre o solo, alguns trabalhos que buscaram abordar este aspecto, merecem ser destacados, tais como, PAGANO (1985; 1989), DINIZ, 1987, CESAR (1988; 1993b), SCHLITTLER (1990), em floresta semidecídua, SCOTT *et al.* (1992), em floresta amazônica, VARJABEDIAN & PAGANO (1988), LEITÃO FILHO *et al.* (1993), CUSTÓDIO FILHO (1994), OLIVEIRA *et al.* (1994), SANTOS (1997), em floresta ombrófila densa, entre outros.

3.2.3. Decomposição de serapilheira

O processo de decomposição também é de fundamental importância na manutenção da integridade funcional dos ecossistemas, pois resulta na mineralização dos nutrientes incorporados à matéria orgânica, de modo a torná-los novamente disponíveis para os produtores. Deste modo, o fluxo de energia pode ser limitado pelo tempo de residência dos bioelementos no compartimento de serapilheira acumulada e do solo, especialmente em ecossistemas tropicais, onde os reservatórios de nutrientes são, freqüentemente, restritos (GRANDI *et al.*, 1992).

Devido ao fato das florestas tropicais situarem-se em solos de baixa fertilidade, o componente microbiológico são imprescindíveis na reciclagem de nutrientes para a vegetação, funcionando como catalisadores da decomposição da matéria orgânica. Há entre estes organismos decompositores, utilização de determinados elementos em cadeia até serem liberados no solo,

podendo novamente serem liberados pelas plantas (RODRIGUES *et al.*, 1995 *apud* FRANCO & CAMPELLO, 1997).

MOORHEAD *et al.* (1998) argumentaram que a competição direta por nutrientes minerais entre decompositores e plantas em crescimento poderia manifestar redução na decomposição de serapilheira. Estes autores, citando várias referências, justificaram que a microflora saprófita poderia imobilizar os nutrientes minerais do solo durante o processo de decomposição, o que levaria algumas plantas a crescer em biomassa. Isto indica que estas plantas, absorvendo nutrientes, poderiam com sucesso competir com decompositores e que, conseqüentemente, reduziria a decomposição de serapilheira em substratos com limitações de nutrientes. Estes autores, portanto, concluíram que há uma correlação negativa entre biomassa vegetal e decomposição de serapilheira, indicando que o aumento da biomassa vegetal, aumentaria a absorção de nutrientes em um solo limitado, aumentaria a competição com os decompositores por nutrientes e diminuiria a decomposição de serapilheira.

GALVÃO *et al.* (1989/1991) compararam, em uma floresta estacional decidual, no município de Santa Maria/RS, a intensidade de decomposição de folhas de espécies vegetais de capoeira e de floresta secundária. Eles encontraram uma relação inversa entre o teor de nitrogênio e a biomassa foliar remanescente de serapilheira em decomposição das espécies amostradas, o que significa que quanto maior a quantidade do elemento mais eficiente é o processo de decomposição, e menor é a quantidade de matéria seca restante da biomassa foliar em decomposição.

EWEL (1976) procurou estudar os efeitos da sucessão da vegetação tropical, das espécies e do tipo do solo sobre a produção de serapilheira e a decomposição foliar, tendo como palco de estudo as florestas úmidas submontanas do leste da Guatemala. Este autor trabalhou com estandes de vegetação de diferentes idades, 1, 3, 4, 5, 6, 9 e 14 anos, após o abandono da atividade agrícola, comparando-os com dois estandes de floresta madura. Ele não observou correlação entre a as taxas de decomposição e a idade da vegetação, isto é, as taxas de decomposição não diminuíram nem aumentaram com o aumento da idade da vegetação.

SWIFT *et al.* (1979) colocaram que as taxas de decomposição de serapilheira é controlada por vários fatores, incluindo a disponibilidade de nutrientes. Segundo GALVÃO *et al.* (1989/1991) os conteúdos iniciais de nitrogênio estão entre os fatores de maior influência sobre a velocidade de decomposição de serapilheira. Os teores de nitrogênio tendem, em termos relativos, a

aumentar ao longo do tempo de decomposição, implicando em uma melhoria da qualidade de serapilheira como nutriente para microflora e, conseqüentemente, numa aceleração do processo.

XIONG & NILSSON (1997), que realizaram uma revisão sobre a dinâmica de acumulação de serapilheira foliar e seus efeitos sobre a vegetação que vive sob influência de regimes hidrológicos, apontaram estudos que mostram que as taxas de decomposição de serapilheira são positivamente correlacionadas com o conteúdo de nutrientes e negativamente correlacionadas com a qualidade do substrato da serapilheira. Segundo eles, citando vários autores, as diferenças no tipo e na qualidade da serapilheira podem resultar em diferentes taxas de lixiviação e fragmentação. Em geral, folhas de espécies de gimnospermas lixiviam menos e, portanto, decompõem mais devagar do que espécies de angiospermas. Folhas jovens, comumente, contêm menos lignina, fibras e compostos secundários, e conseqüentemente, as taxas de decomposição são mais rápidas do que folhas velhas. DAY (1983), citado por XIONG & NILSSON (*op. cit.*), registrou que folhas senescentes lixiviam quase 10% mais do que folhas verdes da mesma espécie em 93 horas.

Ainda quanto a qualidade da serapilheira, considerando que o teor de lignina é importante nos estádios mais avançados de decomposição (VOGT *et al.*, 1986; GALVÃO *et al.*, 1989/1991; MELILLO *et al.*, 1989 *apud* FRANCO & CAMPELLO, 1997), a relação lignina/N na serapilheira tem sido recomendada como um dos bioindicadores importantes da dinâmica do material orgânico em sistemas florestais (CONSTANTINIDES & FOWNERS, 1994 *apud* FRANCO & CAMPELLO, 1997).

VOGT *et al.* (1986) realizaram um bom trabalho de revisão de dados disponíveis provenientes de estudos realizados em florestas do mundo todo, sejam elas decíduas ou sempre-verdes, latifoliadas ou de folhas aciculadas, enfocando os vários aspectos da ciclagem de nutrientes, tais como, produção, acumulação de serapilheira no chão da floresta, tempo de renovação, entrada e dinâmica de nutrientes e de carbono acima e abaixo do solo.

3.3. Estoque e ciclagem de nutrientes

Os nutrientes de um ecossistema florestal encontram-se distribuídos em quatro compartimentos básicos: compartimento orgânico (organismo vivos e seus restos), compartimentos de nutrientes disponíveis (na solução do solo ou absorvidos às superfícies do complexo argila-húmus), compartimento de solo e rochas (nutrientes temporariamente não disponíveis) e compartimento atmosférico (gases e partículas em suspensão) (BORMANN & LIKENS, 1970).

O processo de ciclagem de nutrientes é comum em todos os ecossistemas, porém as quantidades dos elementos estocados nos diferentes compartimentos e os fluxos são particulares de cada ecossistema (DELITTI, 1995).

A visão clássica sobre as florestas tropicais, com exuberante vegetação e com uma alta produtividade primária e que estão sobre solos pobres em nutrientes, pressupõe que as propriedades estruturais e funcionais de tais sistemas permitem uma alta eficiência na utilização dos nutrientes através de uma estreita ciclagem (MELLO, 1995). De fato, quase todas as reservas de nutrientes necessários à floresta estão contidas na fitomassa acima do solo. A cada ano, parte dessa fitomassa morre e é rapidamente mineralizada. Os elementos nutritivos, liberados por este meio, são logo novamente absorvidos pelas raízes (VOGT *et al.*, 1986; DANTAS & PHILLIPSON, 1989; BROWN & LUGO, 1990). Portanto, para sua manutenção, os ecossistemas florestais dependem de sua capacidade para circular e acumular os nutrientes existentes nos diferentes compartimentos (LEITÃO FILHO *et al.*, 1993).

A deposição de serapilheira é um dos principais modos de transferência de nutrientes e energia da vegetação aérea para o solo (MELLO, 1995). Entretanto, o folheto não constitui o único modo de entrada de nutrientes no solo de ecossistemas florestais. Segundo LIMA (1985), as chuvas constituem uma importante fonte de nutrientes nos ecossistemas florestais, que pode ser por precipitação interna através da copa ou por escoamento pelo tronco.

VITOUSEK (1982) sugeriu a relação “massa seca/nutrientes” na serapilheira para a avaliação do índice de economia interna de nutrientes de um ecossistema local, já que, segundo ele, o consumo de nutrientes em árvores tropicais pode ser considerado eficiente se grande quantidade de matéria orgânica pode ser fixada por unidade de nutriente obtido. Tal eficiência no consumo acontece ou por que mais carbono é fixado por unidade de nutriente em árvores ou por que uma

grande fração de nutrientes é reabsorvida das partes senescentes das plantas. Assim, a alta relação “massa seca/nutrientes” na serapilheira produzida caracteriza o consumo eficiente de nutrientes, ou ciclo interno eficiente, por parte da comunidade vegetal.

Parece lógico esperar que plantas de habitats de solos pobres em nutrientes seriam capazes de produzir mais matéria orgânica por unidade de nutriente mineral absorvido do que seriam as plantas de habitats de solos ricos em nutrientes. Entretanto, CHAPIN (1980) reuniu suficiente evidência para sugerir que plantas de habitats inférteis tem, consideravelmente, concentrações de nutrientes maiores que plantas de habitats férteis que crescem sob as mesmas condições controladas de baixo nutrientes. Ele sugeriu ainda que a eficiência das plantas no uso de nutrientes (em gramas de matéria orgânica produzida por unidade de nutrientes tomado) é simplesmente o inverso da concentração de nutrientes nos tecidos das plantas e que, conseqüentemente, as plantas de habitats de solos pobres em nutrientes parece ser menos eficientes do que plantas de habitats de solos ricos em nutrientes. Entretanto, o argumento deste pesquisador foi desenvolvido para plantas de vida curta. Em plantas perenes de vida longa, entretanto, a eficiência do uso de nutrientes não é simplesmente o inverso da concentração de nutrientes na serapilheira aérea. Não somente a produção de serapilheira aérea, mas também o incremento líquido de árvores e a produção de serapilheira subterrânea contribuem muito para a eficiência do uso de nutrientes em um ecossistema florestal (VITOUSEK, *op. cit.*, p. 553).

VITOUSEK (1984) observou, em seu trabalho de revisão, que os ecossistemas de florestas tropicais são, geralmente, eficientes na ciclagem de nutrientes, comparado às florestas temperadas. A eficiência na ciclagem de nutrientes nas florestas tropicais em relação as florestas temperadas pode ser atribuída a dois fatores distintos e complementares. O primeiro é a redução das perdas de nutrientes do sistema em função da rápida absorção pelas raízes, micorrizas, decompositores. O segundo deve-se à alta produção de matéria orgânica por unidade de nutriente absorvido ou gasto. Deste modo, esta eficiência na economia interna decorre, em parte, da possibilidade dos nutrientes liberados das árvores serem rapidamente tomados pelas raízes, micorrizas e decompositores e retidos dentro do sistema, conduzindo a perdas desprezíveis de nutrientes do sistema quando comparado ao ciclo de nutrientes entre a árvore e o solo. A existência de uma eficiente economia interna de nutrientes sugere a possibilidade de limitação de nutrientes para a produção primária. Por outro lado, a ineficiência indica um bom e adequado fornecimento de nutrientes para as árvores.

SILVER (1994), contrariando BERENDSE & AERTS (1987) e citando outros autores, postulou que produção de serapilheira é de forma alguma o único, nem o melhor indicador de eficiência do uso de nutrientes para plantas perenes. Ele defende que outros índices tem sido propostos que utilizam estimativas mais holísticas de eficiência do uso de nutrientes, tais como a produtividade primária líquida acima e baixo do solo e o conteúdo de nutrientes ou a comparação de nutrientes em tecidos vivos, em serapilheira produzida, na precipitação da chuva que passa entre as copas das árvores e na precipitação da chuva que escorre pelos troncos das árvores.

Um estudo de revisão efetuado por BROWN & LUGO (1990) em várias formações florestais tropicais do mundo todo, comparou dados sobre o retorno de nutrientes através da produção de serapilheira de florestas secundárias com os dados obtidos de florestas maduras. Este estudo revelou que florestas secundárias são, geralmente, menos eficientes do que florestas maduras em seu retorno de nutrientes ao solo da floresta, independente da idade, tipo de solo (fértil ou infértil), e histórico de perturbação.

OLIVEIRA *et al.* (1994) procuraram examinar a evolução das estruturas de ciclagem de nutrientes em cinco estádios sucessionais, com 3, 10, 25, 50 e 150 anos de formação, após o fim de práticas de cultivo de subsistência exercidas pela população caiçara da Ilha Grande, no Estado do Rio de Janeiro. Estes autores concluíram que no processo sucessional a recuperação das estruturas de ciclagem de nutrientes ocorrem muito mais rapidamente do que o aumento de biomassa e diversidade florística.

FRANCO & CAMPELLO (1997) demonstraram a importância da qualidade da serapilheira de algumas espécies pioneiras na sucessão vegetal em áreas de recuperação de áreas degradadas pela mineração na Amazônia. Estes autores sustentam que a introdução de espécies pioneiras (leguminosas noduladas) que produzem uma serapilheira mais rica em carbono e nitrogênio, com uma relação C/N menor, maior soma de bases e maior capacidade de troca catiônica, é uma das opções alternativas, econômica e ecologicamente viáveis, em casos extremos em que os substratos foram destituídos de toda a matéria orgânica.

BURGHOUTS *et al.* (1998) estudaram, em uma floresta tropical úmida (floresta de dipterocárpáceas) de Borneo, a variabilidade espacial deposição de micro e macronutrientes ao solo e da taxa de mineralização destes nutrientes através da decomposição em função da produção de

serapilheira, da chuva que escorre entre as copas das árvores e da serapilheira acumulada sobre o solo.

No Brasil, vários estudos foram realizados com intuito de avaliar a ciclagem de nutrientes através da serapilheira. Em florestas semidecíduas, estudos de ciclagem de nutrientes foram feitos por MEGURO *et al.* (1979), CARPANEZZI (1980), MORELLATO (1987; 1992), DINIZ (1987), CESAR (1988; 1993a), PAGANO (1989b), SANTOS (1989), SCHLITTLER (1990) e DINIZ *et al.* (1996). Em floresta estacional perenifólia costeira, especificamente na mata Dois Irmãos (Recife-PE), o conteúdo e a transferência de nutrientes foram analisadas por NUNES (1980), NUNES *et al.* (1984) e SAMPAIO *et al.* (1988). Em floresta amazônica destacaram-se os trabalhos de KLINGE & RODRIGUES (1968), KLINGE (1977), SILVA (1984), LUIZÃO & SCHUBART (1987), CUEVAS & MEDINA (1988), DANTAS & PHILLIPSON (1989), SCOTT *et al.* (1992). Em floresta ombrófila densa, estudos que enfatizam estes aspectos foram realizados por DOMINGOS *et al.* (1990), LEITÃO FILHO *et al.* (1993), CUSTÓDIO FILHO (1994), MORAES *et al.* (1999) e OLIVEIRA & NETTO (1999).

No sul do Brasil, poucos foram os estudos que abordaram a ciclagem de nutrientes, em seus vários aspectos. MELLO (1995) procurou estudar alguns aspectos de ciclagem de nutrientes, entre eles o conteúdo de nutrientes (N, P e Ca), as taxas de fluxo destes nutrientes através da serapilheira foliar e a razão fluxo/estoque de nutrientes no solo em dois tipos de floresta semidecidual, localizados no morro do Pinhal, município de Parobé/RS, os quais ele denominou de mata alta e mata baixa. Em Santa Maria/RS, GALVÃO *et al.* (1989/1991) procuraram analisar o conteúdo de nitrogênio e a relação C/N durante a decomposição foliar de algumas espécies arbóreas, sob o enfoque sucessional de floresta estacional semidecidual. SANTOS (1997) examinou a produção, a decomposição e o conteúdo mineralógico do material foliar contido nas bolsas de decomposição, em floresta ombrófila densa do município de Orleans/SC. VIBRANS (1999) procurou avaliar a composição química da serapilheira entre dois remanescentes da mesma formação vegetal, em Blumenau/SC, sendo um de floresta primária e outro de floresta secundária. PORTES (2000) estimou a produção, a decomposição de serapilheira e o conteúdo de nutrientes transferidos para o solo, bem como a composição florística e a estrutura da comunidade de floresta ombrófila densa altomontana (mata nebulosa), no Paraná.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Área de Estudo

4.1.1. Localização

O estudo foi realizado em dois estandes da Área de Reserva Biológica do Parque Municipal da Lagoa do Peri. Esta área ocupa as encostas da face oeste da lagoa, entre o Morro das Pedras (ao norte) e o Morro da Chapada (à oeste). Segundo PEREIRA (2001: Mapas 1 a 11), este Parque compreende, quase totalmente, a bacia hidrográfica da Lagoa do Peri, situada na porção sul da Ilha de Santa Catarina, entre as coordenadas 48°30'06'' e 48°33'33'' de longitude oeste e entre 27°42'41'' e 27°46'29'' de latitude sul. O estande 1 localiza-se em altitude média da vertente leste destas encostas. O estande 2 localiza-se em um terreno altiplano, próximo à nascente do rio Cachoeira Pequena, no Morro Cachoeira Grande (FIGURAS 1, 2 e 3).

O acesso ao estande 1 é por uma trilha que se inicia em uma servidão da rodovia SC 406. O tempo de caminhada, pela trilha, é de, aproximadamente, 40 minutos. O acesso ao estande 2 é pela mesma trilha de acesso ao estande 1, levando-se, entretanto, 1 hora e 40 minutos de caminhada, aproximadamente.

4.1.2. Geologia, geomorfologia e pedologia

Quanto aos aspectos geológicos e geomorfológicos, a área que compreende os dois estandes, apresenta um embasamento cristalino pré-cambriano, de formação granítica. Os solos predominantes na área correspondem ao tipo podzólico vermelho-amarelo. Estes solos são originados a partir do granito “ilha” que sofreu intemperismo físico e químico, de textura argilosa e coloração que varia de amarela à vermelha na medida em que aumenta a profundidade. São solos pouco profundos, ocorrem em terrenos de relevo acidentado, apresentam baixa fertilidade natural e uma acidez elevada com teores prejudiciais de alumínio. Dependendo da declividade, estes solos são mais susceptíveis à erosão pela drenagem superficial (IPUF, 1978; CABRAL, 1999).

PEREIRA (2001), buscando avaliar o potencial erosivo dos solos do Parque da Lagoa do Peri, como parte integrante de sua dissertação de mestrado, coletou amostras de solo sobre o embasamento geológico granito “ilha” em quatro pontos distintos na Área de Paisagem Cultural. Em seus resultados, apresentados na forma de perfis das classes granulométricas das partículas e

gráficos triangulares de classes texturais, este autor constatou, de modo geral, que: a) as proporções das frações areia, silte e argila são as que conferem a característica textural do solo, sendo que frações minerais seixos e grânulos pouco influenciaram no resultado geral; b) o diâmetro das partículas diminui com o aumento da profundidade, ou seja, passam de um horizonte superficial mais arenoso para um horizonte subsuperficial mais silto-arenoso e/ou argilo-arenoso; c) as areias apresentaram distribuição percentual decrescente, da mais grossa para a mais fina; d) o percentual de silte e argila em relação às outras frações minerais é elevado.

Nos quatro pontos de coleta (T1, T2, T3 e T4), o autor acima observou aspectos em comum em cada classe de profundidade. Na profundidade de 0 a 20 cm, por exemplo, constatou-se os seguintes aspectos em comum: acentuada presença de raízes milimétricas, estrutura granular, presença de matéria orgânica, acentuada presença de grãos de quartzo milimétricos à centimétricos e grânulos, cor variando de bruno, bruno escuro à bruno acinzentado muito escuro. Na profundidade de 20 a 40 cm há poucas raízes, presença de grãos de quartzo milimétricos à centimétricos e grânulos angulosos, cor variando de bruno, bruno amarelado à bruno amarelado escuro. Na profundidade de 40 a 60 cm, as raízes encontram-se em pequena quantidade ou ausentes, igual ou maior umidade, presença de grãos de quartzo milimétricos à centimétricos e cor variando de bruno amarelado à bruno amarelado escuro.

A declividade do estande 1 permanece na faixa de 20,1 a 45%, enquanto que o estande 2 apresenta terreno com declividade abaixo de 8%, quase plano, de acordo com a classificação estampada no mapa 6 apresentado por PEREIRA (*op. cit.*). O estande 1 encontra-se em altitude de, aproximadamente, 200 m, enquanto que o estande 2 localiza-se a uma altitude de, aproximadamente, 250 m.

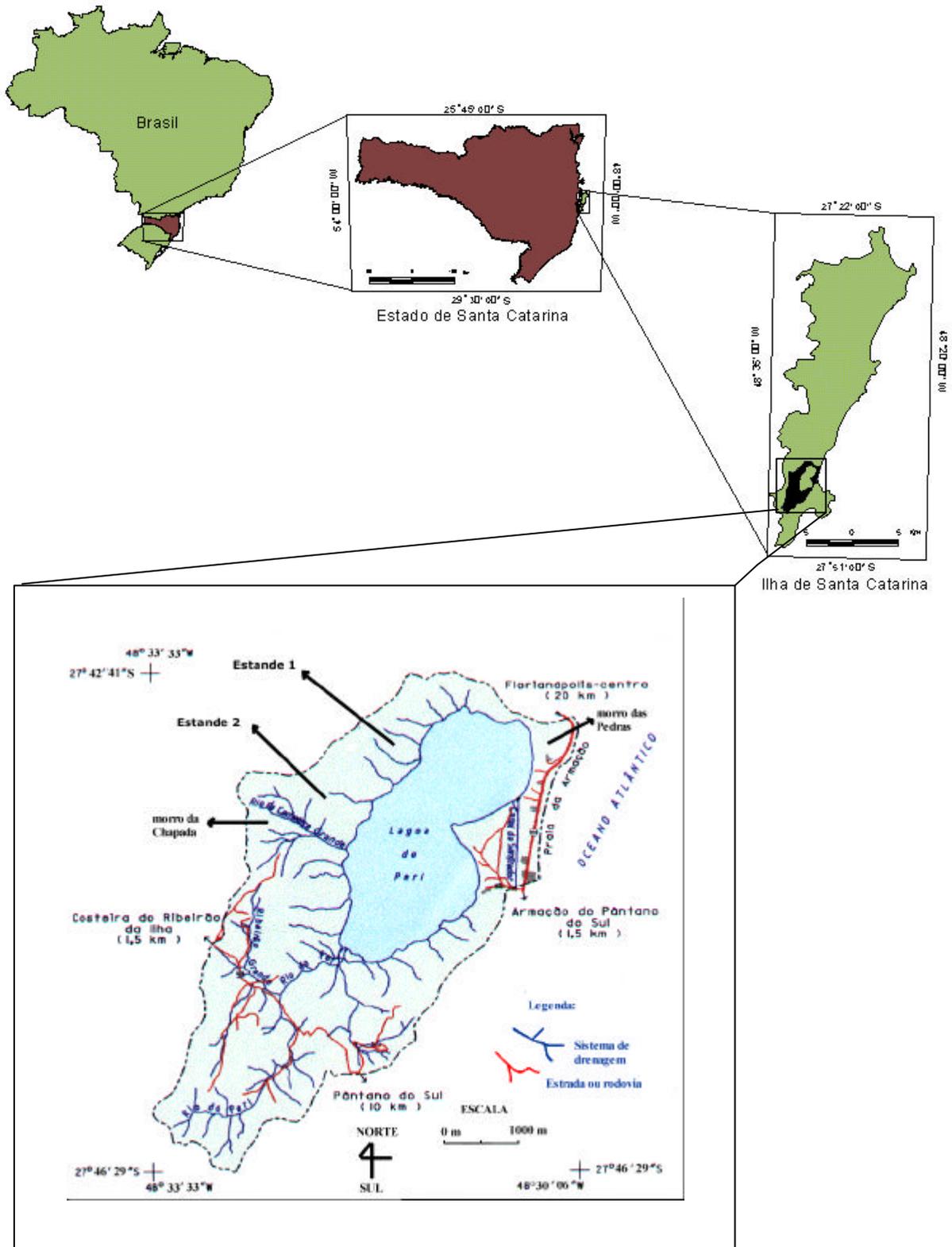


FIGURA 01 - Localização da área de estudo. Fonte: PEREIRA (2001) - Mapa modificado.



FIGURA 02 - Vista panorâmica das encostas do Parque Municipal da Lagoa do Peri (estande 1 - seta)



FIGURA 03 - Vista panorâmica das encostas do Parque Municipal da Lagoa do Peri (estande 2 - seta)

4.1.3. Clima

O clima da região que está inserida a Ilha de Santa Catarina, é do tipo Cfa, segundo a classificação de Köppen, o que significa que a temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C e é úmido o ano todo. A Ilha situa-se à 27° Sul, com características climáticas controladas pela atuação das massas de ar Polar Marítima (Pa) e Tropical Marítima (Ta) do Atlântico. De acordo com os critérios de classificação de Strahler, seu clima é do subtipo subtropical úmido. Entretanto, NIMER (1989 *apud* CECCA, 1996) classificou a região como de clima temperado na categoria subquente, com temperaturas médias oscilando entre 18°C e 15°C no inverno e entre 26° e 24°C no verão. A temperatura média anual é de 20,4°C. A amplitude térmica anual é pequena, devido a influência amenizadora do mar, que gera uma circulação localizada, com a formação das brisas terrestres e marítimas. A umidade relativa do ar média é de 80%, também influenciada pela proximidade do mar, sendo mais elevada no inverno. Os ventos predominantes sopram do quadrante norte associadas à massa de ar tropical atlântica. Os ventos do quadrante sul, também frequentes, são mais velozes, com rajadas de até 80 Km/h, sempre associadas à atuação da massa polar. As chuvas são distribuídas uniformemente durante todo o ano, não havendo estação seca. Os meses de verão costumam ser mais chuvosos e os meses de inverno são, comumente, menos chuvosos. As chuvas no inverno costumam ser, normalmente, mais leves e contínuas, e no verão, mais rápidas e torrenciais (CECCA, 1996; CABRAL, 1999).

4.1.4. Vegetação

A Reserva Biológica do Parque Municipal da Lagoa do Peri é coberta por **floresta ombrófila densa**, também denominada de **floresta pluvial de encosta atlântica**, ou, simplesmente, de mata atlântica, com estádios iniciais (capoeirinha), médios (capoeira) e avançados (capoeirão) de regeneração da floresta secundária, inclusive, com remanescentes de vegetação primária. Uma parte considerável da área é coberta de vegetação secundária, resultante de um processo lento de regeneração após o abandono da atividade agrícola (KUERTEN, 1998; CABRAL, 1999; PEREIRA, 2001).

Os estandes 1 e 2 representam trechos distintos de floresta ombrófila densa quanto à comunidade vegetal e ao histórico de manejo. O estande 1 é um capoeirão, que sofreu regeneração

da floresta após abandono da atividade agrícola há, aproximadamente, 60 anos. O estande 2 é de floresta primária, tendo indícios de extração seletiva de madeira no passado.

No estande 1, o dossel atinge, aproximadamente, 12 metros de altura, não apresentando estratificação arbórea. Abaixo do dossel, no interior da floresta, existe um emaranhado de lianas, plântulas e indivíduos jovens de árvores e densa vegetação herbácea e arbustiva, o que dificulta a locomoção em seu interior. Há muitas árvores e arvoretas apresentando tronco com diâmetro à altura do peito (DAP) inferior a 30 cm (FIGURA 4).

No estande 2, o componente arbóreo é, em geral, estratificado, com presença de muitas epífitas (orquídeas, bromélias), xaxins e palmiteiros jovens e adultos. O dossel atinge, aproximadamente, 20 metros de altura. Várias árvores apresentam tronco com DAP superior a 30 cm, podendo chegar a 1 m, em alguns casos. Apesar de serem encontrados indivíduos arbóreos de espécies típicas de uma floresta primária, entre elas, canelas-pretas (*Ocotea catharinensis*) e pau-óleos (*Copaifera trapezifolia*), há evidências no local, bem como relatos, de ter ocorrido extração seletiva de indivíduos de madeira boa, no passado (FIGURA 5).

4.1.5. Histórico de ocupação

4.1.5.1. Da área da bacia hidrográfica da lagoa do Peri:

O processo de ocupação humana na bacia da lagoa do Peri, de um modo geral, é, originalmente, semelhante ao restante da Ilha de Santa Catarina. A base de colonização da bacia, assim como de todas as outras regiões da Ilha de Santa Catarina, bem como da parte continental litorânea é luso-açoriana. O processo de ocupação por estes povos na Ilha teve bastante ênfase a partir de 1748. Na parte insular, o primeiro núcleo de colonização, depois da póvoa de Nossa Senhora do Desterro (fundada em 1673), foi Nossa Senhora da Conceição da Lagoa, durante o governo de Manoel Escudeiro Ferreira de Souza (1749-1753). A partir de então, o acréscimo populacional possibilitou a fundação de novas Freguesias (IPUF, 1978; PEREIRA, 2001).

No sul da ilha, a freguesia de Nossa Senhora da Lapa do Ribeirão, instalada em 1761, tornou-se um centro de atividades comerciais e uma importante frente de expansão da colonização, de onde se originou a ocupação da bacia hidrográfica da lagoa do Peri (CABRAL, 1999).



FIGURA 04 - Aspecto do interior da floresta do estande 1: formação secundária - capoeirão.



FIGURA 05 - Aspecto do interior da floresta do estande 2: formação primária - detalhe para a presença de palmeiro (ao fundo), xaxim e epífitas.

A estrutura fundiária açoriana era baseada no minifúndio, sendo que os lotes (travessões), de alguns hectares, eram estreitos, tinham sua frente para uma estrada ou caminho e se estendiam até as cumeeiras dos morros ou à beira da lagoa. O desmatamento das encostas se deu, basicamente, em função da agricultura, à base de machado e uso do fogo, mas também se deu visando o fornecimento de “madeiras de lei” e o fornecimento de lenha. As “madeiras de lei” eram usadas para construção de embarcações, engenhos e casas, bem como para fabricação de móveis. A lenha era usada como fonte de energia para uso doméstico, olarias, curtumes, caieiras e para o abastecimento de navios. Outro fator que implicou na destruição de boa parte das áreas florestadas foi a pouca simpatia que os imigrantes açorianos tinham com o ambiente selvagem, principalmente, com a floresta virgem. Áreas abertas davam-lhes bastante segurança. O manejo agrícola, à base de coivara, implicava num uso intensivo do solo, que era abandonado ao ter sua fertilidade natural exaurida (CABRAL, 1999; PEREIRA, 2001).

Houve grande expansão da atividade agrícola ao longo de todo o século XIX em função do aumento do consumo familiar e da troca ou venda por produtos manufaturados como a farinha de mandioca, a aguardente e o açúcar. Esse quadro de exploração dos recursos naturais tenha se estendido até as primeiras décadas do século XX. A partir de meados do século XX, com a decadência da economia dos engenhos, boa parte das áreas cultivadas da bacia foram sendo abandonadas, o que possibilitou, gradualmente, a regeneração da vegetação. Concomitantemente, a bacia da lagoa do Peri passou a ser alvo de uma série de decretos e leis que regulamentaram o uso e a ocupação do solo, levando-se em conta sua importância como manancial de água doce para todo o sul da ilha e incontestável valor paisagístico. Em 1952, a área foi contemplada com um decreto presidencial que qualificou todo o sul da ilha de zona de “florestas remanescentes”. Em 1976, a bacia hidrográfica foi tombada como “patrimônio natural” através de um decreto municipal (CABRAL, *op. cit.*).

Em 1981, a lei municipal nº 1828, regulamentada pelo decreto municipal nº 091, de 1/6/1982, criou o Parque Municipal da Lagoa do Peri. O instrumento legal de criação deste parque previa em seu Plano Diretor a subdivisão em três áreas: Área de Reserva Biológica, Área de Paisagem Cultural e Área de Lazer, descrevendo, para cada uma delas, o uso e as atividades permitidas (CECCA, 1997).

4.1.5.2. Das áreas de estudo propriamente ditas:

A área em que se encontra o estande 1 pertenceu, segundo dados coletados no Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis (IPUF), à Valdomiro Manoel dos Santos e Manoel Joaquim dos Santos e seus herdeiros, conforme consta na Planta de Referência Cadastral da Bacia da Lagoa do Peri, escala 1:5000, sob os números 196 e 197. O mapa nº 2, de uso do solo na bacia hidrográfica da Lagoa do Peri, apresentado por PEREIRA (2001), não deixa dúvidas que, no ano de 1957, na área onde está o estande 1, havia um mosaico de usos de terra, predominando agricultura, pastagem, além de áreas de pousio, como capoeirinha/capoeira. Este mapa foi obtido a partir de um levantamento aerofotográfico executado pelos Serviços Aerofotogramétricos Cruzeiro do Sul S.A., em escala 1:25.000, apresentada, originalmente, por IPUF (1978). Em CARUSO (1990, p. 109), consta no mapa de cobertura vegetal da Ilha de Santa Catarina, baseado em fotografias aéreas de 1938, que a área em que está inserido o estande 1 era uma zona agrícola abandonada, ocupada por plantas pioneiras do estágio herbáceo de regeneração.

A área que compreende o estande 2, pertence à Sociedade Padre Antônio Vieira, segundo informações constantes na mesma Planta de Referência Cadastral, sob o número 194. Esta área, de 1.913.800 Km², foi comprada em 3-6-1957 pela Sociedade de seus antigos proprietários, Arnaldo da Costa Sabino e Otira da Luz Sabino, segundo consta no Livro 3/D-2, folhas 123, nº 5674 do Cartório do 2º Ofício de Registro de Imóveis de Florianópolis/SC, tendo registros anteriores constantes no Livro 3, folhas 266 e 286, nº 1559 e 1652. Segundo CARUSO (1990), fotografias aéreas de 1938 registram que na área de abrangência do estande 2 havia cobertura de floresta primária com desmatamento seletivo de algumas árvores adultas. Segundo o mapa de uso do solo do ano de 1957 elaborado a partir de fotografias aéreas (IPUF, 1978; PEREIRA, 2001), não existe menção de floresta primária e, sim, menção genérica de “mata”, contrastando-se da categoria “capoeirinha/capoeira”, o que implica afirmar que na categoria “mata” se encontram englobadas as florestas de capoeirão e as florestas secundárias e primárias. Segundo os nativos mais idosos da região, a área que compreende o estande 2 não tinha sido usada para o plantio.

4.2. Produção de serapilheira

A metodologia consistiu da coleta de material (serapilheira) em campo e do tratamento deste material em laboratório (secagem, separação em frações, pesagem) e das análises químicas para determinação do nitrogênio, fósforo, potássio e carbono).

Cada estande foi definido em uma área de, aproximadamente, 1 hectare, com 200 metros de comprimento e 50 metros de largura, aproveitando uma trilha aproximadamente reta como transecto. A definição de 1 hectare, mesmo sendo uma área aproximada, se justifica no fato de florestas tropicais possuírem uma considerável heterogeneidade, biodiversidade e distribuição de espécies vegetais em toda a sua extensão.

Nesta área foram colocados 20 coletores, distribuídos de dois em dois, ora a esquerda, ora a direita da trilha. Cada coletor consistiu de uma tela de nylon, com 2 x 2 mm de abertura de malha, presa a uma armação de arame de 0,50 x 0,50 m de superfície quadrada, sendo o conjunto apoiado em quatro ponteiros de madeira, a 10 cm do solo (FIGURA 6). Os coletores foram numerados de 1 a 20 e plotados num esboço de mapa do estande, para facilitar a localização dos mesmos.

Em intervalos que variavam de 28 a 37 dias, o material (serapilheira) de cada coletor foi coletado e acondicionado, separadamente, em sacos de papel etiquetados com o número do coletor correspondente para identificar a origem do material coletado. Somente em um caso a coleta ocorreu no intervalo de 42 dias.

A coleta compreendeu, inicialmente, o período de março de 2001 a fevereiro de 2002. Entretanto, devido a ação de vândalos que destruíram boa parte do experimento, em setembro de 2001, foi prejudicada a coleta do mês de agosto e adiado o encerramento do período de coleta para março de 2002, perfazendo 12 meses. Portanto, os dados de campo correspondentes ao mês de agosto foram considerados, neste estudo, como sendo “dados perdidos”.

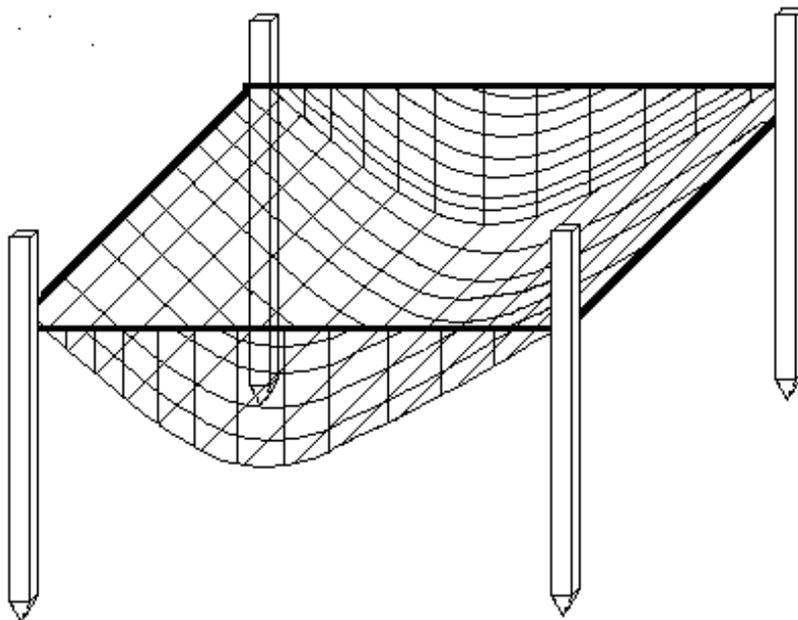


FIGURA 06 - Desenho de um coletor semelhante ao que foi utilizado neste estudo.

Para obtenção do peso-seco do material coletado efetuou-se, em laboratório, a secagem, a separação em quatro frações e a pesagem. A secagem do material foi feita em uma estufa elétrica, à temperatura controlada de 60°C até atingir peso constante. Em seguida, o material seco foi separado em quatro frações: folhas, caule, material reprodutivo (flores, frutos e sementes) e miscelânea. A definição para cada fração foi a seguinte:

- a) fração “folhas”: nesta fração incluem folhas simples e compostas, folhas inteiras e seus fragmentos. Bromélias epífitas e folhas de palmeiros foram consideradas nesta categoria, embora discriminadas quando ocorreram nos coletores.
- b) fração “caule”: nesta fração foram incluídos os fragmentos de galhos e ramos com até 2 cm de diâmetro (PROCTOR, 1983), cascas, hastes, pedúnculos, gavinhas e espinhos caulinares.
- c) fração “material reprodutivo”: constitui-se de flores, frutos, sementes, inflorescências, infrutescências, bem como fragmentos identificáveis destas estruturas, tais como pétalas, sépalas, brácteas, gineceu, androceu e cascas.
- d) fração “miscelânea” ou “resíduo”: depois de separadas as três primeiras frações, foram considerados desta fração os resíduos de materiais de qualquer natureza (partículas de solo, fezes de invertebrados, material de origem vegetal de difícil identificação, etc...). Invertebrados inteiros e seus fragmentos, uma vez identificados, foram descartados.

A pesagem das frações de cada coletor foi feita com uma balança de precisão eletrônica digital, de dois dígitos fracionais, oferecendo um erro de precisão na ordem de, aproximadamente, 0,02 grama.

Os valores mensais de produção de serapilheira, total e frações, em g/0,25m², foram obtidos com base na média dos valores obtidos nos 20 coletores e, depois, transformados em kg/ha. A produção anual foi estimada pela soma da produções médias mensais e também expressos em kg/ha.

Como as coletas foram realizadas em diferentes intervalos, a estimativa da produção de serapilheira mensal, total e frações, em kg/ha, foi uniformizada em um intervalo padrão de 30 dias, utilizando-se da seguinte fórmula, desenvolvida neste estudo, para coletores com superfície de 0,25 m²:

$$PS_1 = \frac{1200 \times PS_2}{I},$$

sendo:

[<p>PS₁ = valor estimado de produção de serapilheira, total e frações (em kg/ha).</p> <p>PS₂ = média dos valores de peso-seco da serapilheira contida nos coletores, total e frações (em g/0,25m²).</p> <p>I = intervalo entre uma coleta e outra (em dias).</p>
---	--

Após a determinação do peso seco, o material foi triturado em moinho tipo Wiley e acondicionado em frascos para, posteriormente, serem feitas as análises químicas.

A metodologia acima foi adotada por outros estudiosos, entre os quais citam-se VARJABEDIAN & PAGANO (1988), DOMINGOS *et al.* (1990), CUNHA *et al.* (1993), DURIGAN *et al.* (1996) e SANTOS (1997), com pequenas variações entre eles.

4.3. Serapilheira acumulada

Através do lançamento aleatório de uma armação quadrada de madeira de 0,50 m x 0,50 m de área sobre a superfície do solo de cada estande foram coletadas, mensalmente, durante o período de estudo, cinco amostras de toda a serapilheira depositada. Posteriormente, as amostras foram levadas para tratamento em laboratório. O tratamento em laboratório, neste caso, consistiu de secagem e pesagem das amostras coletadas, conforme já descrito no item anterior.

Os valores mensais de serapilheira acumulada, em gramas por 0,25m², foram obtidos com base na média de peso-seco das cinco amostras coletadas. Estes valores foram estimados para kg/ha, utilizando-se a fórmula abaixo. Já os valores anuais da quantidade de serapilheira acumulada foram calculados pela média dos valores mensais e também expressos em kg/ha.

$$SAC_1 = 40 \times SAC_2, \text{ sendo:}$$

$SAC_1 =$ valor estimado do peso-seco de serapilheira acumulada (em kg/ha).
$SAC_2 =$ média dos valores de peso-seco das cinco amostras de serapilheira depositada sobre o solo (em g/0,25m ²).

A metodologia descrita é semelhante àquelas encontradas nos estudos de PAGANO (1985), VARJABEDIAN & PAGANO (1988), DOMINGOS *et al.* (1990), SCHLITTLER (1990), MORELLATO (1992), MORAES *et al.* (1993), SAMPAIO *et al.* (1993) e SANTOS (1997).

4.4. Decomposição de serapilheira

Neste estudo foi calculada a taxa de decomposição “K” de OLSON (1963), também denominada taxa instantânea de decomposição, através da relação entre a quantidade produzida e quantidade acumulada, adequada para situações de equilíbrio dinâmico, de acordo com a seguinte equação:

sendo:

L	$L =$ quantidade de serapilheira produzida anualmente.
$K = \frac{L}{X_{ss}}$	$X_{ss} =$ média da quantidade de serapilheira acumulada sobre a superfície do solo em condições de equilíbrio dinâmico (“steady-state”).

Também foi calculada a taxa de decomposição para a perda de peso da fração foliar, segundo JENNY *et al.* (1949) e OLSON (*op. cit.*):

$K = - \ln (1- k'),$	$k' = \frac{\Delta x}{X_0}$	<u>sendo:</u> $\Delta x =$ quantidade de material perdido no tempo. $X_0 =$ quantidade inicial de material (10 g)
------------------------	-----------------------------	---

No presente estudo convencionou-se, para fins de diferenciação, como “K-rel” a taxa instantânea de decomposição e como “K-bag” a taxa da perda de massa foliar.

Para a determinação do “K-bag” foram utilizadas 30 bolsas de decomposição, distribuídas sobre o solo de cada estande, no início do experimento, sendo uma bolsa ao lado dos coletores ímpares e duas bolsas ao lado dos coletores pares. As bolsas foram amarradas por um fio de náilon à ponteira que sustenta o coletor, com 1,5 metro de distância, aproximadamente. Além de facilitar a localização da bolsa, tal procedimento evita a sua perda, provocada pelo escoamento superficial da água da chuva, pela ação de fortes ventos ou até mesmo de animais maiores.

As bolsas de decomposição foram confeccionadas utilizando-se redes de náilon com 2 x 2 mm de abertura de malha, e fechadas por costura. Dentro de cada bolsa foram acondicionados 10 gramas de folhas frescas. Estas folhas foram previamente coletadas em diversos pontos da superfície do solo de cada estande e depois secadas em estufa elétrica à 60°C até atingir peso seco. A dimensão das bolsas eram de 20 cm x 20 cm.

Foram coletadas 10 bolsas em cada estande, em intervalos de 67, 201 e 375 dias, totalizando-se 3 coletas durante o período de estudo. O critério de coleta das bolsas foi o seguinte: na primeira coleta foram tiradas as bolsas localizadas nos coletores ímpares; na segunda e na terceira coleta foram tiradas as bolsas localizadas nos coletores pares.

O material presente nas bolsas sofreu, posteriormente, tratamento em laboratório, ou seja, secagem e pesagem. A média e o desvio-padrão foram calculados para o conteúdo das 10 bolsas, obtendo-se a porcentagem média de perda de peso no tempo considerado.

O tempo médio de renovação para a serapilheira total foi calculado pela fórmula $1/(K-rel)$, segundo OLSON (*op. cit.*).

O tempo médio para o desaparecimento de 50% da serapilheira foi calculado segundo a equação de OLSON (*op. cit.*):

$$T_{50\%} = \frac{0,6931}{K-rel}$$

sendo:
 K-rel = taxa de decomposição de serapilheira, adequada para situações de equilíbrio dinâmico (“steady-state”);
 $0,6931 = -\ln 0,5$

Tal metodologia foi empregada por VARJABEDIAN & PAGANO (1988), PAGANO (1989), CUSTÓDIO FILHO (1994) e SANTOS (1997).

4.5. Análises químicas em tecidos vegetais

4.5.1. Nitrogênio, Fósforo e Potássio

Foram feitas as análises químicas para a determinação de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) contidos nos seguintes materiais: frações “folhas” e “caule” da serapilheira produzida e no material foliar remanescente nas bolsas coletadas em 67, 201 e 375 dias de decomposição. Optou-se em realizar as análises químicas somente das frações “folha” e “caule”, já que ambas representam cerca de 90% da serapilheira produzida mensalmente.

Estes materiais foram triturados, separadamente, em moinho tipo Wiley, acondicionados em frascos e armazenados em local seco.

As frações “folhas” e “caule” da serapilheira produzida mensalmente foram reunidas em 16 grupos de amostras, que correspondem às estações climáticas (outono, inverno, primavera e verão) do período de estudo, ao tipo de fração e ao estande:

Grupo de amostra	Estação	Tipo de fração	Estande
Grupo 1	outono de 2001	folhas	estande 1
Grupo 2	inverno de 2001	folhas	estande 1
Grupo 3	primavera de 2001	folhas	estande 1
Grupo 4	verão de 2001/2002	folhas	estande 1
Grupo 5	outono de 2001	folhas	estande 2
Grupo 6	inverno de 2001	folhas	estande 2
Grupo 7	primavera de 2001	folhas	estande 2
Grupo 8	verão de 2001/2002	folhas	estande 2
Grupo 9	outono de 2001	caule	estande 1
Grupo 10	inverno de 2001	caule	estande 1
Grupo 11	primavera de 2001	caule	estande 1
Grupo 12	verão de 2001/2002	caule	estande 1
Grupo 13	outono de 2001	caule	estande 2
Grupo 14	inverno de 2001	caule	estande 2
Grupo 15	primavera de 2001	caule	estande 2
Grupo 16	verão de 2001/2002	caule	estande 2

O material foliar remanescente contido nas bolsas de decomposição coletadas, foi reunida, por sua vez, em 6 grupos de amostras, que correspondem aos três períodos de coletas das bolsas em cada estande:

Grupo de amostra	Período de decomposição	Estande
Grupo 17	67 dias	estande 1
Grupo 18	201 dias	estande 1
Grupo 19	375 dias	estande 1
Grupo 20	67 dias	estande 2
Grupo 21	201 dias	estande 2
Grupo 22	375 dias	estande 2

De cada um destes 22 grupos de amostras foram extraídas três alíquotas (triplicatas) de 0,20 grama para realização da digestão com ácido sulfúrico, água oxigenada e sais catalisadores para obtenção de extratos para determinação de nitrogênio, do fósforo e do potássio, de acordo com metodologia desenvolvida por TEDESCO *et al.* (1985). Esta metodologia de digestão reúne, de uma só vez, o método de microKjeldahl, para determinação do nitrogênio, e o método por digestão nítrico-perclórica, para determinação de fósforo e potássio.

A determinação do nitrogênio foi baseada no método de microKjeldahl, descrito em TEDESCO *et al.* (1985), o que consiste, basicamente, na destilação à vapor e na titulação usando-se corante (fixador) ácido bórico e solução de ácido sulfúrico 0,05 N. A determinação do fósforo foi realizada por calorimetria através de espectrofotômetro após adição de molibdato de amônio e ácido aminonaftolsulfônico. Já o potássio foi determinado por fotômetro de chama que mede a emissão de luz. Maiores detalhes do procedimento podem ser encontrados em TEDESCO *et al.* (1985).

As análises foram realizadas no Laboratório de Análises de Água, Tecidos Vegetais e Solo do Departamento de Engenharia Rural, do Centro de Ciências Agrárias (CCA/UFSC).

Os valores de concentração de cada nutriente na serapilheira foram expressos em porcentagem (%) e os valores referentes a quantidade de nutriente transferida para o solo foram expressos em kg/ha.

4.5.2. Carbono

Foi analisada a determinação do carbono contido nos seguintes materiais: frações “folhas” e “caule” da serapilheira produzida; material foliar remanescente nas bolsas coletadas em 67, 201 e 375 dias de decomposição.

Estes materiais foram reunidos em 10 grupos de amostras, como é mostrado a seguir:

Grupo de amostra	Tipo de material a ser analisado	Estande
Grupo 1	fração “folhas” da serapilheira anual produzida	estande 1
Grupo 2	fração “caule” da serapilheira anual produzida	estande 1
Grupo 3	fração “folhas” da serapilheira anual produzida	estande 2
Grupo 4	fração “caule” da serapilheira anual produzida	estande 2
Grupo 5	material foliar em decomposição de 67 dias	estande 1
Grupo 6	material foliar em decomposição de 201 dias	estande 1
Grupo 7	material foliar em decomposição de 375 dias	estande 1
Grupo 8	material foliar em decomposição de 67 dias	estande 2
Grupo 9	material foliar em decomposição de 201 dias	estande 2
Grupo 10	material foliar em decomposição de 375 dias	estande 2

De cada um destes 10 grupos de amostras foram obtidas três alíquotas (triplicatas) de 0,10 grama cada, para realização da digestão. A digestão das amostras, por sua vez, foi feita com cromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) e ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4), na proporção de 10 para 20 ml, à $150^\circ C$ por 1 minuto. Em seguida, diluiu-se com água destilada cada amostra digerida (extrato) até um volume de 100 ml. Os extratos diluídos foram titulados com solução de sulfato ferroso hidratado 0,062N ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) e uso de indicador “ferroin” (sulfato ferroso + O-ferrantrolina monohidratado). Esta metodologia está melhor descrita em TEDESCO *et al.* (1985).

A partir dos dados obtidos do teor de carbono, de nitrogênio e do fósforo da serapilheira produzida anualmente e do material em decomposição nas bolsas foram calculadas as relações “Carbono/Nitrogênio” (C/N), “Carbono/Fósforo” (C/P) e “Nitrogênio/Fósforo” (N/P). Estes parâmetros são relevantes para a compreensão dos processos de decomposição da serapilheira, pois determinam o valor nutritivo dos detritos e as taxas de decomposição.

4.6. Avaliação da eficiência de ciclagem de nutrientes

Para avaliar a eficiência na utilização dos nutrientes (N, P e K) dos dois estandes, utilizou-se a fórmula apresentada por VITOUSEK (1984). Segundo este autor, este índice é empregado para calcular a eficiência da ciclagem interna de nutrientes da floresta, sendo útil na comparação de ecossistemas entre si, sob diferentes condições ambientais, ou até mesmo na comparação de comunidades vegetais distintas de um mesmo tipo de ecossistema. Este índice de eficiência, portanto, foi obtido pela razão entre produção de serapilheira (frações folhas e caule) e a quantidade do nutriente presente na serapilheira destas duas frações. A fórmula é a seguinte:

$$EUN = \frac{PS}{QN}$$

sendo:
EUN = eficiência na utilização de um determinado nutriente.
PS = Produção total anual de serapilheira (peso seco).
QN = Quantidade deste nutriente na serapilheira produzida (PS).

4.7. Obtenção dos parâmetros climáticos

Os valores diários de temperatura média, mínima e máxima, de precipitação e de velocidade média e máxima do vento, pertinentes ao período de estudo, foram obtidos no Destacamento de Proteção ao Vôo (DPV) do Aeroporto Hercílio Luz, localizado em Florianópolis, bairro Carianos, sul da Ilha de Santa Catarina. Estes dados foram usados para calcular os valores mensais, correspondentes aos períodos de coleta, constituindo-se nos seguintes parâmetros meteorológicos: a) média das temperaturas médias diárias; b) média das temperaturas máximas diárias; c) média das temperaturas mínimas diárias; d) precipitação; e) média das velocidades médias diárias do vento; f) média das velocidades máximas diárias do vento; g) velocidade máxima mensal de vento.

Com base nos parâmetros mensais de temperatura e precipitação obtidos no período de estudo, elaborou-se o diagrama climático correspondente à região de Florianópolis.

Também foi construído uma diagrama climático das normais de temperatura e precipitação, com base em dados coletados na estação meteorológica do Centro Integrado de Meteorologia e Recursos Hídricos de Santa Catarina (CLIMERH), localizado no bairro de Itacorubi, município de Florianópolis (SC), para um período de 84 anos (1917-2001). Estes diagramas climáticos foram elaborados pelo método de WALTER & LIETH (1960) *apud* WALTER *et al.* (1975).

O padrão climático do período de estudo, obtido a partir do diagrama climático, quando comparado ao padrão normal do clima da região, obtido a partir das normais de temperatura e precipitação dos últimos 84 anos, pode trazer subsídios para análise da influência da variação dos parâmetros climáticos nos processos de produção e decomposição de serapilheira, considerando que períodos excepcionais de calor, frio, chuva e seca podem afetar os processos de ciclagem de nutrientes.

4.8. Análises estatísticas

A partir dos dados bióticos e abióticos obtidos neste estudo procedeu-se o teste de correlação de Pearson, utilizando-se do Microsoft Excel 5.0. Este teste permite saber o grau de correlação entre duas variáveis. A serapilheira total produzida foi correlacionada com cada elemento do grupo das variáveis abióticas (temperatura média, precipitação, evapotranspiração, velocidade máxima mensal do vento, velocidade média mensal). Procedeu-se do mesmo modo com as frações “folhas” e “caule” da serapilheira produzida. Já a serapilheira acumulada foi correlacionada com as seguintes variáveis abióticas: temperatura média, precipitação e evapotranspiração. O teste de correlação de Pearson foi utilizado também para correlacionar a perda de biomassa foliar durante a decomposição com a variação dos seguintes parâmetros durante este mesmo processo: concentração de nitrogênio, concentração de fósforo, relação C/N, relação C/P e relação N/P.

Utilizando-se do Programa Microcal Origin 5.0, aplicou-se o teste t de Student para saber se a produção total anual, as produções totais mensais de serapilheira, as produções mensais das frações “folhas” e “caule”, a média anual da serapilheira acumulada e a biomassa foliar remanescente na etapa final do processo de decomposição (terceira coleta) das duas populações de amostras (dos dois estandes) apresentaram ou não diferenças significativas, ao nível de 0,05 (5%). Este teste se estendeu também para a verificação de aumentos significativos de produção total ao longo do período de estudo.

Foi obtida também a equação de regressão linear simples a partir dos valores de concentração de potássio e de produção total de serapilheira, revisados na literatura, usando as funções “Inclinação” e “Interceptação” do Programa Microsoft Excel 5.0.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Clima

A temperatura média do período de estudo foi de 21,6°C, sendo julho/2001 o mês mais frio apresentando as menores médias de temperatura máxima, média e mínima mensal que foram, respectivamente, 21,3°C, 16,7°C e 13,3°C. Por outro lado, março/2002 foi o mês mais quente do período, pois apresentou as maiores médias de temperatura máxima, média e mínima mensal, ou seja, 29,9°C, 25,6°C e 22,7°C, respectivamente (TABELA 1).

A precipitação do período foi de 1930,5 mm. O mês mais chuvoso foi o de maio/2001 (286,9 mm) e o menos chuvoso foi o de agosto/2001 (42,7 mm). Os meses que não apresentaram pluviosidade superior a 100 mm foram abril, junho, julho, agosto e outubro/2001 (TABELA 1).

Os valores médios mensais das velocidades médias diárias do vento apresentaram uma média no período de 10,6 km/h, valores estes que variaram de 9 a 13 km/h. Os valores médios mensais das velocidades máximas diárias do vento apresentaram uma média no período de 21,8 km/h, sendo que o menor valor ocorreu em maio/2001 (19,0 km/h) e o maior valor (25,0 km/h) ocorreu nos meses de julho/2001 e setembro/2001. Quanto aos valores absolutos de velocidade máxima de vento, o maior valor ocorreu no mês de fevereiro/2002, com 61,0 km/h e o menor valor aconteceu nos meses de agosto/2001 e outubro/2001, com 30,0 km/h. Do período de estudo, sete meses apresentaram velocidades máximas de vento superiores a 50 km/h (TABELA 1).

TABELA 01 - Valores mensais dos parâmetros abióticos registrados pela estação meteorológica localizada no sul da Ilha de Santa Catarina durante o período de estudo: temperatura (MTmed = média das médias diárias, MTmax = média das máximas diárias, MTmín = média das mínimas diárias), precipitação (P) e velocidade de vento (MVmed = média das médias diárias, MVmax = média das máximas diárias, Vmax = velocidade máxima mensal). Fonte: Destacamento de Proteção ao Vôo (DPV) do Aeroporto Hercílio Luz, Florianópolis (SC).

Período	Temperatura (°C)			P (mm)	Vento (Km/h)		
	Mtmax	MTmed	Mtmín		MVmed	MVmax	Vmax
Mar/01	29,0	25,0	22,1	252,2	9,0	20,0	57,0
Abr/01	27,2	23,1	20,4	80,0	9,0	21,0	46,0
Mai/01	22,4	18,6	15,8	286,9	10,0	19,0	31,0
Jun/01	22,1	17,8	14,4	95,2	9,0	20,0	44,0
Jul/01	21,3	16,7	13,3	85,2	11,0	25,0	56,0
Ago/01	23,5	19,6	16,8	42,7	12,0	22,0	30,0
Set/01	22,1	19,1	16,4	170,7	12,0	25,0	54,0
Out/01	24,4	20,9	18,0	95,8	12,0	22,0	30,0
Nov/01	25,7	22,2	19,4	152,7	13,0	23,0	44,0
Dez/01	27,6	23,7	20,6	126,8	11,0	21,0	37,0
Jan/02	28,3	24,7	21,7	226,8	11,0	23,0	57,0
Fev/02	27,9	24,4	21,4	161,7	10,0	22,0	61,0
Mar/02	29,9	25,6	22,7	153,8	9,0	20,0	56,0
MÉDIA	25,5	21,6	18,7	1930,5	10,6	21,8	

TABELA 02 - Valores médios normais observados pela Estação Meteorológica de Florianópolis, SC. Fonte: CLIMERH/EPAGRI. Obs.: na última linha consta o número de anos de observação pela Estação Meteorológica do CLIMERH para obtenção dos dados normais.

	Temperatura (°C)			Precipitação (mm)	Velocidade Média do Vento (Km/h)
	Máxima	Média	Mínima		
Janeiro	28,1	24,4	21,6	192,7	12,6
Fevereiro	28,4	24,6	21,7	187,6	12,9
Março	27,8	24,0	21,1	169,3	12,2
Abril	25,6	21,8	18,8	128,2	11,5
Mai	23,4	19,4	16,4	106,3	10,4
Junho	21,4	17,1	14,3	85,1	10,8
Julho	20,4	16,3	13,3	81,6	11,1
Agosto	20,7	16,8	13,9	93,1	12,9
Setembro	21,2	17,8	15,1	116,1	13,7
Outubro	22,6	19,4	16,7	132,4	14,7
Novembro	24,5	21,2	18,3	132,3	15,1
Dezembro	26,5	23,0	20,1	138,7	14,4
Anos Obs.	85	84	85	85	73

O diagrama climático para o período de estudo demonstrou que o mês de agosto/2001 teve menor umidade do que o normalmente esperado. Os meses de março/2001, maio/2001, setembro/2001, novembro/2001, dezembro/2001, janeiro/2002, fevereiro/2002 e março/2002 foram meses super-úmidos, de acordo com o diagrama climático das normais. Entretanto, os meses de abril e outubro não foram super-úmidos como seria o esperado normalmente para estes meses. Por outro lado, não houve um período seco durante o período de estudo, estando de acordo com o diagrama climático dos dados normais para a região de Florianópolis (FIGURAS 7 e 8).

O diagrama climático para o período de estudo demonstrou também que os meses com menor precipitação ocorreram nos meses mais frios (junho, julho e agosto), observação semelhante verificado no diagrama climático das normais. Por outro lado, os meses de inverno (julho, agosto e setembro) foram bem mais quentes que o normalmente ocorrido (FIGURAS 7 e 8; TABELA 2).

A evapotranspiração potencial (ETP) e real (ETR) do período de estudo foi de 1109,0 mm. Os valores mais baixos de ETP e ETR ocorreram nos meses de maio/2001 a setembro/2001, e os maiores valores aconteceram nos meses de dezembro/2001 a março/2002, e ainda março/2001. O mês de menor ETP e ETR foi julho/2001, com 37,7 mm, e o mês de maior ETP e ETR foi janeiro/2002, com 133,3 mm (TABELA 3).

O balanço hídrico mostrou que houve apenas dois períodos em que o solo não alcançou a sua capacidade máxima de armazenamento de 100 mm, ou seja, abril/2001 (88,8 mm) e agosto/2001 (83,5 mm). Nestes dois meses, a evapotranspiração foi superior à precipitação. Nos demais meses houve excesso de água no solo. Durante o período analisado, não houve deficiência hídrica no solo (TABELA 3).

TABELA 03 - Balanço hídrico do solo e valores mensais de evapotranspiração potencial e evapotranspiração real calculados a partir dos valores de temperatura média anual, temperatura média mensal e de precipitação e corrigidos para latitude (27° S): T = Temperatura (°C), NOMO = Evapotranspiração obtida pelo Nomograma, FC = Fator de correção, EP = Evapotranspiração Potencial corrigida para a latitude (mm), P = Precipitação (mm), ARM = Armazenamento de água no solo (mm), ALT = Alteração do Armazenamento de água no solo (mm), ER = Evapotranspiração Real (mm), DEF = Deficiência hídrica do solo (mm), EXC = Excesso de água no solo (mm).

Período	T	NOMO	FC	EP	P	P - EP	ARM	ALT	ER	DEF	EXC
Mar/01	25,0	112	1,05	117,6	252,2	134,6	100	0	117,6	0	134,6
Abr/01	23,1	95	0,96	91,2	80,0	-11,2	88,8	-11,2	91,2	0	0,0
Mai/01	18,6	53	0,93	49,3	286,9	237,6	100	11,2	49,3	0	226,4
Jun/01	17,8	48	0,87	41,8	95,2	53,4	100	0	41,8	0	53,4
Jul/01	16,7	41	0,92	37,7	85,2	47,5	100	0	37,7	0	47,5
Ago/01	19,6	61	0,97	59,2	42,7	-16,5	83,5	-16,5	59,2	0	0,0
Set/01	19,1	58	1,00	58,0	170,7	112,7	100	16,5	58,0	0	96,2
Out/01	20,9	72	1,11	79,9	95,8	15,9	100	0	79,9	0	15,9
Nov/01	22,2	82	1,12	91,8	152,7	60,9	100	0	91,8	0	60,9
Dez/01	23,7	95	1,19	113,1	126,8	13,8	100	0	113,1	0	13,8
Jan/02	24,7	113	1,18	133,3	226,8	93,5	100	0	133,3	0	93,5
Fev/02	24,4	110	1,02	112,2	161,7	49,5	100	0	112,2	0	49,5
Mar/02	25,6	118	1,05	123,9	153,8	29,9	100	0	123,9	0	29,9
Soma				1109,0	1930,5	821,6		0,0	1109,0		

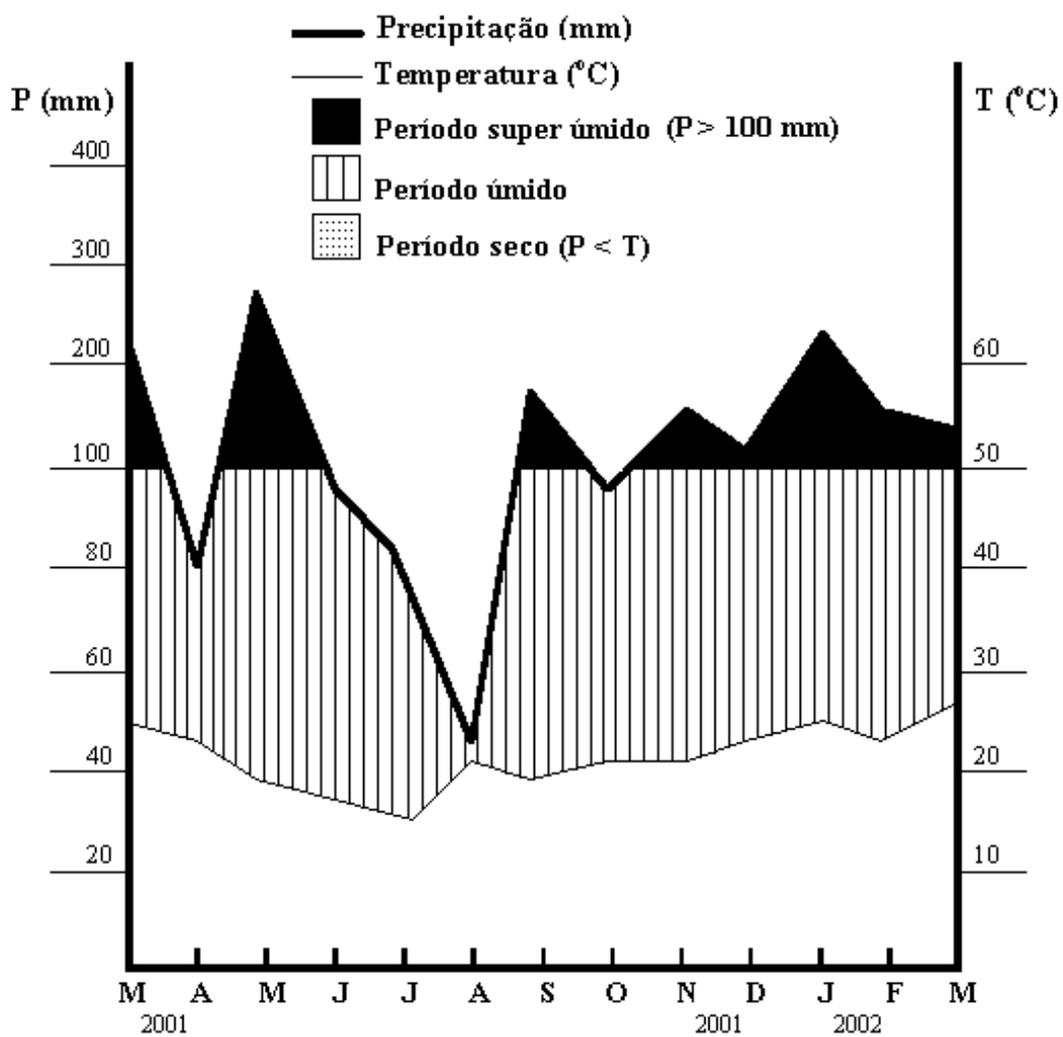


FIGURA 07 - Diagrama climático da localidade de Florianópolis (SC) do período de estudo (março de 2001 a março de 2002).

Longitude: 48° 34' W

Latitude: 27° 35' S

Altitude: 1,84 metros.

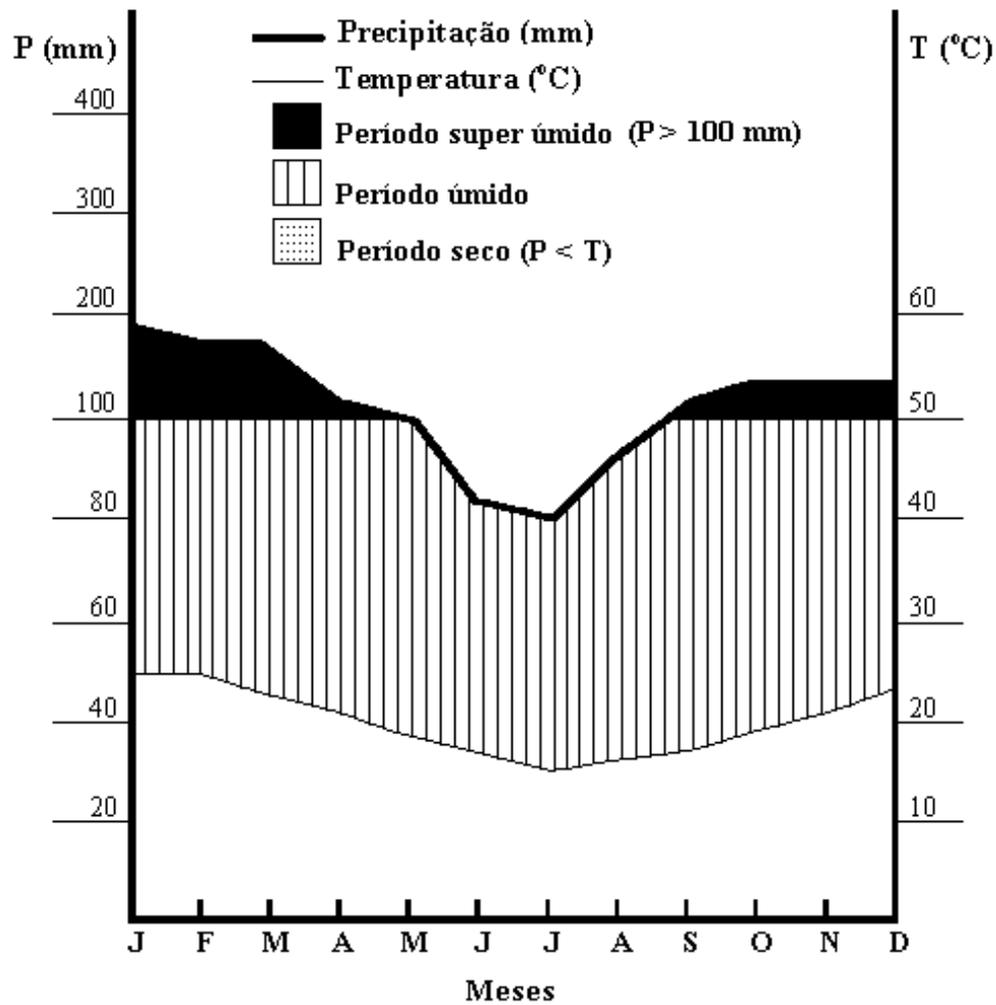


FIGURA 08 - Diagrama climático dos parâmetros normais médios de precipitação e temperatura do período de 84 anos (1917-2001) para a localidade de Florianópolis, SC. Fonte: EPAGRI-CLIMERH (Florianópolis, SC).

5.2. Produção de serapilheira

5.2.1. Variação Espacial

5.2.1.1. Produção total

A grande maioria das florestas tropicais caracterizam-se por apresentar uma grande amplitude de produção total de serapilheira. Elas produzem entre 6 e 12 t/ha/ano de serapilheira total fina (BRAY & GORHAM, 1964; GOLLEY *et al.*, 1978; PROCTOR, 1983; BROWN & LUGO, 1990; FREITAS, 1990 *apud* SAMPAIO *et al.*, 1993; LEIGH Jr., 1999), ou mais precisamente, entre 7 e 11 t/ha/ano (HAAG *et al.*, 1985).

Os valores de produção total de serapilheira obtidos nos estandes 1 e 2 deste estudo (TABELA 4), embora estejam dentro desta variação de produção, encontram-se próximos do limite inferior. Revisando trabalhos realizados em floresta ombrófila densa (TABELA 5), pode-se constatar que não existe um padrão definido para este tipo de formação, encontrando-se valores desde 1803 kg/ha/ano, em área mais afetada por poluição atmosférica na região de Paranapiacaba/SP (DOMINGOS *et al.*, 1990), até 11.676 kg/ha/ano, em formação secundária do município de São Pedro de Alcântara/SC (CARDOSO & REIS, 1996), sendo que valores entre 6000 e 9000 kg/ha/ano são os mais freqüentes.

Em florestas semidecíduas (TABELA 6), a variação de produção total observada é de 5500 kg/ha/ano, em mata baixa no Vale do Rio dos Sinos/RS (MELLO, 1995; MELLO & PORTO, 1997), a 11.909 kg/ha/ano, em Campinas/SP (PEDRONI *et al.*, 1990). No que concerne à florestas semidecíduas do Estado de São Paulo, há um padrão bem mais definido, sendo observado, na grande maioria dos estudos, uma produção entre 8000 e 10000 kg/ha/ano.

A base de dados do presente estudo revela que, em florestas amazônicas, o padrão de produção total é mais definido, já que a produção da grande maioria dos estudos realizados nesta formação situa-se entre 6000 e 8000 kg/ha/ano (TABELA 7).

TABELA 04 - Valores mensais e anuais (em kg/ha) de produção de serapilheira (Total e Frações) estimados nos estandes 1 (capoeirão) e 2 (floresta primária) durante o período de estudo: M.R. = Material Reprodutivo; Misc. = Miscelâneas; E1 = estande 1; E2 = estande 2. As contribuições de folha de palmitreiro e de bromélia epífita estão incluídas na fração “folhas”, porém, apresentadas, separadamente, no rodapé.

Período	Frações					Total
		Folhas	Caule	M.R.	Misc.	
Mar/01	E1	216,04 ^{NS}	62,25	16,46	29,81	324,56
	E2	273,24	150,96	9,33	33,69	467,23
Abr/01	E1	298,78 ^{NS}	115,13 ^{NS}	9,85	22,60	446,37^{NS}
	E2	281,70	117,20	16,40	13,40	428,70
Mai/01	E1	361,06	116,82 ^{NS}	29,72	17,58	525,18^{NS}
	E2	251,10	118,73	27,90	16,69	414,41
Jun/01	E1	387,80	168,12	43,08	12,56	611,56
	E2	289,41	73,16	73,41	8,36	444,34
Jul/01	E1	433,53	188,95 ^{NS}	20,87	13,13	656,47^{NS}
	E2	308,26	350,71	19,58	17,69	696,24
Ago/01	E1	-----dados perdidos-----				
	E2	-----dados perdidos-----				
Set/01	E1	415,66 ^{NS}	210,32 ^{NS}	7,83	30,48	664,29^{NS}
	E2	422,84	221,42	16,19	51,07	711,52
Out/01	E1	632,43 ^{NS}	499,75	18,91	35,61	1186,70
	E2	557,74	154,06	36,66	16,71	765,17
Nov/01	E1	622,53 ^{NS}	290,50	20,10	22,57	955,70^{NS}
	E2	575,51	132,08	16,67	31,00	755,26
Dez/01	E1	384,89 ^{NS}	95,15 ^{NS}	10,95	18,54	509,54
	E2	651,25 (1)	162,43	10,26	31,16	855,10
Jan/02	E1	453,34 ^{NS}	288,94	21,79	29,89	793,95^{NS}
	E2	450,97 (2)	132,59	40,54	31,20	655,30
Fev/02	E1	252,46 ^{NS}	60,81 ^{NS}	6,23	7,47	326,98^{NS}
	E2	279,35	41,13	10,55	9,81	340,84
Mar/02	E1	371,59 ^{NS}	49,65 ^{NS}	17,18	12,68	451,09^{NS}
	E2	385,90 (3)	135,05	9,75	9,90	540,60
Total	E1	4830,11^{NS}	2146,39^{NS}	222,97	252,92	7452,39^{NS}
	E2	4727,27 (4)	1789,52	287,24	270,68	7074,71
%	E1	64,8	28,8	3,0	3,4	100,0
	E2	66,8	25,3	4,1	3,8	100,0

Contribuição de folhas de palmitreiro e bromélias epífitas (em kg/ha): (1) = 136,18; (2) = 44,58; (3) = 27,45; (4) = 208,21.

NS = diferença **não significativa** ao nível de 0,05 (5%) entre os valores médios dos dois estandes (verificação feita somente para valores mensais e anuais da produção total e das frações “folhas” e “caule”).

TABELA 05 - Quadro comparativo dos valores (em kg/ha/ano) de produção de serapilheira total (PS Total) e de produção de serapilheira foliar (PS Folhas) em **floresta ombrófila densa de encosta atlântica**.

Localidade (Condição da área estudada)	Coordena -das	Altitude (m)	PS Total	PS Folhas	% Folhas	Referência
Santa Teresa - ES	19°53'S	810-890	---	4620	---	Jackson, 1978
Paranapiacaba - SP (mais afetada pela poluição)	23°46'S	750-890	1803	---	---	Domingos <i>et al.</i> , 1990
Paranapiacaba - SP (menos afetada pela poluição)	23°46'S	750-890	3810	---	---	Domingos <i>et al.</i> , 1990
Cubatão - SP (estádio mais maduro, sem poluição)	23°42'S	130-200	4460	3638	82	Leitão Filho <i>et al.</i> , 1993
Morro do Anhangava - Quatro Barras - PR	25°23'S	1250-1350	4500	2847	63	Portes, 2000
Reserva de Volta Velha - Itapoá - SC (estádio inicial)			5025	4399	87	Boeger <i>et al.</i> , 1999 <i>apud</i> Vibrans & Sevegnani, 2000
Cubatão - SP (estádio inicial, com poluição)	23°42'S	130-200	5288	4641	88	Leitão Filho <i>et al.</i> , 1993
Cubatão - SP (estádio médio, com poluição)	23°42'S	130-200	5681	4588	81	Leitão Filho <i>et al.</i> , 1993
Estação Biológica da Boracéia - Salesópolis - SP	23°38'S		6054	4403	73	Custódio Filho, 1994
Ilha do Cardoso - Cananéia - SP	25°03'S		6310	4420	70	Moraes <i>et al.</i> , 1999
Morro Pe. Doutor - Florianópolis - SC	27°35'S	328	6370	4250	67	Hinkel & Panitz, 1999
Ilha do Cardoso - Cananéia - SP	25°12'S	100	6400	4480	70	Rebelo <i>et al.</i> , 1992
Serra do Mar - Cubatão - SP	23°46'S	800	6835	5107	75	Lopes <i>et al.</i> , 1993
Parque Estadual das Fontes do Ipiranga - SP	23°39'S	770-825	7288	4906	67	Teixeira <i>et al.</i> , 1992
Serra do Mar - Cubatão - SP	23°49'S	140	7748	6101	79	Lopes <i>et al.</i> , 1993
Reserva de Volta Velha - Itapoá - SC (estádio intermediário)			7829	6152	78	Boeger <i>et al.</i> , 1999 <i>apud</i> Vibrans & Sevegnani, 2000
Ilha de Santo Amaro - Guarujá - SP	24°16'S	140	7925	5039	64	Varjabedian & Pagano, 1988
Parque Mun. São Francisco - Blumenau - SC	26°55'S	79-144	8220	4656	56	Vibrans & Sevegnani, 2000
Serra do Mar - Cubatão - SP	23°49'S	150	8265	5539	67	Lopes <i>et al.</i> , 1993
Morro do Baú - Ilhota - SC (formação secundária)			8267*	6072	73	Cardoso & Reis, 1996
Angra dos Reis - RJ (floresta com dossel de 29 m)			8347	5977	72	Louzada <i>et al.</i> , 1995
Reserva de Volta Velha - Itapoá - SC (estádio avançado)			8379	5884	70	Boeger <i>et al.</i> , 1999 <i>apud</i> Vibrans & Sevegnani, 2000
Orleans - SC (formação secundária)	28°21'S	256-285	8662	5884	68	Citadini-Zanette, 1995
Floresta da Tijuca - Rio de Janeiro - RJ	25°57'S	750	8900	6591	75	Oliveira & Lacerda, 1993
Parati - RJ (capoeira, com 16 anos de regeneração)			9070	5864	65	Louzada <i>et al.</i> , 1995
Salto Weissbach - Blumenau - SC	26°53'S	28-34	9559	4793	50	Vibrans & Sevegnani, 2000
Orleans - SC	28°21'S	285	10554	7203	68	Santos, 1997; Santos <i>et al.</i> , 1998
Recife - PE	08°04'S	30-90	11285	6207	55	Nunes, 1980
São Pedro de Alcântara - SC (formação secundária)			11676*	6180	53	Cardoso & Reis, 1996
Parque Mun. Lagoa do Peri - Florianópolis/SC (flor. primária)	27°42'S	250	7074	4727	67	Este estudo
Parque Mun. Lagoa do Peri - Florianópolis/SC (capoeirão)	27°46'S	200	7452	4830	65	Este estudo

(*) = valores projetados para 12 meses (os autores apresentaram valores médios em kg/ha/mês).

TABELA 06 - Quadro comparativo dos valores (em kg/ha/ano) de produção de serapilheira total (PS Total) e de produção de serapilheira foliar (PS Folhas) em **floresta semidecídua** do Brasil.

Localidade (Condição da área estudada)	Coordena -das	Altitude (m)	PS Total	PS Folhas	% Folhas	Referência
Vale do Rio dos Sinos - Parobé - RS (mata baixa)	29°42'S	140-160	5500	3900	71	Mello, 1995; Mello & Porto, 1997
Mogi-Guaçu - SP (mata ciliar)	22°18'S		6687	---	59	Delitti, 1984
Serra do Japi - Jundiá - SP	23°11'S	1170	7000	4900	70	Morellato, 1992
Teodoro Sampaio - SP	22°31'S	320	7568	4737	63	Schlittler, 1990
Serra do Japi - Jundiá - SP	23°11'S	870	8600	5500	64	Morellato, 1992
Rio Claro - SP	22°22'S	630	8643	5361	62	Pagano, 1985; Pagano, 1989
Anhembi - SP	22° 40'S	500	8800	5680	65	Cesar, 1988; Cesar, 1993b
Estação Experimental de Marília - SP	22°01'S	440	8827	6712	76	Duriganet <i>al.</i> , 1996
Vale do Rio dos Sinos - Parobé - RS (mata alta)	29°42'S	140-160	9000	6200	69	Mello, 1995; Mello & Porto, 1997
Fênix - PR	23° 5'S	350	9014	5300	59	Santos, 1989
São Paulo - SP (floresta secundária)	23°33'S	750	9410	5890	63	Meguroet <i>al.</i> , 1979
Fazenda Berrante - Tarumã - SP	22°42'S	520	9744	7103	73	Duriganet <i>al.</i> , 1996
São Paulo - SP	23°33'S	656-735	9917	---	---	Gorresio-Roizmanet <i>al.</i> , 1992
Araras - SP	22°18'S	655	11590	7700	66	Diniz, 1987
Campinas - SP	22°49'S		11909	8299	70	Pedroniet <i>al.</i> , 1990
Parque Mun. Lagoa do Peri - Florianópolis/SC (flor. primária)	27°42'S	250	7074	4727	67	Este estudo
Parque Mun. Lagoa do Peri - Florianópolis/SC (capoeirão)	27°46'S	200	7452	4830	65	Este estudo

TABELA 07 - Quadro comparativo dos valores (em kg/ha/ano) de produção de serapilheira total (PS Total) e de produção de serapilheira foliar (PS Folhas) em **floresta amazônica**.

Localidade (Condição da área estudada)	Coordena -das	Altitude (m)	PS Total	PS Folhas	% Folhas	Referência
Capitão Poço - PA (terra firme - capoeira)	1°44'S	< 200	5040	----	----	Dantas & Phillipson, 1989
Manaus - AM (terra firme - secundária jovem)	2° 34'S		6070	5170	85	Luizão, 1982; Luizão & Schubart, 1987
Manaus - AM (várzea)			6400	4288	67	Frankenet <i>al.</i> , 1979
Manaus - AM (terra firme - vale)	2° 34'S		6480	4050	62	Luizão, 1982; Luizão & Schubart, 1987
Tucuruí - PA (terra firme)	3° a 5° S		6656	4757	71	Silva, 1984
Manaus - AM (terra firme)			6700	4800	71	Klinge & Rodrigues, 1968
Manaus - AM (igapó)			6700	5239	78	Frankenet <i>al.</i> , 1979
Manaus - AM (terra inundável)	3°		6760	5320	79	Adiset <i>al.</i> , 1979
Mocambo - Belém - PA (terra firme)			7296	6106	83	Silva & Lobo, 1982
Manaus - AM (terra firme - platô)	2° 34'S		7420	4410	59	Luizão, 1982; Luizão & Schubart, 1987
Mocambo - Belém - PA (igapó)			7646	6197	81	Silva & Lobo, 1982
Manaus - AM (terra firme)			7900	6400	81	Klinge & Rodrigues, 1968
Manaus - AM (terra firme)			7900	6399	81	Frankenet <i>al.</i> , 1979
Capitão Poço - PA (terra firme - floresta primária)	1° 44'S	< 200	8040	----	----	Dantas & Phillipson, 1989
Mocambo - Belém - PA (várzea)			8587	6535	76	Silva & Lobo, 1982
Ilha de Maracá - Roraima (terra firme)			9280	6300	68	Scottet <i>al.</i> , 1992
Mocambo - Belém - PA			9900	8000	81	Klinge, 1977
San Carlos - Venezuela			10300	7600	74	Cuevas & Medina, 1986
Parque Mun. Lagoa do Peri - Florianópolis/SC (flor. primária)	27°42'S	250	7074	4727	67	Este estudo
Parque Mun. Lagoa do Peri - Florianópolis/SC (capoeirão)	27°46'S	200	7452	4830	65	Este estudo

BRAY & GORHAM (1964) mostraram que há uma relação linear inversa entre a latitude e a produção total de serapilheira, de modo que quanto maior a latitude, menor é a produção total anual de serapilheira. Estes autores, ao estabelecer correlação linear inversa entre latitude e a produção de folheto, obviamente, embutiram nesta correlação fatores tais como redução de luz e temperatura. É proveitoso lembrar que estes autores analisaram ecossistemas florestais que se encontram distribuídos em quatro zonas climáticas bastante distintas, em função de fatores como temperatura, precipitação e radiação solar que, por sua vez, estão relacionados com a distância em relação à linha mediana entre os pólos do globo terrestre.

MEENTEMEYER *et al.* (1982), baseando-se em dados apresentados por BRAY & GORHAM (*op. cit.*) e por JORDAN & MURPHY (1978), verificaram que a latitude poderia prever 77% da variação da produção total de serapilheira ao longo das áreas florestais do planeta. VOGT *et al.* (1986) não obtiveram proporções tão altas, prevendo apenas 52% da variação da produção de serapilheira em função da latitude. Entretanto, esses autores atribuíram esta baixa proporção de variação, em relação ao trabalho de MEENTEMEYER *et al.* (*op. cit.*), à escassez de dados disponíveis entre as latitudes de 12 e 27°.

Alguns autores discutiram que a latitude, simplesmente, não explica as diferenças nos padrões de produção anual de serapilheira de ecossistemas florestais dentro dos limites da zona tropical. CESAR (1993b) argumentou que várias pesquisas foram desenvolvidas com resultados que nem sempre se encontraram de acordo com a relação proposta por BRAY & GORHAM (1964). VIBRANS & SEVEGNANI (2000), baseando-se no precioso trabalho de SANTOS (1997), o qual realizou uma revisão completa dos estudos de produção de serapilheira na mata atlântica, com 38 trabalhos apresentados, comentaram que, uma vez realizada a comparação dos resultados apresentados, não existe nenhuma correlação aparente entre volume produzido anualmente e latitude geográfica do local, como postularam BRAY & GORHAM (*op. cit.*), também citados pelos autores.

Outros autores também constataram, em seus estudos, valores de produção total de serapilheira em desacordo com aqueles previstos por BRAY & GORHAM (*op. cit.*) para as suas latitudes, entre eles, MELLO (1995), em dois tipos de florestas semidecíduais do Rio Grande do Sul, CUSTÓDIO FILHO (1994), em um trecho de floresta atlântica no Estado de São Paulo e SANTOS (1997), em um remanescente de mata atlântica de Orleans (SC), entre outros.

LONSDALE (1988) defendeu também esta linha de pensamento ao afirmar que, quando o enfoque é apenas florestas tropicais, a latitude parece exercer um efeito menor no padrão de produção total de serapilheira do que quando é observado ao longo de uma larga faixa de florestas. Este autor, ao examinar vários modelos de regressão, principalmente os apresentados por SPAIN (1984), correlacionou latitude, altitude e precipitação com a produção total e a produção foliar de 389 florestas do mundo todo, e concluiu que o melhor modelo de regressão relacionou negativamente produção total de serapilheira com as variáveis de latitude e altitude combinadas, mas quando apenas florestas tropicais foram consideradas na análise, o melhor modelo para explicar a variação da produção de 1 grama de serapilheira total, possuía apenas a precipitação como variável, e mesmo assim explicava somente 26% da variação, mas não explicava na equação global. Entretanto, PROCTOR (1983), que examinou um grande número de estudos de produção de serapilheira em florestas tropicais, deixou claro que não existe uma simples relação entre produção de serapilheira e pluviosidade anual. VITOUSEK (1984), porém, foi mais longe, concluindo que somente pluviosidade abaixo de 2000 mm afeta a produção total de serapilheira fina.

Os valores de produção total de serapilheira, obtidos neste estudo, estão de acordo com a produção (7000 kg/ha/ano) prevista por BRAY & GORHAM (1964) para a latitude (27°) em que se encontram os estandes 1 e 2. Apesar disto, as discussões acima a respeito da ausência de influência da latitude na variação da produção de serapilheira, dentro da zona tropical, levam à concluir que, provavelmente, não é a latitude que está influenciando os resultados de produção verificados no presente estudo, em relação à outros resultados na mesma zona. Se o contrário fosse verdade, não esperar-se-iam produções altas para latitudes muito próximas deste estudo, como pode ser percebido em alguns trabalhos, principalmente aqueles realizados em Santa Catarina, tais como CITADINI-ZANETTE (1995), CARDOSO & REIS (1996), SANTOS (1997), BOEGER *et al.* (1999 *apud* VIBRANS & SEVEGNANI, 2000) e VIBRANS & SEVEGNANI (*op. cit.*), com valores que ultrapassam 8000 kg/ha/ano e que alcançam até 11676 kg/ha/ano. Além disso, entre os estudos realizados em Santa Catarina, na mesma formação florestal (floresta ombrófila densa) e sob o mesmo tipo climático (Cfa), o de HINKEL & PANITZ (1999) é o único que apresentou valores inferiores de produção total, sendo que os demais, recém citados, mostraram produções bem superiores.

Se não é a latitude o fator determinante para o padrão de produção anual, outros fatores podem estar contribuindo para a variação de resultados em zonas de florestas tropicais, tais

como, altitude (MARTINEZ-IRIZAR & SARUKHAN, 1990; MORELLATO, 1992; PORTES, 2000), intensidade e regime pluviométrico anual (MEENTEMEYER *et al.*, 1982; PAGANO, 1989; DELITTI, 1995), fertilidade do solo (FACELLI & PICKETT, 1991; DURIGAN *et al.*, 1996), a estrutura da floresta (BRITEZ, 1994; LOUZADA *et al.*, 1995; MELLO, 1995; MELLO & PORTO, 1997), grau de distúrbio antropogênico (JORDAN, 1985; PAGANO, 1989; DOMINGOS *et al.*, 1990; SCHLITTLER, 1990, LEITÃO FILHO *et al.*, 1993; MARTINS & RODRIGUES, 1999; DOMINGOS *et al.*, 2000), composição florística (LEITÃO FILHO *et al.*, 1993; SANCHEZ & ALVAREZ-SANCHEZ, 1995; VIBRANS, 1999; VIBRANS & SEVEGNANI, 2000), número de árvores e diâmetro à altura do peito por parcela (DIAS & OLIVEIRA FILHO, 1997), bem como uma interação de alguns ou de todos eles. VOGT *et al.* (1986), desconsiderando os fatores climáticos e a latitude, mostraram que o comportamento (fenologia) perenifólio ou decíduo das árvores é determinante para a produção de serapilheira. DELITTI (1995) generalizou ao afirmar que pode haver uma grande variação de produção dentro de uma mesma latitude, em virtude das mudanças locais do clima, solo e das comunidades biológicas.

Quando o enfoque é um único tipo de formação florestal, por exemplo, a floresta ombrófila densa submontana, variações espaciais de produção podem ocorrer em função do estágio sucessional desta formação, da disponibilidade de nutrientes no solo e da composição florística (LEITÃO FILHO *et al.*, 1993; LOUZADA *et al.*, 1995; BOEGER *et al.*, 1999 *apud* VIBRANS & SEVEGNANI, 2000; VIBRANS, 1999; VIBRANS & SEVEGNANI, *op. cit.*), porém, o mesmo fenômeno pode ser percebido em outras formações florestais (EWEL, 1976; DANTAS & PHILLIPSON, 1989; SANCHEZ & ALVAREZ-SANCHEZ, 1995).

Produção total de serapilheira maior em áreas de floresta secundária, em relação às áreas de florestas primárias, foi observada por VIBRANS & SEVEGNANI (2000). A produção anual estimada foi de 9559 kg/ha no Salto Weissmann, um sítio com comunidade florestal secundária, e de 8220 kg/ha no Parque São Francisco, que apresenta uma comunidade florestal com características primárias. Estes autores também defenderam a noção de que a produção primária em ecossistemas estáveis, como as florestas primárias em clímax, é menor que em sistemas sucessionais, que estão em fase de acumulação de biomassa. Porém, eles atribuíram esta diferença à maior abundância e à alta densidade de palmitero, uma espécie classificada como secundária tardia, na comunidade do Salto Weissmann (floresta secundária) em relação à comunidade do Parque São

Francisco (floresta primária). Estes autores verificaram que a participação da serapilheira do palmitero para a produção total de serapilheira da floresta secundária (1472,43 kg/ha) foi, sobremaneira, maior que a da comunidade de floresta primária (301,34 kg/ha).

LOUZADA *et al.* (1995), ao investigar a produção de serapilheira de dois trechos de mata atlântica de estádios sucessionais diferentes, na região de Angra dos Reis, Rio de Janeiro, observaram que a floresta estruturalmente mais desenvolvida (dossel de 29 metros, com bromélias e orquídeas, com histórico de extrativismo) apresentou menor produção total de serapilheira (8347 kg/ha/ano) que a capoeira (dossel de 20 metros, com 16 anos de abandono pela atividade agrícola, produção de 9070 kg/ha/ano).

Tal tendência também foi observada por LEITÃO FILHO *et al.* (1993) que concluíram que florestas secundárias caracterizam-se por apresentar menor produção de serapilheira que florestas das fases iniciais de regeneração, já que estas últimas apresentam dominância de espécies pioneiras. Os autores argumentaram que a floresta é um mosaico de espécies provenientes de diversas origens, não existindo um único padrão de comportamento fenológico, e sim, uma interação entre várias estratégias, sendo o padrão geral dado pelo grupo mais dominante. Espécies secundárias crescem de forma mais lenta, contribuindo de maneira menor e mais regular para a produção de folheto do que espécies pioneiras. Nesta linha de idéia, MARTINS & RODRIGUES (1999) trouxeram importante contribuição para o entendimento deste problema, pois constataram uma tendência de maior produção de serapilheira em clareiras com alta dominância de espécies pioneiras.

EWEL (1976) constatou uma menor deposição de serapilheira em florestas climáticas, do que em florestas sucessionais. A floresta com 14 anos de regeneração apresentou 10 t/ha/ano, enquanto que a floresta madura apresentou uma produção de 9 t/ha/ano. Ele atribuiu essa diferença à presença de maior quantidade de indivíduos de espécies decíduas na composição florística de florestas sucessionais do que em florestas maduras. Entretanto, RICHARDS (1952), citado por CUSTÓDIO FILHO (1994), assinalou que as florestas tropicais apresentam grande variação entre as espécies, tornando-se difícil, às vezes, estabelecer se essas são perenifólias ou caducifólias.

A mesma situação tem sido verificada no presente estudo. Apesar das produções totais anuais dos estandes 1 e 2 não apresentarem diferença significativa, bem como na maior parte do

período de estudo, o estande da floresta primária apresentou menor produção total anual que o capoeirão (TABELA 4).

Os resultados acima, da literatura e do presente estudo, sugerem a tese de que, provavelmente, florestas sucessionais apresentam maior produção de serapilheira em relação às comunidades climácicas, de máximo desenvolvimento estrutural. Esta tese encontra ainda sustentação em BROWN & LUGO (1990), segundo os quais, florestas secundárias apresentam baixa área basal, baixa densidade de indivíduos arbóreos com DAP acima de 10 cm, árvores baixas com diâmetros pequenos e baixo volume de madeira. Deste modo, as transformações pelas quais passam as florestas secundárias ao longo da sucessão, com o aumento do desenvolvimento estrutural, provocadas pela competição entre as árvores por nutrientes e luz (JANZEN, 1980; LEIGH Jr., 1999), pelo maior número de espécies arbóreas pioneiras e pelo aumento em estatura e diâmetro do tronco de árvores em crescimento, conduzem a produções elevadas de serapilheira. Portanto, a condição das florestas secundárias de apresentarem menor desenvolvimento estrutural em relação às florestas maduras ou climácicas, pode ter conduzido às diferenças de produção total de serapilheira entre estes dois estádios.

Por outro lado, existem estudos que relataram uma tendência de aumento de produção de serapilheira com o desenvolvimento estrutural da mata atlântica ao longo de uma sucessão ecológica. BOEGER *et al.* (1999 *apud* VIBRANS & SEVEGNANI, 2000) estimaram a produção de serapilheira comparando três estádios sucessionais no município de Itapoá, litoral norte de Santa Catarina, e descobriram que as produções das áreas de estágio inicial, intermediário (capoeira) e avançado (capoeirão), foram, respectivamente, de 5025, 7829 e 8379 kg/ha/ano. EWEL (1976) e LEITÃO FILHO *et al.* (1993), além de constatarem produção menor em áreas de floresta madura, em relação às áreas de vegetação sucessional, verificaram aumento de produção de serapilheira ao longo da sucessão, em estádios anteriores ao clímax. Justificativa para isto pode estar em JANZEN (*op. cit.*), segundo o qual existe uma competição dentro e entre as copas por luz pelas espécies com rápido crescimento vertical, em função da redução de luz provocado quando mais folhas crescem acima de outras, na mesma copa, e também quando outras copas crescem sobre ela, na vegetação de estádios iniciais da sucessão. Já em florestas mais desenvolvidas, com dossel estratificado, a estratégia das árvores jovens das espécies que pertencem aos estratos superiores e das espécies que alcançam maturidade reprodutiva na sombra é manter as folhas mais eficientes e apenas repor aquelas que sofreram danos provocados por fatores extrínsecos.

Portanto, parece provável a tese de que o incremento de biomassa durante a sucessão de uma floresta promova um aumento de produção de serapilheira. Ao atingir o clímax, em uma condição de máximo desenvolvimento estrutural, a floresta tenderia a diminuir a sua produtividade de biomassa e, conseqüentemente, a produção de serapilheira.

Contudo, contrariando as teses acima, existem estudos que apresentaram valores de produção mais altos em florestas climácicas do que em florestas em estágio de regeneração, entre eles, os de DANTAS & PHILLIPSON (1989), na Amazônia, de SANCHEZ & ALVAREZ-SANCHEZ (1995), em Los Tuxtlas no México, e de OLIVEIRA & NETO (1999), na Ilha Grande, Rio de Janeiro. Isto pressupõe a necessidade de realização de mais estudos que relacionem os aspectos de ciclagem de nutrientes, principalmente a produção de serapilheira, aos aspectos sucessionais. Em estudos desta natureza recomenda-se, fundamentalmente, definir bem as áreas onde serão implementados os coletores, principalmente, os trechos de floresta que guardam uma identidade estrutural, fisionômica e florística com os estádios de sucessão que se pretendem estudar.

5.2.1.2. Produção de folhas e de outras frações

Os valores de ambos os estandes (TABELA 4) encontram-se próximos dos resultados obtidos em outros estudos realizados em floresta ombrófila densa, entre eles, na Ilha do Cardoso, Cananéia/SP (REBELO *et al.*, 1992), em florestas de estágio inicial de sucessão e em floresta jovem com a influência da poluição, Cubatão/SP (LEITÃO FILHO *et al.*, 1993), em floresta secundária da Ilha de Santa Catarina (HINKEL & PANITZ, 1999), na Estação Biológica da Boracéia, Salesópolis/SP (CUSTÓDIO FILHO, 1994), no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo/SP (TEIXEIRA *et al.*, 1992), no município de Guarujá/SP (VARJABEDIAN & PAGANO, 1988) e no Salto Weissbach e no Parque Municipal São Francisco, Blumenau/SC (VIBRANS & SEVEGNANI, 2000) (TABELA 5).

Em florestas semidecíduas, a produção de folhas foi, na grande maioria dos casos, bem maior que os valores obtidos neste estudo. Em MORELLATO (1992), porém, encontrou-se um valor de produção próximo a deste estudo, porém, a diferença altitudinal entre o estudo realizado por ela na Serra do Japi, à 1170 m (floresta altomontana), e este (floresta submontana), afasta a possibilidade de buscar justificativas para a proximidade. Em SCHLITTLER (1990), que estudou

floresta semidecídua em Teodoro Sampaio/SP, encontrou-se também semelhanças tanto na produção quanto na altitude (TABELA 6).

Em florestas amazônicas, a produção de serapilheira foliar também foi superior a deste estudo na grande maioria dos estudos, exceto o realizado no Pará por SILVA (1984), que apresentou um valor próximo de produção (TABELA 7).

A porcentagem de contribuição da fração “folhas” do capoeirão (estande 1) e da floresta primária (estande 2) deste estudo, foi de, 64,8% e 66,8%, respectivamente, valores estes, portanto, parecidos. Estes valores também estão próximos do valor esperado por BRAY & GORHAM (1964) para floresta tropicais, que é de 62,4%, e também estão próximos do valor sugerido por MEENTEMEYER (1982), que é de 70%.

SANTOS (1997), revisando estudos de produção de serapilheira realizados em mata atlântica, verificou que o percentual médio da fração foliar de 11 estudos realizados em floresta semidecídua foi de 66%, com variação de 59 a 71%. Este mesmo autor também verificou que em floresta ombrófila densa, este percentual médio, baseado em resultados de 20 trabalhos, foi de 71%, com valores variando de 53 e 88%. MELLO (1995), verificou que, no conjunto de florestas da região leste do Brasil, a composição da fração foliar oscilou de 59% a 79% da produção total, com um valor médio estimado de 66%. Este autor também observou um valor médio de 72% da produção total para as florestas da região amazônica, de 63% para as florestas da Ásia e da África e de 66% para as florestas montanhosas. Os percentuais médios da fração “folhas” verificados por MELLO (1995) e SANTOS (1997), para diversas florestas do Brasil e do Mundo, portanto, não foram muito diferentes dos percentuais alcançados neste estudo.

Com base em dados compilados a partir dos resultados obtidos em vários estudos realizados em diversos ecossistemas tropicais do Brasil, aqui apresentados (TABELAS 5, 6 e 7), verificou-se que os percentuais de produção de folhas dos dois estandes deste estudo são próximos aos resultados alcançados por diversos trabalhos realizados em floresta ombrófila densa (VARJABEDIAN & PAGANO, 1988; REBELO *et al.*, 1992; TEIXEIRA *et al.*, 1992; LOPES *et al.*, 1993; CITADINI-ZANETTE, 1995; LOUZADA *et al.*, 1995; SANTOS, 1997; SANTOS *et al.*, 1998; HINKEL & PANITZ, 1999; MORAES *et al.*, 1999; PORTES, 2000) e também em floresta semidecídua (MEGURO *et al.*, 1979; PAGANO, 1985; DINIZ, 1987; PAGANO, 1989; PEDRONI *et al.*, 1990; SCHLITTLER, 1990; MORELLATO, 1992; CESAR, 1993b; MELLO,

1995; MELLO & PORTO, 1997). Floresta amazônica, contudo, apresenta percentual de contribuição foliar bem maior, exceto o de LUIZÃO (1982).

Sem dúvida, a fração “folhas” é a que apresenta maior participação na produção total de serapilheira, é a mais claramente definida e é a que tem menos divergências na metodologia. MEENTEMEYER *et al.* (1982) observou a linearidade perfeita da declividade de regressão desta fração em relação ao total de serapilheira produzida pelas florestas em todo o mundo e sugeriu que 70% da queda de folha pode ser prevista a partir das medições da queda total de serapilheira e vice-versa, graças ao alto coeficiente de correlação ($r = 0,924$) obtida. Segundo eles, isto é relevante para identificar o tipo de floresta que muito se desvia dos 70% de relação, conduzindo, deste modo, a um modelo global de produção total de serapilheira para usar na pesquisa de ciclagem de nutrientes e à elaboração do primeiro mapa mundial de estimativa de queda de serapilheira total. Portanto, esta fração influencia diretamente no padrão de produção total de serapilheira.

Os resultados apresentados neste estudo mostraram também que a produção de serapilheira foliar do capoeirão foi próxima a da floresta primária (TABELA 4), ou seja, houve pequena diferença na produção dos dois estandes. Esta ausência de diferenças significativas quanto à produção de folhas, entre uma comunidade vegetal em sucessão e outra madura, parece se sustentar nas observações de BROWN & LUGO (1990). Segundo eles, florestas secundárias desenvolvem máxima biomassa foliar muito cedo (aproximadamente 10 anos) durante o desenvolvimento e mantém estes valores através da maturação.

Isto pode encontrar justificativa em JANZEN (1980). Segundo ele, a queda das folhas é bastante evidente nas regiões tropicais como uma reação ao aumento de sombra associada à competição dentro e entre copas. Nos estádios iniciais da sucessão, existe um prêmio para o rápido crescimento vertical, as folhas tendem a cair tão logo a sombra as atinge. Nas árvores jovens das espécies que pertencem aos estratos superiores e naquelas espécies que alcançam maturidade reprodutiva na sombra, que possuem copas uniestratificadas e que vivem nos estratos inferiores, abaixo do dossel, com baixa intensidade de luz, a estratégia é manter as folhas mais eficientes e apenas repor aquelas que sofreram danos provocados pela ação da herbivoria, pela ação mecânica ou pelo acúmulo de epífitas. Nestas espécies o rápido crescimento vertical passa a ser menos importante comparado com as perdas de sais minerais e celulose ocorridas com a reposição das folhas. Assim, a perda e a reposição das folhas provocada pela competição intercopas de plantas

jovens e adultas na disputa de posição no dossel, em função de um processo de estratificação da floresta, passa a ser um aspecto importante no entendimento da produção de serapilheira foliar em florestas ao longo de uma sucessão e que, ao atingir um estágio mais maduro, a floresta tende a reduzir a produção de folhas.

Outros trabalhos corroboram os resultados apresentados neste estudo. No trabalho realizado por LOUZADA *et al.* (1995), em Angra dos Reis/RJ, as diferenças também não foram marcantes na fração “folhas” da capoeira (5864 kg/ha/ano) e da floresta mais desenvolvida (5978 kg/ha/ano). No estudo de VIBRANS & SEVEGNANI (2000), em Blumenau/SC, também não foi observada diferença significativa na produção anual de folhas entre a floresta primária do Parque Municipal São Francisco (4657 kg/ha/ano) e a floresta secundária do Salto Weissmann (4793 kg/ha/ano). Em LEITÃO FILHO *et al.* (1993) não foram também constatadas diferenças relevantes na produção de folhas entre uma floresta secundária jovem (4588 kg/ha/ano) e uma formação em estágio inicial (4641 kg/ha/ano), ambas sob influência da poluição atmosférica.

A participação de folhas de palmitreiro (*Euterpe edulis* Martius) na produção total de folhas é outro problema que tem recebido bastante atenção pelos estudiosos do assunto. Por se uma espécie secundária tardia, sua participação na produção de serapilheira tem sido registrada em vários estudos realizados em florestas de estádios mais avançados.

DOMINGOS *et al.* (1990), que estudaram a produção de serapilheira entre uma área perturbada pela poluição atmosférica e outra sem este distúrbio, observaram que a queda irregular, em alguns coletores, de folhas de palmitreiro, provocou um aumento de produção de serapilheira amostrada, principalmente na área mais afetada pela poluição, fato este que conduziu a diferenças pouco significativas de produção entre as áreas, em determinados meses.

CUSTÓDIO FILHO (1994), em estudo de produção e decomposição de serapilheira realizado na Estação Biológica da Boracéia (Salesópolis/SP), apesar de ter registrado a queda apenas de inflorescências de *Euterpe edulis* M., e não de folhas, salientou a influência desta espécie na variação de produção de serapilheira.

VIBRANS & SEVEGNANI (2000), que detectaram uma significativa diferença de produção total entre floresta primária e floresta secundária em estudo realizado em floresta ombrófila densa de Blumenau/SC, atribuíram esta diferença à maior abundância e à alta densidade de palmitreiro, na comunidade de floresta secundária em relação à comunidade de floresta primária.

Estes autores verificaram que a participação da serapilheira do palmitero para a produção total anual de serapilheira da floresta secundária (1472,43 kg/ha) foi, sobretudo, maior que a da comunidade de floresta primária (301,34 kg/ha). É válido ressaltar ainda que os autores colocaram a serapilheira proveniente do palmitero em uma categoria de fração à parte, que eles denominaram “Palmito”, e verificaram uma variabilidade espacial de produção desta fração muito grande (entre 94 e 346%) durante o período de estudo.

Neste estudo não foi diferente, embora em menor proporção. A participação da serapilheira de *Euterpe edulis* M. na produção total foi perceptível somente na floresta primária (estande 2), já que nesta área amostrada a espécie apresentava indivíduos adultos em maior número, por ser uma espécie secundária tardia. A participação de folhas de palmitero e bromélias epífitas na produção total de serapilheira do estande 2 foi de 208,21 kg/ha, produção esta distribuída nos meses de dezembro de 2001, com 136,18 kg/ha, janeiro de 2002, com 44,58 kg/ha, e março de 2002, com 27,45 kg/ha. O estande 1 não apresentou participação significativa de folhas de palmitero, nem de bromélias epífitas no material coletado (TABELA 4). Já que neste estudo a serapilheira do palmitero (folhas e ráquis) foi agrupada na categoria de fração “folhas”, isto contribuiu para tornar ainda mais próximos os valores de produção de folhas encontrados nas duas comunidades (capoeirão e floresta primária).

Apesar da fração foliar ter definição mais clara na metodologia, problemas podem advir quando tratam-se de folhas de palmeiras. Embora os critérios devam ser estabelecidos conforme os objetivos de cada estudo, PROCTOR (1983 *apud* MELLO, 1995) aconselhou a separação de folhas de palmeiras em uma categoria à parte, porém, a inclusão da ráquis deva ser na fração foliar convencional. Já MELLO (*op. cit.*) colocou a ráquis na fração “caule” por considerar a existência de maior semelhança morfo-estrutural da ráquis com os ramos finos e, possivelmente, uma concentração nutricional mais próxima dos ramos finos do que propriamente da lâmina foliar, mesmo não havendo dados disponíveis nesse sentido. Apesar disso, no presente estudo, preferiu-se colocar a ráquis e as folhas de palmitero dentro da categoria “folhas”, pois considerou-se que a queda da folha desta palmeira acontece, geralmente, pelo desprendimento da ráquis e também por que a quantidade de serapilheira produzida proveniente destes indivíduos foi bastante reduzida no estande 2 (floresta primária).

A fração “caule” tem apresentado produções bastante díspares entre as comunidades amostradas do presente estudo. A produção anual do capoeirão (2146,39 kg/ha) foi maior que a da

floresta primária (1789,52 kg/ha) (TABELA 4). Ao contrário da fração foliar, parece haver uma tendência de florestas sucessionais apresentarem maior produção da fração “caule” do que florestas climácicas, estruturalmente desenvolvidas. Em LOUZADA *et al.* (1995) percebeu-se uma produção de 2633,30 kg/ha/ano desta fração em capoeira, contra 1911,84 kg/ha/ano em floresta secundária com dossel de 29 metros. Em VIBRANS & SEVEGNANI (2000) observou-se uma produção de 1790,33 kg/ha/ano de fração “caule” em floresta secundária e de 1439,51 kg/ha/ano em floresta primária.

Neste estudo, a superioridade de produção total no capoeirão se deve, principalmente, à diferença que a produção da fração “caule” desta comunidade teve em relação à floresta primária. Explicação para isto encontra-se em BROWN & LUGO (1990), segundo os quais, a quantidade de biomassa de madeira aumenta rapidamente nos primeiros 15 ou 20 anos de desenvolvimento, permanecendo, posteriormente, a uma taxa regular e mais lenta até atingir a maturidade. Portanto, a maior produção total de serapilheira de florestas de sucessão, em relação às florestas mais desenvolvidas, observada em alguns estudos (LOUZADA *et al.*, 1995; VIBRANS, 1999; VIBRANS & SEVEGNANI, 2000), inclusive neste, provavelmente, se deve ao incremento biomassa de madeira, ao invés do incremento de massa foliar. Uma vez que a produção de folhas alcançou a estabilidade, é possível que o incremento de biomassa de caule tenha resultado em um aumento da fração “caule” na serapilheira ao longo da sucessão, levando este a ser o principal responsável pela maior produção total de serapilheira do capoeirão em relação à floresta primária. A floresta primária, por outro lado, uma vez que alcançou a estabilidade na produção de biomassa caulinar, produz menos fração “caule” de serapilheira e, por conseguinte, menos produção total.

Um outro fator que pode ter contribuído para a superioridade da produção “caule” do capoeirão, em relação à floresta primária, no presente estudo, é a participação das lianas, com seu emaranhado caule. Segundo SCHÄFFER & PROCHNOW (2002), estas trepadeiras são abundantes no capoeirão. Elas crescem onde existe luz abundante e pequena competição por parte das árvores, condições estas que refletem características de habitats com distúrbios causados por agentes naturais e humanos (PAGANO, 1989a; PUTZ 1984b *apud* MARTINELLO *et al.*, 1999). As lianas produzem 15 vezes mais serapilheira do que as árvores, principalmente nos estádios iniciais de regeneração. Entretanto existe uma dúvida se as lianas são as causas primárias da degradação ou o sintoma de distúrbios e doenças que afetam o ecossistema, porém, alguns estudos revelam que as lianas são as conseqüências do distúrbio e não as causas deste.

Muitos estudos ignoram a participação das lianas na produção total de serapilheira, quando poucos (GENTRY, 1983; MARTINELLO *et al.*, 1999) buscaram avaliar apenas a participação de serapilheira foliar de lianas. Ainda mais escassos são os estudos que procuraram avaliar a participação destas trepadeiras na produção da fração “caule” de florestas tropicais. No presente estudo, embora não se teve esta preocupação, constatou-se uma evidente participação do caule de lianas na produção de serapilheira desta fração no capoeirão.

Contudo, deve ser levado em conta que a fração “caule” é a que apresenta maior divergência quanto à amostragem (PROCTOR, 1983; PAGANO, 1989). Portanto, os dados apresentados pela literatura devem ser tomados com certa reserva para efeito comparativo. PROCTOR (1983) recomendou que o critério de definição para esta fração seja considerado apenas os galhos finos e fragmentos de casca dos troncos e galhos com até 2 cm de diâmetro, o que nem sempre é seguido por muitos autores. MORELLATO (1992), por exemplo, incluiu nesta fração os materiais lenhosos com até 5 cm de diâmetro, já outros (SCHLITTLER, 1990; BRITZ, 1994; VIBRANS & SEVEGNANI, 2000) consideraram até 10 cm como limite de diâmetro.

Quanto às frações “material reprodutivo” e “miscelâneas”, há uma diversidade de critérios de definição para estas frações na literatura, principalmente, para a fração “material reprodutivo”. A maioria dos trabalhos separam uma fração “flor”, uma fração “fruto” ou uma fração “flor + fruto” (MELLO, 1995), o que torna difícil a tarefa de comparação dos resultados apresentados com os de outros autores. MELLO (*op. cit.*) buscou resolver o problema, reunindo todas estas frações em uma só fração, denominando-a “miscelâneas”, na qual incluiu fruto, flor, semente e resíduos não identificáveis. Este autor compilou resultados provenientes de um razoável número de estudos realizados em florestas do leste brasileiro e observou que, para esta fração, havia uma larga faixa de produção, desde 0,2 t/ha/ano (200 kg/ha/ano) até 1,2 t/ha/ano (1200 kg/ha/ano), com valor médio regional de 0,8 t/ha/ano (800 kg/ha/ano).

Neste estudo, procurou-se apresentar os resultados das frações “material reprodutivo” e “miscelâneas” de forma separada, porém, para fins de comparação e discussão, procurou-se tratá-las em conjunto. Assim, as duas frações apresentaram produção anual de 475,89 kg/ha, no capoeirão, e 557,92 kg/ha, na floresta primária (TABELA 4). Estes valores, portanto, estão dentro da faixa de resultados compilados por MELLO (*op. cit.*) para florestas do leste brasileiro.

A contribuição do conjunto das frações “material reprodutivo” e “miscelâneas” deste estudo é de 6,4%, no capoeirão, e de 7,9%, na floresta primária (TABELA 4). Estes valores também estão dentro da faixa de resultados compilados por MELLO (*op. cit.*) para florestas do leste brasileiro, que vai de 2% a 14%, com valor médio de 9%.

VIBRANS & SEVEGNANI (2000) procuraram colocar flores, frutos, sementes, casca, líquens, epífitas, animais, detritos e materiais não identificados em uma só categoria, denominando-a de “miscelânea”. Eles constataram uma produção de 1504 kg/ha/ano, na floresta secundária, e de 1790,63 kg/ha/ano, na floresta primária. MELLO (*op. cit.*), que praticamente realizou o mesmo procedimento, observou uma produção de 1,0 t/ha/ano (990,10 kg/ha/ano), na mata alta, e de 0,6 t/ha/ano (565,00 kg/ha/ano), na mata baixa. LOUZADA *et al.* (1995), que procuraram colocar flores, frutos e sementes na categoria “material reprodutivo”, não definindo uma categoria para os resíduos, perceberam uma produção de 572,32 kg/ha/ano, na capoeira e de 457,56 kg/ha/ano, na floresta secundária. Já CUSTÓDIO FILHO (1994), que resolveu enquadrar na categoria “outros” todo aquele material depositado nos coletores que não fossem identificados como folhas e ramos, constatou uma produção, nesta categoria, de 676,66 kg/ha, o que representou 11,29% da produção total.

Existe, portanto, uma diversidade de critérios na literatura quando a tarefa é definir as frações, principalmente estas últimas aqui relatadas. Isto demonstra a dificuldade de se comparar resultados e definir padrões quando se trata de material reprodutivo e miscelâneas. Comparar e definir padrões de produção, para estas frações da serapilheira, se torna ainda mais difícil quando diferenças metodológicas são consideráveis quanto ao diâmetro da malha dos coletores (que pode subestimar ou superestimar resíduos) ou quanto à posição que estes se encontram do solo (do nível do solo até mais de 1 metro acima dele) (PROCTOR, 1983).

Prevenindo isto, MOORE & CHAPMAN (1986 *apud* LOUZADA *et al.*, 1995) recomendaram que as “armadilhas” (coletores) tenham algumas características básicas que devem ser seguidas: a) interceptar a queda do material antes que este chegue ao solo, com a menor perturbação possível; b) reter o material dentro dos coletores até a época de coleta; c) prevenir a entrada de material presente sobre o solo ou a saída de material pela ação do vento; d) evitar o acúmulo de água, uma vez que esta pode acelerar o processo de decomposição do material.

5.2.2. Variação Temporal

A produção das frações “folhas” e “caule” do estande 1 apresentou um padrão de curva semelhante ao padrão da produção total de serapilheira ao longo do período de estudo. As frações “material reprodutivo” e “miscelâneas” não tiveram variações conspícuas ao longo do período (FIGURA 9).

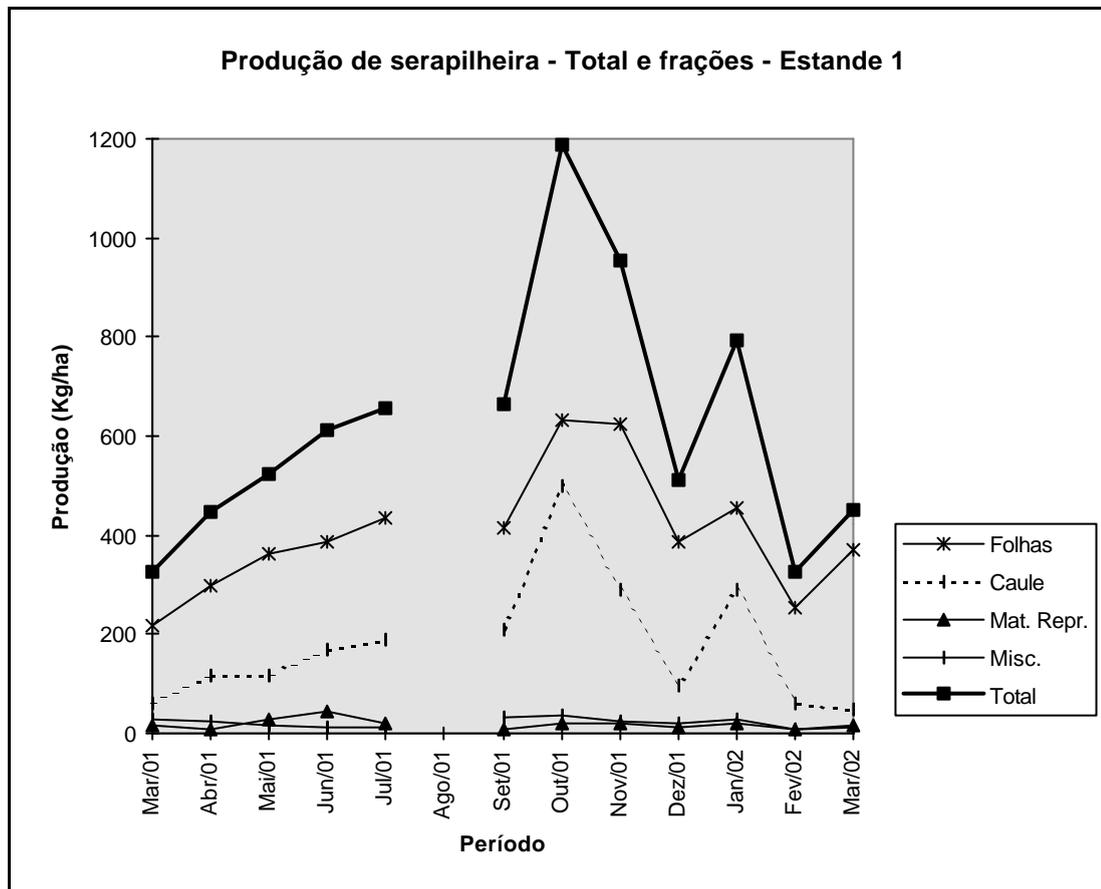


FIGURA 09 - Dinâmica da produção de serapilheira (Total e frações) do estande 1 (capoeirão) durante o período de estudo: Mat. Repr. = Material Reprodutivo, Misc. = Miscelânea.

Quanto ao estande 2, a produção da fração “folhas” apresentou um padrão de curva semelhante ao padrão da produção total de serapilheira na maior parte do período de estudo. A fração “caule” teve, na maior parte do período, um padrão de curva semelhante ao padrão de variação da produção total, diferindo-se apenas nos intervalos maio-junho e setembro-outubro. Já a fração “material reprodutivo” apresentou um padrão de curva bastante diferenciado do padrão das outras frações, principalmente, do da produção total. O mesmo ocorreu com a fração “miscelâneas”, que teve variações pouco significativas ao longo do período (FIGURA 10).

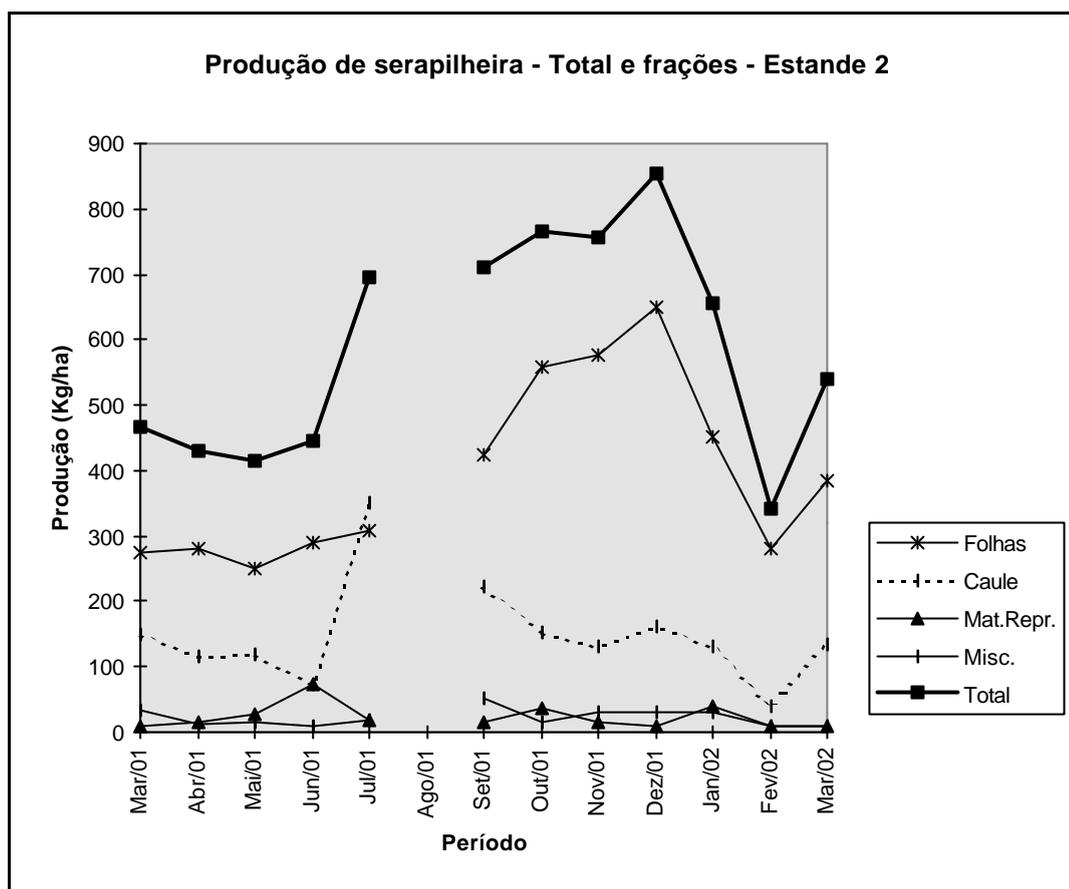


FIGURA 10 - Dinâmica da produção de serapilheira (Total e frações) do estande 2 (floresta primária) durante o período de estudo: Mat. Repr. = Material Reprodutivo, Misc. = Miscelânea.

O padrão anual de produção de serapilheira é bastante diversificado, desde a queda total do material em florestas decíduas típicas, até o fluxo contínuo de serapilheira da biomassa aérea vegetal para o solo, em florestas sempre-verdes. Todavia, as situações intermediárias são mais frequentes, sendo comuns os ecossistemas que apresentam produção o ano todo, com períodos de maior ou menor intensidade, relacionados à fatores ambientais e genéticos (DELITTI, 1984). A sazonalidade na produção de serapilheira, quando existe, é estabelecido, na maior parte dos estudos, pela fração foliar que contribui com maior proporção do material decíduo (MELLO, 1995).

Há uma complexa interação de fatores determinando a sazonalidade e a quantidade de folhas que cai do dossel ao longo do ano em diferentes tipos de florestas. A variação da produção de folheto é decorrente da interação diferenciada de vários fatores em diferentes situações (DURIGAN *et al.*, 1996).

As folhas são órgãos que respondem fisiologicamente aos fatores ambientais através da

abscisão (LARCHER, 1986). Os fatores que interferem na produção de folhas podem ser, entre outros, o regime hídrico do solo (DELITTI, 1984; 1995), a quantidade anual de pluviosidade, a disponibilidade de nutrientes no solo (SILVER, 1994) e a evapotranspiração (MEENTEMEYER *et al.*, 1982). MARTINS (1982) considerou, também, os fatores genéticos.

Existem vários estudos que buscaram encontrar razões para a sazonalidade ou para a falta dela em florestas tropicais. Segundo JACKSON (1978), a sazonalidade da produção de serapilheira reflete estratégias de resistência a fatores de tensões ambientais, associadas ao aproveitamento máximo dos recursos disponíveis. DELITTI (1984, 1995) considerou que o padrão de produção de serapilheira é influenciado, principalmente, pelo estresse hídrico, indicado pela ocorrência de picos de queda na estação seca. Para JANZEN (1980), a queda da folha também é uma reação à seca, porém, outros fatores podem favorecer estas respostas, tais como competição dentro e entre copas e prejuízos causados por herbívoros, vento ou queda de objetos.

Em ambientes onde a seca é bastante pronunciada, como nas florestas semidecíduas e amazônicas, a sazonalidade pode estar sendo influenciada pelo estresse hídrico. Em estudos efetuados em diversas áreas de floresta mesófila semidecidual do Estado de São Paulo (DINIZ, 1987; CESAR, 1988; PAGANO, 1989a; SCHLITTLER, 1990; MORELLATO, 1992; CESAR, 1993a; SCHLITTLER *et al.*, 1993c) foram observados picos máximos de produção de folheto nos meses de agosto e setembro, que corresponde a um período em que a pluviosidade é mais baixa e as temperaturas também são menores, com eventual ocorrência de geadas.

Várias investigações conduzidas na Amazônia, também constataram deposição de serapilheira mais alta no período seco (KLINGE & RODRIGUES, 1968; KLINGE, 1977; FRANKEN *et al.*, 1979; SILVA & LOBO, 1982; SILVA, 1984; LUIZÃO & SCHUBART, 1987; DANTAS & PHILLIPSON, 1989; SCOTT *et al.*, 1992).

Em outras formações florestais tropicais do planeta também foram registrados valores mais altos de produção de serapilheira no período de seca (NYE, 1961; HAINES & FOLSTER, 1977; KIRA, 1978; GONG & ONG, 1983; SONGWE *et al.*, 1988; SANCHEZ & ALVAREZ-SANCHEZ, 1995).

Contudo, na região da floresta ombrófila densa não existe deficiência hídrica e tampouco temperaturas extremas que possam induzir alterações conspícuas nos ritmos fenológicos (LEITÃO FILHO *et al.*, 1993). Nesta região, onde a estação seca não é bem definida, alta

deposição pode ser observada em período chuvoso (JACKSON, 1978, DOMINGOS *et al.*, 1990, LEITÃO FILHO *et al.*, 1993, BRITZ, 1994; MORAES *et al.*, 1999).

Valores mais altos de produção de serapilheira em estações chuvosas também foram registrados em outras florestas tropicais do planeta (EDWARDS, 1977; GOLLEY *et al.*, 1978; ENRIGHT, 1979; BRASELL *et al.*, 1980; PROCTOR *et al.*, 1983; HERBOHN & CONGDON, 1993)

O processo de deposição em florestas tropicais é muito variável. Normalmente, há uma maior deposição no final da estação seca e início da estação chuvosa, sendo que alguns autores encontraram um incremento na deposição no auge da estação chuvosa (MORAES *et al.*, 1999; PORTES, 2000). Por outro lado, outros trabalhos tem mostrado uma ausência de picos de produção em períodos mais chuvosos. HINKEL & PANITZ (1999), em mata atlântica secundária da Ilha de Santa Catarina, observaram uma ausência de picos de produção em períodos de maior pluviosidade. LOUZADA *et al.* (1995), em floresta atlântica do Estado do Rio de Janeiro, observaram que produção total de serapilheira ficou distribuída regularmente ao longo do ano, não apresentando sazonalidade marcada, embora tivessem verificado uma tendência de maior produção no período de chuvas menos intensas. MEGURO *et al.* (1979), em floresta mesófila secundária da cidade de São Paulo, também observaram ausência de uma marcada sazonalidade.

No presente estudo também não foram observadas coincidências de maior intensidade na produção de serapilheira, nas duas áreas amostradas (capoeirão e floresta primária), em períodos de maior pluviosidade, tampouco em períodos de menor pluviosidade (FIGURA 11).

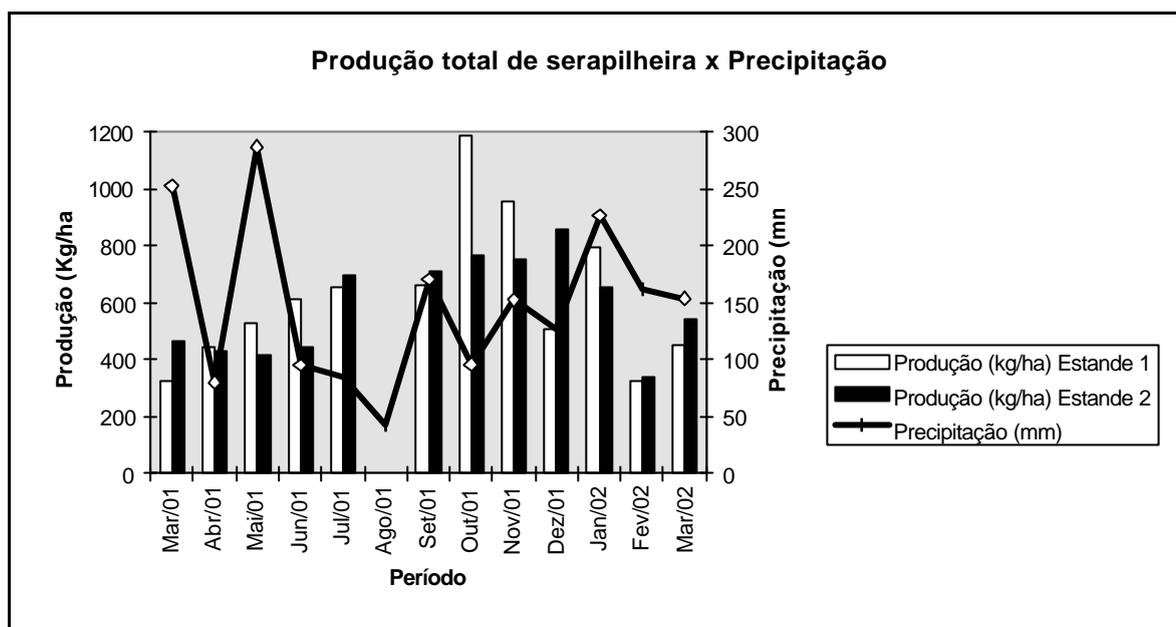


FIGURA 11 - Comparação da variação mensal de produção total de serapilheira (kg/ha) dos dois estandes com a variação mensal da precipitação (mm), durante o período de estudo.

VARJABEDIAN & PAGANO (1988), que também encontraram ausência de uma sazonalidade marcante, justificaram que isto pode ser decorrente da proximidade do oceano que torna difícil a delimitação de estações mais ou menos chuvosas, fator que se reflete na falta de correlação entre o regime pluviométrico e a produção mensal de folheto.

Para MEYER *et al.* (1970 *apud* PORTES, 2000), além da deficiência hídrica, outras alterações nas condições ambientais, tais como a redução da intensidade luminosa, baixas temperaturas e alterações fotoperiódicas, podem acelerar o processo de abscisão. Para ALVIM (1964 *apud* DURIGAN *et al.*, 1996), a redução de luz e temperatura faz com que as árvores derrubem as folhas no inverno. Baixas temperaturas e, possivelmente, baixas intensidades de luz, são tão ou mais importantes que a duração do dia na determinação da senescência e abscisão das folhas (WAREING & PHILLIPS, 1975 *apud* PORTES, *op. cit.*). Para DELITTI (1984; 1995), o aumento na quantidade de material transferido para o solo pode ser uma resposta a diferentes tensores, entre eles, os que definem os rigores do inverno (geada e congelamento).

Segundo PORTES (*op. cit.*), que estudou floresta ombrófila densa de altitude (mata nebulosa), apesar de acreditar que a abscisão dos órgãos vegetais está relacionada com a diminuição da intensidade de luz e com as baixas temperaturas, considera que a queda de partes das plantas acontece quando os dias tornam-se mais longos, as temperaturas mais elevadas e há maior

disponibilidade de água, sugerindo que a vegetação demora alguns meses para responder às mudanças ambientais.

No presente estudo, porém, verificou-se que nos meses de menor temperatura média (junho e julho), ou seja, mais frios, não houve valores mais altos de produção total de serapilheira. Por outro lado, nos meses em que a temperatura média foi maior (março/2001, janeiro/2002, fevereiro/2002 e março/2002), a produção apresentou valores mais baixos nos dois estandes (FIGURA 12).

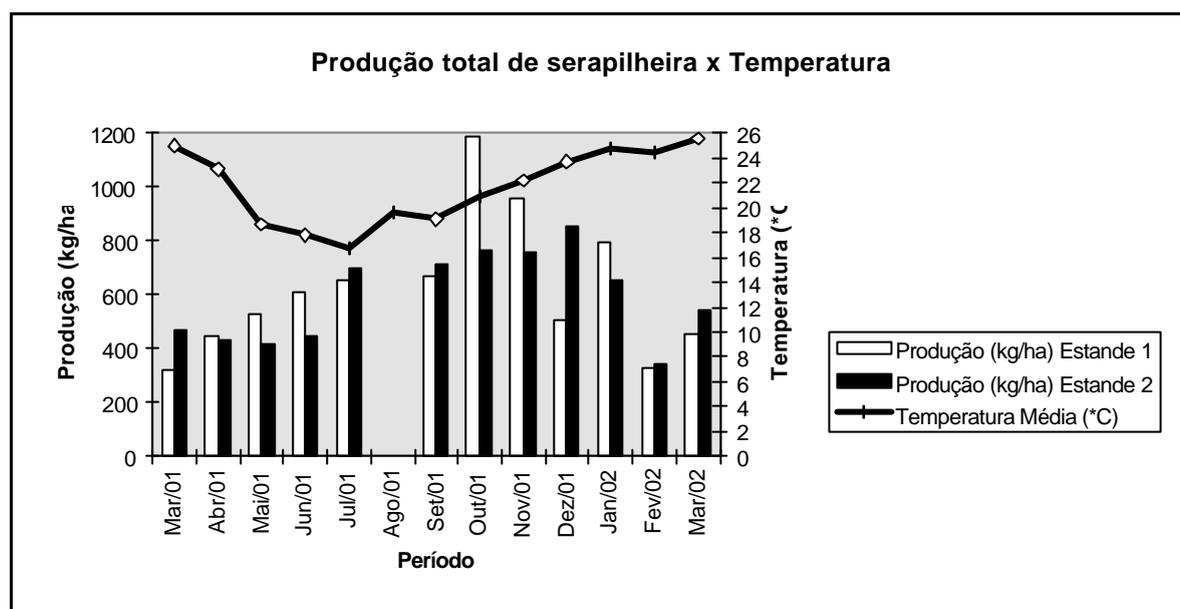


FIGURA 12 - Comparação da variação mensal de produção total de serapilheira (kg/ha) dos dois estandes com a variação mensal da temperatura média (°C), durante o período de estudo.

HINKEL & PANITZ (1999) também chegaram a resultados semelhantes ao estudarem a dinâmica de produção total de serapilheira de um trecho de floresta secundária atlântica, em uma área (encostas da Lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina, sul do Brasil) bem próxima a deste estudo. A produção não apresentou nenhuma relação com períodos de maior ou menor temperatura e, sim, no período de primavera (dezembro/1990, outubro/1991 e novembro/1991), com temperaturas em elevação. Estes autores atribuíram esta ausência de produções mais elevadas, tanto no inverno quanto no verão, à inexistência de temperaturas extremas na região de estudo, razão esta que também pode ser adequada ao presente estudo. Neste sentido, LEITÃO FILHO *et al.* (1993) salientaram que na região de mata atlântica de encosta não ocorrem temperaturas extremas que possam induzir alterações substanciais nos ritmos fenológicos.

Vários estudos associam picos de produção de serapilheira com a incidência de fortes ventos em várias regiões de floresta tropical do planeta, alguns dos quais estão associados à ocorrência de furacões e fortes tempestades (JOHN, 1973; BRASELL *et al.*, 1980; PROCTOR *et al.*, 1983; SPAIN, 1984, FACELLI & PICKETT, 1991; HERBOHN & CONGDON, 1993; SANCHEZ & ALVAREZ-SANCHEZ, 1995). VIBRANS & SEVEGNANI (2000) salientaram que, no sul do Brasil, os picos de produção de serapilheira observados podem ser devidos à ação de tempestades tropicais com fortes ventos e precipitação muito intensa, cuja ocorrência é típica no verão após um dia de forte calor. Segundo MEENTEMEYER *et al.* (1982), os ventos podem conduzir a erros de estimativa de queda de folhas, seja, em alguns casos, retirando as folhas antes que estas se depositam nos coletores, seja, por outro lado, aumentando a queda de folhas acima das médias.

No presente estudo, porém, não foi encontrada relação entre a incidência de ventos fortes (aqueles de maior velocidade máxima mensal) e elevações de produção total de serapilheira, já que ventos fortes aconteceram inclusive nos meses de ausência de elevação da produção de serapilheira (FIGURA 13). Os resultados dos cálculos de correlação de Pearson mostraram que a produção mensal (total e foliar) do estande 1 (TABELA 8) correlacionou-se, moderada e negativamente, com velocidades máximas absolutas de vento, sugerindo que, em alguns casos, produções elevadas de serapilheira ocorrem em meses com velocidades mais moderadas de vento, o que não faz sentido, quando estes resultados são confrontados com a literatura acima citada.

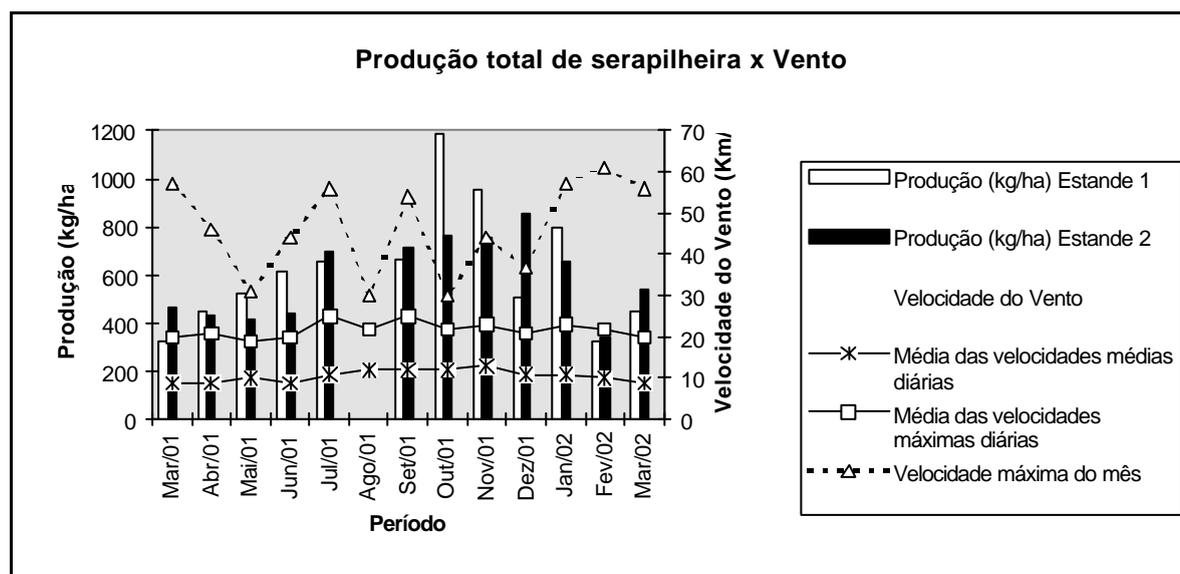


FIGURA 13 - Comparação da variação mensal de produção total de serapilheira (kg/ha) dos dois estandes com a variação mensal da velocidade do vento (km/h), durante o período de estudo.

Para MEENTEMEYER *et al.* (1982), a evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração real (ETR) são, entre os cinco fatores climáticos, os de maior interesse ecológico no estudo da produção de serapilheira. Segundo LARCHER (1986), as plantas tendem a restringir a transpiração para controlar sua economia interna de água, em situações de alta evapotranspiração potencial associado a limitação de água.

Contudo, na região de estudo, normalmente, não há problemas de escassez ou deficiência hídrica, tampouco não houve deficiência hídrica do solo no período de estudo (TABELAS 2 e 3). Além disso, nos períodos em que foram registrados valores elevados de evapotranspiração real e potencial (março e abril/2001; dezembro/2001 a março/2002) não houve valores altos de produção total de serapilheira, pelo contrário, nestes períodos foram observados os valores mais baixos de produção (FIGURA 14). Isto demonstra que as espécies vegetais da floresta ombrófila densa, independente do estágio de sucessão, não são afetadas pela evapotranspiração alta.

De fato, devido às características de floresta ombrófila densa, com copas densas e latifoliadas, evidenciam inexistência de adaptações (morfológicas e fenológicas) para a economia de água (HINKEL & PANITZ, 1999), como podem ser percebidas em outras formações tropicais, por exemplo, em florestas semidecíduais. Na verdade, a floresta atlântica é um sistema bastante sensível, com condições favoráveis para altos índices de fotossíntese, temperatura e umidade. Além disso, ocorre um ciclo de água bastante intenso que influencia não só o balanço hídrico das bacias hidrográficas, como também a ciclagem de nutrientes (LEITÃO FILHO *et al.*, 1993). Além disso, as espécies vegetais que ocorrem na floresta ombrófila densa, por ser uma formação de encosta litorânea, sob a influência da umidade vinda do mar, estão adaptadas a viverem em ambientes úmidos (ombrófilas), na ausência de estresses hídricos periódicos e, possivelmente, isto justifica a ausência de mecanismos adaptativos de controle, tais como a abscisão foliar.

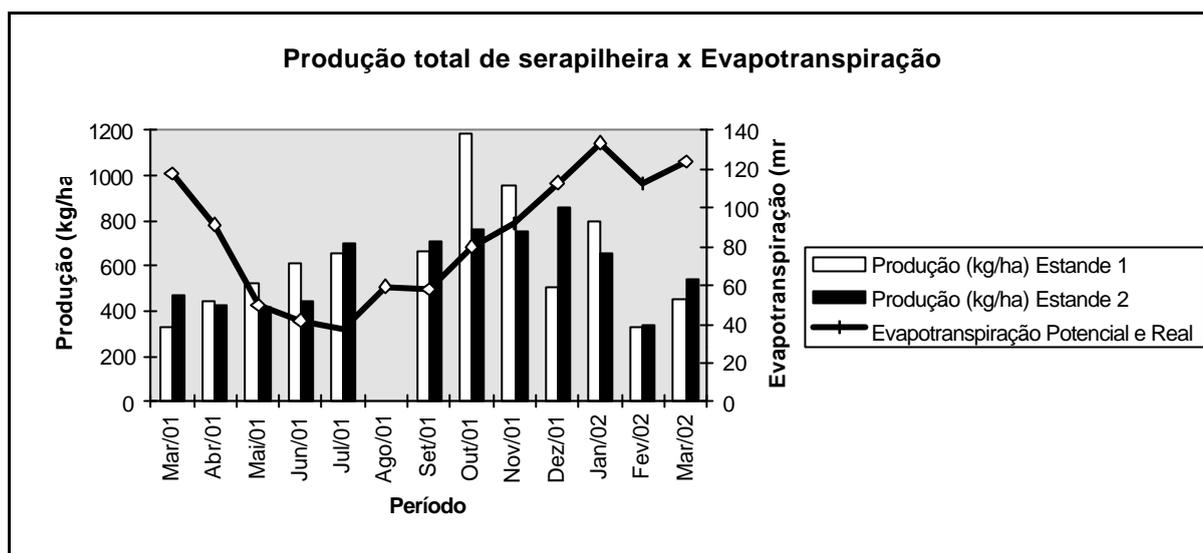


FIGURA 14 - Comparação da variação mensal de produção total de serapilheira (kg/ha) dos dois estandes com a variação mensal da evapotranspiração potencial e real (mm), durante o período de estudo.

Finalmente, os testes estatísticos revelam que a variação mensal da quantidade de serapilheira produzida (total, fração “folhas” e fração “caule”) não se correlacionou bem com a maioria dos parâmetros climáticos (temperatura média, precipitação, evapotranspiração e velocidade máxima mensal do vento). Por outro lado, a serapilheira total e a serapilheira foliar dos dois estandes, e somente a serapilheira fração “caule” do estande 1 (capoeirão), mostraram forte correlação positiva com a velocidade média do vento (TABELA 8). Este fato também pode ser constatado na FIGURA 13, onde percebeu-se que a produção de serapilheira, de ambos os estandes, é maior no período (julho/2001 a novembro/2001) em que a velocidade média mensal do vento apresenta sutil elevação.

A ausência de correlação significativa entre a produção de serapilheira e as variáveis climáticas (precipitação, vento, temperatura, evapotranspiração), de modo geral, também foi constatada por outros estudiosos (PAGANO, 1989a; DOMINGOS *et al.*, 1990; CESAR, 1993b; OLIVEIRA & LACERDA, 1993; MELLO, 1995; PORTES, 2000). Apesar disso, DOMINGOS *et al.* (*op. cit.*), trabalhando na Reserva de Paranapiacaba, localizada na Serra Geral do Estado de São Paulo, observaram na área menos afetada pela poluição, uma diferença bastante significativa entre as oscilações na queda de serapilheira e as oscilações no índice pluviométrico, sugerindo que a oscilação da primeira tende a acompanhar a oscilação da segunda. MELLO (*op. cit.*) percebeu que a produção quinzenal de serapilheira (total e suas frações - foliar e miscelânea), das duas florestas

estudadas (alta e baixa) teve a melhor correlação positiva ($r = 0,46$, $p < 0,01$) com a evaporação, sendo que as demais variáveis analisadas tiveram fraca ou ausente correlação com a produção. PORTES (*op. cit.*) verificou que as frações “flor” e “folha” apresentaram as melhores correlações com a temperatura média ($r = 0,48$ e $0,47$, respectivamente), mínima ($r = 0,47$ e $0,43$, respectivamente) e máxima ($r = 0,47$ e $0,48$) e com a precipitação ($r = 0,48$ e $0,34$, respectivamente). Os resultados desta última autora é justificável, uma vez que ela trabalhou em floresta de altitude (mata nebulosa) que sofre forte influência das condições térmicas.

TABELA 08 - Correlação de Pearson entre algumas variáveis. **Bióticas**: serapilheira total produzida (Produção Total); fração “folhas” da serapilheira produzida (Produção Folhas); fração “caule” da serapilheira produzida (Produção Caule); serapilheira acumulada (Serap. Acum.); **abióticas**: temperatura média mensal; precipitação; evapotranspiração potencial (ETP); velocidade máxima mensal do vento (Vento máximo); velocidade média mensal (Vento médio). Nível de significância de 5% ($p < 0,05$; $N = 12$).

	Produção Total		Produção Folhas		Produção Caule		Serap. Acum.	
	Est. 1	Est. 2	Est. 1	Est. 2	Est. 1	Est. 2	Est. 1	Est. 2
Temperatura	-0,301	-0,097	-0,282	0,227	-0,179	-0,479	0,247	-0,163
Precipitação	-0,262	-0,276	-0,297	-0,229	-0,264	-0,215	-0,104	-0,137
ETP	-0,207	0,022	-0,186	0,322	-0,089	-0,397	0,324	-0,0003
Vento máximo	-0,465	-0,271	-0,462	-0,380	-0,371	0,140	---	---
Vento médio	0,753	0,799	0,830	0,757	0,668	0,360	---	---
Serap. Acum. (Est. 1)	-0,120	---	---	---	---	---	---	---
Serap. Acum. (Est. 2)	---	0,385	---	---	---	---	---	---

Maior produção total na primavera, em floresta ombrófila densa, foi observada por vários autores (CITADINI-ZANETTE, 1995; CARDOSO & REIS, 1996; SANTOS, 1997; BOEGER *et al.*, 1999 *apud* VIBRANS & SEVEGNANI, 2000; HINKEL & PANITZ, 1999; MORAES *et al.*, 1999; PORTES, 2000; VIBRANS & SEVEGNANI, *op. cit.*). O mesmo está acontecendo no presente estudo, sendo mais evidente no capoeirão (FIGURA 15). O teste t revelou que a produção total no período de setembro a dezembro/2001, em relação ao restante do período de estudo, foi significativamente maior, para os dois estandes. A produção de serapilheira foliar, de ambas as comunidades, apresentou considerável elevação na primavera (FIGURA 16).

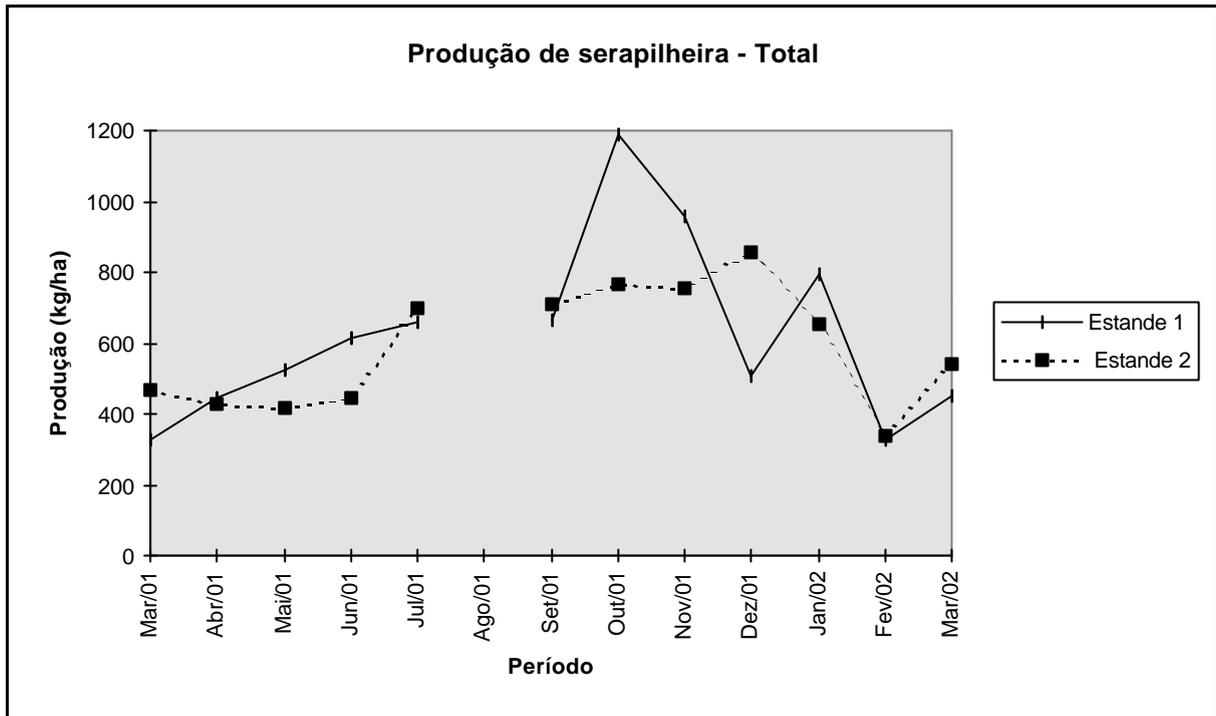


FIGURA 15 - Comparação da dinâmica da produção de serapilheira (TOTAL) entre o estande 1 (capoeirão) e o estande 2 (floresta primária), durante o período de estudo.

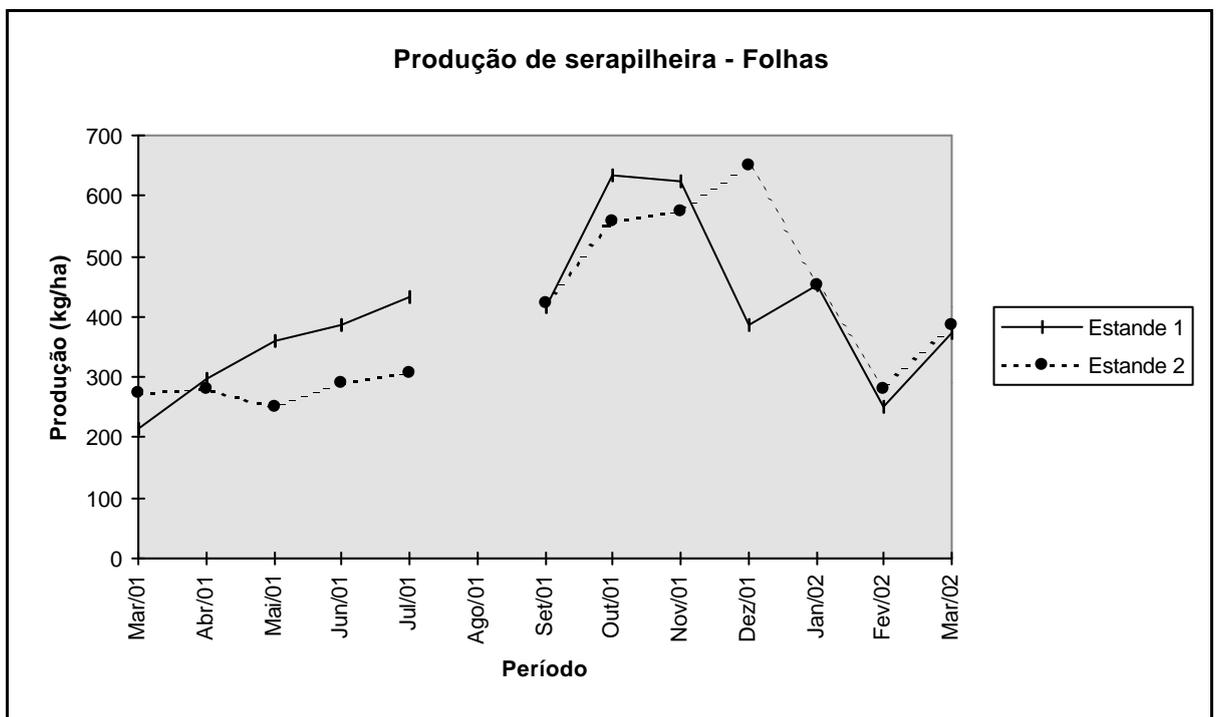


FIGURA 16 - Comparação da dinâmica da produção de serapilheira (FOLHAS) entre o estande 1 (capoeirão) e o estande 2 (floresta primária), durante o período de estudo.

A ocorrência de produções mais elevadas na primavera parece não ser exclusiva de floresta ombrófila densa de encosta atlântica. CUNHA *et al.* (1993) verificaram, em uma floresta estacional decidual de Santa Maria/RS, maiores deposições de serapilheira entre agosto e novembro, ou seja, no final do inverno e início da primavera. SANTOS (1989) constatou em uma floresta tropical subcaducifólia no noroeste do Paraná, que a produção mensal de serapilheira foi bem maior em períodos de menor pluviosidade (julho, agosto e setembro), com o maior pico de queda de folhas registrado em outubro. BRITZ *et al.* (1992), em uma floresta de araucária no Estado do Paraná, verificaram a maior produção de serapilheira no período entre agosto e novembro, com pico máximo no mês de outubro, e observaram que as espécies decíduais iniciaram a perda total de folhas no mês de agosto, estando desprovidas de folhas em setembro. Estes estudos nos estados do Rio Grande do Sul e Paraná tem em comum a maior produção de serapilheira total e foliar na primavera. DANTAS & PHILLIPSON (1989) em floresta amazônica do Estado do Pará observaram que, tanto a capoeira, quanto a floresta primária apresentaram picos de produção no período de agosto a dezembro, durante a estação seca, sendo que a sazonalidade foi mais marcante na capoeira.

Em alguns estudos efetuados em florestas mesófilas semidecíduais do interior do Estado de São Paulo foi observado fato semelhante. SCHLITTLER *et al.* (1993c) constataram, na Região do Pontal do Paranapanema, maior produção de serapilheira nos meses de julho, agosto, setembro e outubro, os quais são normalmente os meses mais secos do ano, sendo que o valor máximo foi em setembro, no final da estação seca. PAGANO (1989a), no município de Rio Claro, obteve maior produção de serapilheira nos meses de agosto a outubro, com pico em agosto, ou seja, no final do período normalmente seco e início do período chuvoso. Apesar disso, este autor não encontrou correlação direta com os fatores do clima, como pluviosidade, temperatura e período seco, e sugere a existência de uma estratégia utilizada para este tipo de ecossistema, que implica numa maior produção de serapilheira nestes meses, independente das variações climáticas de um determinado ano.

É possível que a ocorrência, na maioria das formações tropicais, de produções mais elevadas, geralmente, no período de setembro a dezembro, independentemente deste período ser mais chuvoso ou menos chuvoso, pode estar associada à renovação de folhas, tanto das espécies perenifólias quanto caducifólias, quando as condições ambientais passam a ser mais favoráveis, principalmente naquelas formações vegetais brasileiras que atravessam períodos de fortes restrições

(MELLO, 1995; VIBRANS & SEVEGNANI, 2000). É possível também que a produção mais elevada de serapilheira neste período (primavera e início de verão) seja uma estratégia adaptativa de sistemas tropicais para maximizar e otimizar a ciclagem de nutrientes, já que neste período os recursos estão mais disponíveis e há maior favorabilidade para a decomposição e mobilização dos nutrientes da serapilheira, uma espécie de “sincronismo sistêmico” entre a comunidade vegetal e a comunidade detritívora/decompositora, característica esta que pode ter sido adquirida ao longo da evolução destes sistemas. Deste modo, as espécies vegetais tenderiam a renovar suas estruturas biológicas, principalmente folhas, na época do ano em que as melhores condições abióticas (luz, calor, umidade) favorecem não somente a microbiota do solo e a mesofauna detritívora, pois teriam nutrientes em maior abundância, mas, principalmente, a comunidade vegetal que teria uma garantia maior de retomar os nutrientes no prazo mais curto possível em função da decomposição. Este sincronismo poderia representar uma estratégia coletiva de manter a ciclagem interna de nutrientes mais fechada no sistema, evitando-se a perda de matéria e energia para outros ambientes.

A variação temporal da produção de serapilheira pode ser distinta para distintas comunidades vegetais ao longo de uma sucessão ecológica. De acordo com estudos realizados por DANTAS & PHILLIPSON (1989), a queda de serapilheira em capoeira apresentou uma sazonalidade mais evidente do que em floresta primária. EWEL (1976) obteve resultados semelhantes. LOUZADA *et al.* (1995) também observaram uma sazonalidade mais evidente em capoeira do que em floresta secundária. VIBRANS & SEVEGNANI (2000) constataram que a produção total de serapilheira nas duas áreas estudadas (floresta secundária e floresta primária) segue o mesmo padrão sazonal. Por outro lado, LEITÃO FILHO *et al.* (1993) não observaram diferenças quanto ao padrão de sazonalidade entre a floresta secundária madura e a floresta secundária mais jovem, já que ambas apresentaram maior produção de folhas no mês de dezembro e menor produção no mês de março.

No que concerne a produção de serapilheira foliar (FIGURA 16), no presente estudo foi verificado uma sazonalidade marcante e evidente na primavera em ambas as áreas amostradas (capoeirão e floresta primária), sendo que para a floresta primária o período, de valores mais altos de produção, foi maior. Entretanto, quando considera-se a produção total de serapilheira (FIGURA 15), as duas áreas não apresentaram semelhanças no padrão de sazonalidade, já que valores mais altos de produção da floresta primária (estande 2) se estendeu de julho a dezembro/2001, enquanto os valores mais altos de produção do capoeirão se restringiu apenas a outubro e novembro/2001.

Finalmente, é oportuno ressaltar SANCHEZ & ALVAREZ-SANCHEZ (1995), segundo os quais, a existência de vários modelos de deposição de serapilheira entre as espécies vegetais faz sugerir que a queda de folhas é, provavelmente, controlado por mais de um fator ambiental, sendo que estes fatores se mostram diferentes para diferentes espécies.

Quanto à fração “caule”, a produção mensal dos dois estandes apresentou modelos de variação, ao longo do período, bastante distintos. A produção desta fração do estande 1 foi significativamente superior a do estande 2 nos meses de outubro/2001, novembro/2001 e janeiro/2002. O estande 2 apresentou produção significativamente superior nos meses de março/2001, julho/2001 e março/2002 (FIGURA 17). É importante destacar que no mês de junho/2001, esta fração contribuiu sobremaneira para a elevação da produção total da serapilheira no estande 2 (FIGURA 10). Esta tendência do capoeirão apresentar aumentos mais expressivos de fração “caule” reflete a dinâmica e a intensidade com que ocorre o desenvolvimento em biomassa madeirável nesta comunidade, o seu intenso ciclo de destruição e formação de estruturas vegetais, sendo que as lianas, bastante presentes nestas formações, assumem expressiva contribuição neste processo.

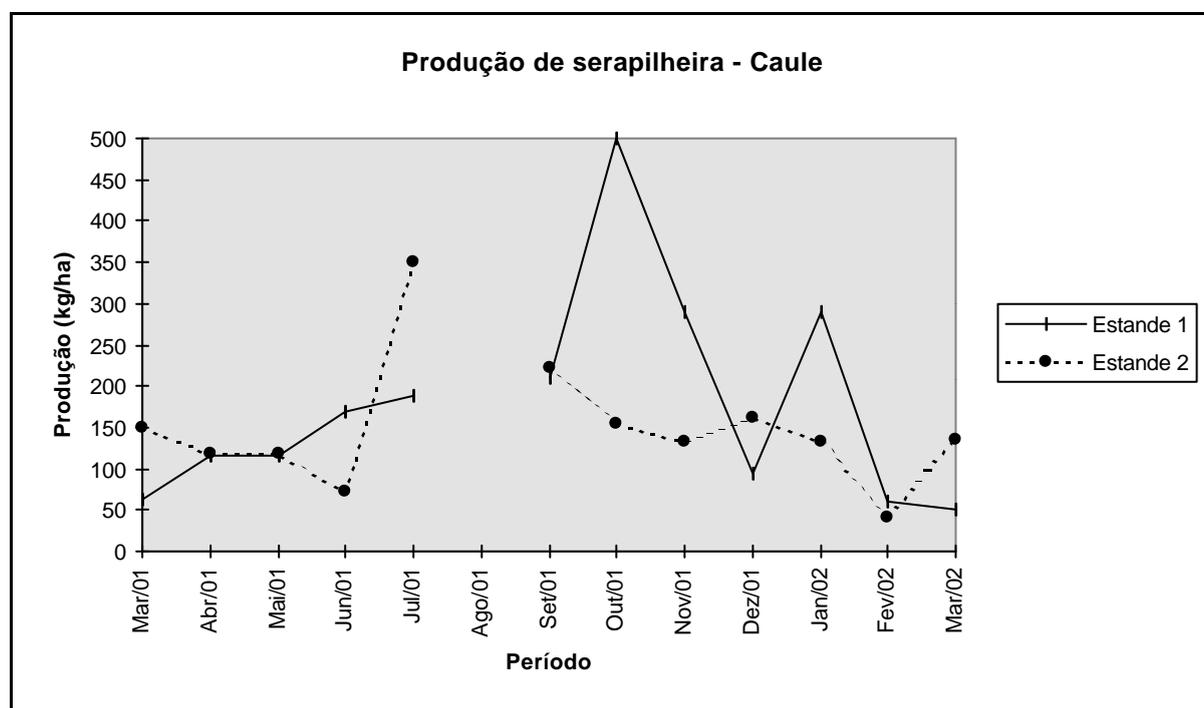


FIGURA 17 - Comparação da dinâmica da produção de serapilheira (CAULE) entre o estande 1 (capoeirão) e o estande 2 (floresta primária), durante o período de estudo.

Os padrões de curva dos estandes 1 e 2 foram distintos ao longo do período de estudo para produção da fração “material reprodutivo”. A produção desta fração no estande 1 foi superior a do estande 2 nos meses de março/2001, maio/2001, novembro/2001 e março/2002. O estande 2 teve produção mensal bastante superior a do estande 1 nos meses de junho/2001, outubro/2001 e janeiro/2002 (FIGURA 18). Parece haver uma tendência de maiores picos, independentemente do estágio sucessional, em meses mais quentes, quando os recursos estão mais disponíveis. Apesar disto, picos em ambos os estandes são percebidos em diferentes épocas do ano, como reflexos das diferentes fenofases reprodutivas (floração, frutificação e deiscência) das diversas espécies vegetais que compõem uma floresta tropical, podendo representar a maximização/otimização dos recursos bióticos (polinizadores, dispersores, nutrientes) e abióticos (temperatura, luz, entre outros) ou a fuga da competição por estes recursos.

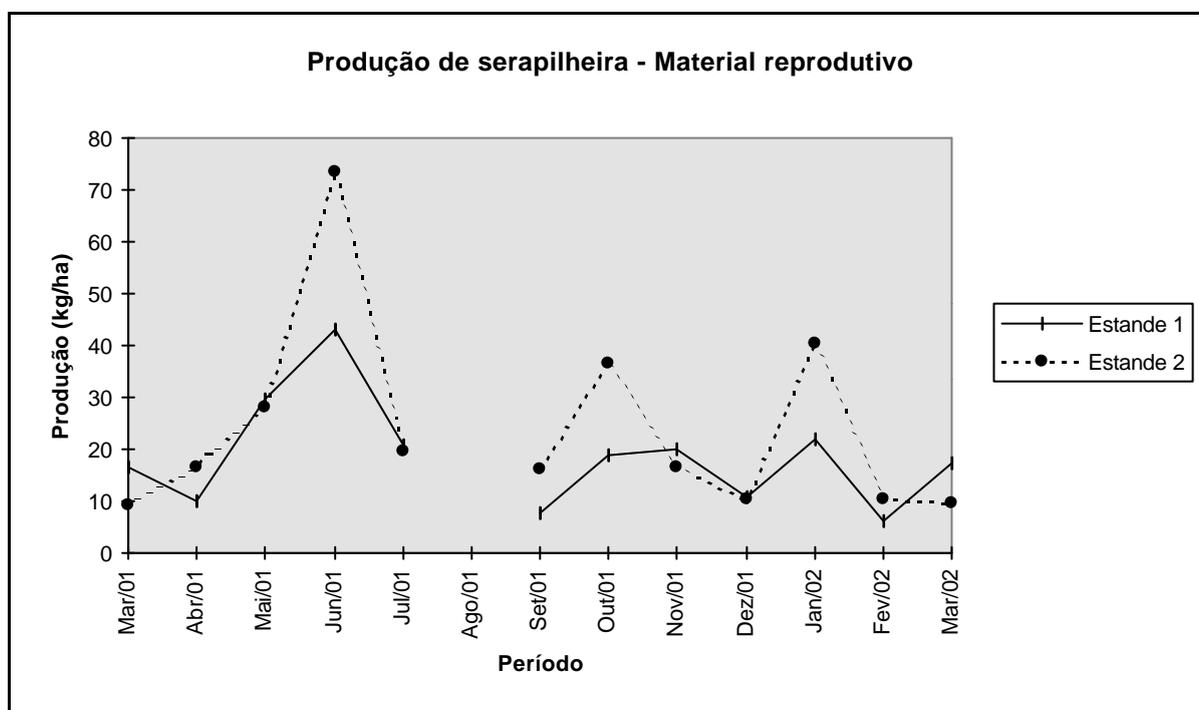


FIGURA 18 - Comparação da dinâmica da produção de serapilheira (MATERIAL REPRODUTIVO) entre o estande 1 (capoeirão) e o estande 2 (floresta primária), durante o período de estudo.

Os padrões de curva da produção da fração “miscelâneas” dos dois estandes mostraram-se bastante distintos. A produção desta fração no estande 1 foi superior a do estande 2 nos meses de abril, maio, junho, outubro/2001 e março/2002. Os maiores valores no estande 1 ocorreram nos meses de março/2001, setembro/2001, outubro/2001 e janeiro/2002, com valores que variaram de 29,81 a 35,61 kg/ha. Já o estande 2 apresentou maiores valores de produção, que

variaram de 31,00 a 51,07 kg/ha, nos meses de março/2001, setembro/2001, novembro/2001, dezembro/2001 e janeiro/2002 (FIGURA 19). É difícil encontrar razões ou buscar justificativas para explicar a dinâmica desta fração que, como se sabe, é uma coleção de elementos não identificados com várias origens, biológicas ou não. Atribuir algum padrão fenológico, discutir sazonalidades ou correlacionar com alguma variável ambiental para esta fração, pode ser devaneio ou mera divagação.

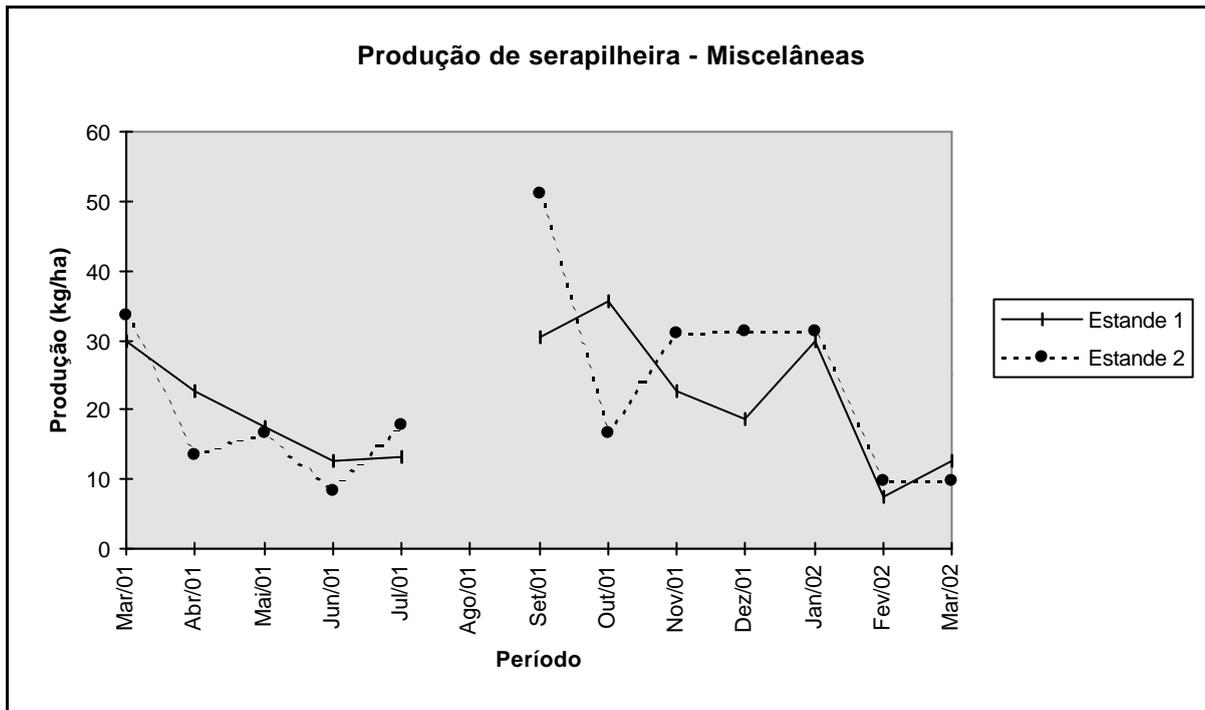


FIGURA 19 - Comparação da dinâmica da produção de serapilheira (MISCELÂNEAS) entre o estande 1 (capoeirão) e o estande 2 (floresta primária), durante o período de estudo.

5.3. Serapilheira acumulada

5.3.1. Variação espacial da quantidade média anual de serapilheira

Existem poucos estudos publicados que abordam a quantificação da serapilheira acumulada sobre o solo (SAMPAIO *et al.*, 1993); dos dados que existem na literatura sobre o assunto, torna-se uma tarefa difícil compará-los devido a algumas razões. Primeiro, que a quantidade de serapilheira proveniente da biomassa aérea da vegetação não explica muito a variação da acumulação da serapilheira sobre o solo em todas as regiões climáticas do planeta. Fatores climáticos parecem influenciar mais a produção de serapilheira aérea do que as taxas de decomposição e, por conseguinte, a sua acumulação, especialmente, em florestas latifoliadas. Portanto, fatores climáticos parecem não ter nenhuma correlação com acumulação de matéria orgânica no solo, através de uma larga variedade de tipos de florestas. Se o maior caminho da circulação do carbono e dos nutrientes na floresta ocorre através da serapilheira, então, uma melhor correlação poderia ter sido esperada (VOGT *et al.*, 1986).

A outra razão pela qual a comparação de resultados torna-se pouco eficaz é a variedade de definições para serapilheira acumulada encontrada na literatura sobre o assunto, o que gera muitas controvérsias, de acordo com SAMPAIO *et al.* (1993). Estes autores colocaram que, em florestas de coníferas, a serapilheira depositada sobre o solo é dividida em três camadas distintas: camada superior (de acículas não-decompostas), camada média (de acículas em decomposição) e camada inferior (de húmus), porém, esta divisão não é comum em florestas tropicais. Apesar disso, alguns autores, trabalhando em florestas tropicais, tem procurado diferenciar no compartimento da serapilheira total acumulada, a camada de serapilheira restrita (também chamada de “Horizonte O” ou serapilheira de superfície), de camada de serapilheira ampla (também chamada de camada radicular). Outros autores, porém, procuraram distinguir a camada de serapilheira fina (ou camada L) de camada de húmus (ou horizonte A₀).

SAMPAIO *et al.* (*op. cit.*) deram uma noção de como pode variar a quantidade acumulada de serapilheira, dependendo de uma definição exata do que se deseja quantificar neste compartimento. Eles procuraram estimar a serapilheira total acumulada sobre o solo de uma área florestada de Recife/PE, separando-a em três partes, isto é, camada superior (camada L - com a maioria do material não decomposto e ainda identificável), camada mediana (ou camada F - com material decomposto e, principalmente, grandes fragmentos de folha) e camada inferior (camada H -

material orgânico decomposto, não identificável e raízes). Constataram que a média de 3 anos para as camadas superior, mediana e inferior de serapilheira acumulada, foi de 5,6, 7,6 e 26,1 t/ha/ano, respectivamente. No presente estudo, procurou-se coletar o material da camada L, e obteve-se valores próximos do valor (5,6 t/ha/ano) alcançado por SAMPAIO *et al.* (*op. cit.*) para a mesma camada.

A variação de acumulação de serapilheira no solo entre as diversas áreas estudadas em florestas sempre-verdes é maior que em florestas decíduas. Para florestas tropicais latifoliadas sempre-verdes, por exemplo, a quantidade de serapilheira acumulada sobre o solo pode variar entre as áreas de 3200 kg/ha até 54000 kg/ha (VOGT *et al.*, 1986).

Para a maioria das florestas tropicais úmidas, a acumulação de serapilheira é geralmente abaixo de 10 Mg.ha⁻¹ (10000 kg/ha/ano), de acordo com as revisões de UNESCO (1978), GOLLEY *et al.* (1978) e BROWN & LUGO (1982). Entretanto, eles, provavelmente, se referiram somente ao equivalente a camada superior (SAMPAIO *et al.*, *op. cit.*).

Os valores de serapilheira acumulada dos estandes 1 e 2 obtidos no presente estudo (TABELA 9) estão de acordo com aqueles estipulados na literatura de revisão (GOLLEY *et al.*, 1978; UNESCO, 1978; BROWN & LUGO, 1982; VOGT *et al.*, 1986). Por outro lado, estes foram um dos mais baixos, quando comparados a outros valores registrados de floresta ombrófila densa, sendo próximos, apenas, dos resultados alcançados por OLIVEIRA *et al.* (1994), tanto na área de 25 anos quanto na de 150 anos, por SAMPAIO *et al.* (1993) e por SANTOS (1997), porém, foram superiores aos resultados de LEITÃO FILHO *et al.* (1993), nas três áreas amostradas por estes autores, e CUSTÓDIO FILHO (1994). Em relação aos resultados apresentados nas demais formações brasileiras de floresta tropical, os valores do presente estudo foram uns dos mais inferiores, superando, apenas, os valores alcançados por SCOTT *et al.* (1992), nas florestas perenifólias (4,6 t/ha/ano) e semidecíduais (3,1 t/ha/ano) da Ilha de Maracá, em Roraima (TABELA 10).

TABELA 09 - Valores mensais (em kg/ha) de serapilheira acumulada obtidos nos estandes 1 (capoeirão) e 2 (floresta primária) no período de estudo.

Coletas	Estande 1	Estande 2
Mar/01	5185,50 ± 1101,89	4386,10 ± 1411,19
Abr/01	3604,10 ± 1027,29	5044,40 ± 2273,14
Mai/01	3262,20 ± 636,12	5419,10 ± 1775,48
Jun/01	5364,20 ± 485,22	6442,50 ± 2065,48
Jul/01	3917,80 ± 420,12	5036,90 ± 1957,59
Ago/01	dados perdidos	dados perdidos
Set/01	5463,70 ± 1344,41	5752,40 ± 1546,88
Out/01	5956,70 ± 2210,87	6305,70 ± 2497,86
Nov/01	9287,40 ± 2066,87	8615,80 ± 3433,93
Dez/01	6125,10 ± 2384,27	5852,50 ± 909,57
Jan/02	5457,20 ± 2695,40	6499,30 ± 3428,89
Fev/02	5390,10 ± 1238,25	4890,20 ± 1059,51
Mar/02	5141,60 ± 1408,94	4770,10 ± 1531,82
Média	5346,30 ± 1538,21	5751,25 ± 1138,13

TABELA 10 - Quadro comparativo dos valores (em t/ha) de serapilheira acumulada (SAc.) em diversas formações de floresta tropical do Brasil.

Localidade	SAc.	Referência
Floresta Estacional Semidecidual		
São Paulo - SP	8,7	Gorresio-Roizman <i>et al</i> , 1992
Anhembi - SP	8,6	Cesar, 1988; 1993b
Araras - SP	8,2	Diniz, 1987
Teodoro Sampaio - SP	7,4	Schlittler, 1990
São Paulo - SP	6,6	Meguro <i>et al</i> , 1979
Rio Claro - SP	5,7	Pagano, 1985; 1989
Serra do Japi - Jundiá - SP - altitude 1170 m	5,5	Morellato, 1992
Serra do Japi - Jundiá - SP - altitude 870 m	5,5	Morellato, 1992
Floresta Amazônica		
Pará	9,1	Uhl <i>et al</i> . 1988 <i>apud</i> Scott <i>et al</i> , 1992
Manaus	7,2	Klinge, 1973 <i>apud</i> Scott <i>et al</i> , 1992
Ilha de Maracá - RR - terra firme - floresta perenifolia	4,6	Scott <i>et al</i> , 1992
Ilha de Maracá - RR - terra firme - floresta semidecidual	3,1	Scott <i>et al</i> , 1992 <i>apud</i> Scott <i>et al</i> , 1992
Floresta Ombrófila Densa		
Mogi-Guaçu - SP - mata ciliar	11,3	Delitti, 1984
Guarujá - SP - Ilha de Santo Amaro	10,9	Varjabedian & Pagano, 1988
Orleans - SC	6,1	Santos, 1997; Santos <i>et al</i> , 1998
Recife - PE	5,6	Sampaio <i>et al</i> , 1993
Ilha Grande - RJ - área com 3 anos de abandono agrícola	5,2	Oliveira <i>et al</i> , 1994
Ilha Grande - RJ - área com 150 anos de abandono agrícola	5,0	Oliveira <i>et al</i> , 1994
Cubatão - SP - estádio mais maduro, sem poluição (Área 2)	4,1	Leitão Filho <i>et al</i> , 1993
Cubatão - SP - estádio inicial, com poluição (Área 1)	3,9	Leitão Filho <i>et al</i> , 1993
Cubatão - SP - estádio médio, com poluição (Área 3)	5,8	Leitão Filho <i>et al</i> , 1993
Salesópolis - SP - Estação Biológica da Boracéia	3,1	Custódio Filho, 1994
Florianópolis - SC - P. M. Lagoa do Peri - floresta primária	5,3	Este estudo
Florianópolis - SC - P. M. Lagoa do Peri - capoeirão	5,7	Este estudo
Outras formações		
Floresta Decidual - Santa Maria - RS	6,7	Cunha <i>et al</i> . 1993
Floresta Decidual - Brotas - SP	4,1 e 5,1	Pagano, 1996

A alta variabilidade na quantidade média de serapilheira acumulada no solo florestal dentro de uma mesma zona climática, deve-se aos vários fatores, entre eles o estágio sucessional, o tipo de vegetação, a sazonalidade climática e a periodicidade da vegetação (FACELLI & PICKETT, 1991; LEITÃO FILHO *et al.*, 1993).

OLSON (1963) e EWEL (1976) explicaram que há uma rápida acumulação de serapilheira durante a sucessão até o ecossistema alcançar o estado de equilíbrio. A serapilheira acumula sobre o solo até a quantidade de deposição de serapilheira se igualar a quantidade de decomposição de serapilheira, após a qual a quantidade de serapilheira acumulada sobre a superfície do solo oscila em torno de um valor médio considerado como estado de equilíbrio. Outros trabalhos (FACELLI & PICKETT, 1991; LEITÃO FILHO *et al.*, 1993; CUSTÓDIO FILHO, 1994) também procuraram estampar este princípio.

FACELLI & PICKETT (*op. cit.*) surpreenderam-se com a escassez de dados sobre padrões de acumulação de serapilheira ao longo da sucessão, o que impede de fazer generalizações a respeito do assunto. Por outro lado, citaram vários estudos que observaram um acréscimo de serapilheira ao longo de muitos anos; entretanto, estes estudos não abordam o aspecto sucessional, já que nas comunidades estudadas não houve mudanças na composição das espécies vegetais. OLIVEIRA *et al.* (1994), que acompanharam a evolução das estruturas de ciclagem em cinco estádios sucessionais na Reserva Biológica da Praia do Sul, com 3, 10, 25, 50 e 150 anos após o abandono de áreas de cultivo de subsistência praticadas pela população caiçara, na Ilha Grande/RJ, não encontraram significativa diferença na serapilheira estocada sobre o solo, já que a serapilheira acumulada na área com 150 anos foi de 5163 kg/ha contra 5041 kg/ha na área com 3 anos de abandono agrícola. Apesar disso, não houve relação entre a idade do terreno e a quantidade de serapilheira estocada ao longo dos cinco estádios sucessionais.

A tendência de se encontrar maior quantidade de serapilheira acumulada em florestas sucessionais do que em florestas climáticas, se houver, parece não se confirmar no presente estudo. O capoeirão teve quantidade de serapilheira acumulada ligeiramente menor que o estande de floresta primária, porém, o teste t revela que esta diferença não é significativa ao nível de 0,05 ($p = 0,47123$; $t = 0,73311$; $n = 12$). É possível que a explicação para esta pequena diferença de acúmulo de serapilheira nas duas comunidades resida nas diferenças de topografia e declividade entre as duas áreas. A área do capoeirão está situada em uma encosta com acentuada declividade, entre 20,1 a 45%, enquanto que a área da floresta primária encontra-se numa declividade suave,

abaixo de 8%, segundo classificação fornecida por PEREIRA (2001). Provavelmente, esta diferença de declividade entre os estandes pode ter contribuído para acentuar o acúmulo maior de serapilheira no solo da floresta primária, já que a força de gravidade e ação do escoamento da chuva, mesmo que pequena, tendem a arrastar o material mais facilmente para tocas, grotões, pedras afloradas e outras saliências encontradas no piso florestal.

Esta variabilidade espacial no acúmulo da serapilheira como consequência da inclinação do terreno e do efeito da gravidade também foi percebida por CUNHA *et al.* (1993). Estes autores acrescentaram ainda a distribuição aleatória das espécies vegetais, que implica variação da produção de serapilheira, a pedregosidade, as depressões microtopográficas, troncos caídos e rochas superficiais, que contribuem para que a serapilheira acumule preferencialmente em determinados locais. De fato, pequenos detalhes na topografia de cada estande, embora não inventariados no presente trabalho, podem ter contribuído para os resultados alcançados.

Além das variações na topografia, as variações nas condições de luz dos microsítios (SAMPAIO *et al.*, 1993; CINTRA, 1997) e a participação de clareiras (MARTINS & RODRIGUES, 1999) podem ser percebidas dentro de um mesmo estande, resultando em uma heterogeneidade espacial da serapilheira acumulada que conduz a erros de amostragem bastante elevados. Isto pode justificar os elevados desvios padrões encontrados nos dois estandes deste estudo, em relação às médias amostrais, em grande parte do período (TABELA 9). Para diminuir os erros amostrais, levando-se em consideração, as diferenças de microsítios, seria necessário aumentar o número de amostras de serapilheira acumulada por unidade de coleta.

O acúmulo de serapilheira no solo também pode ser afetada por poluentes atmosféricos. Isto é bastante compreensível, já que o acúmulo está diretamente relacionado com a atividade decompositora dos microorganismos. Ao ser afetada em seu processo metabólico, a microbiota decompositora diminui sua atividade, ocasionando a redução do coeficiente de decomposição e, portanto, há maior acúmulo de serapilheira sobre o solo (LEITÃO FILHO *et al.*, 1993).

Estudos mais específicos devem ser direcionados para a busca de correlações entre a produção e acúmulo de serapilheira e a poluição atmosférica na região da Ilha de Santa Catarina e que, desta forma, possam contribuir para uma análise mais profunda das interferências dos poluentes

na sustentabilidade ecológica das florestas da região, tal qual fizeram DOMINGOS *et al.* (1990) e LEITÃO FILHO *et al.* (*op. cit.*), ambos na região de Cubatão/SP.

Entre todos, as taxas de decomposição são os fatores mais importantes que regulam a quantidade de serapilheira sobre o solo, sendo que as diferenças nestas taxas, por sua vez, estão em função da variação na qualidade da serapilheira e as diferentes disponibilidades de nutrientes presentes na serapilheira em decomposição (VOGT *et al.*, 1986; FACELLI & PICKETT, 1991). Além disso, estudos de revisão apontam que a acumulação de serapilheira é pequena quando comparada com a deposição anual de serapilheira (GOLLEY *et al.*, 1978, BROWN & LUGO, 1982; SALAS, 1987 *apud* SAMPAIO *et al.*, 1993) e isto depende, evidentemente, da taxa de decomposição de serapilheira, sendo esta controlada por fatores bióticos e abióticos (FACELLI & PICKETT, *op. cit.*).

As diferenças nas taxas instantâneas de decomposição (K-rel) entre o capoeirão (1,39) e a floresta primária (1,23) do presente estudo, que são aquelas resultantes da relação “Produção/Acúmulo”, sugerem diferenças de velocidade de decomposição do material depositado sobre o solo destes dois estandes. Assim, o fato da quantidade de serapilheira acumulada da floresta primária ter sido ligeiramente superior a do capoeirão pode ter sido consequência destas supostas diferenças de velocidade. Como a produção total anual de serapilheira do capoeirão foi superior a da floresta primária, e considerando-se que a quantidade de serapilheira acumulada sobre o solo deste estande em março de 2002 foi, aproximadamente, a mesma que a de março de 2001 (TABELA 9), enquanto que o mesmo não ocorreu com a floresta primária, é possível sugerir que a quantidade anual de serapilheira decomposta no capoeirão tenha sido superior à quantidade decomposta na floresta primária. Neste contexto, o acúmulo maior de serapilheira no solo da floresta primária pode ser resultado de uma menor atividade decompositora neste estande em relação ao capoeirão.

Por outro lado, as taxas de decomposição foliar pelo método de confinamento em bolsas (K-bag) apresentadas nas duas áreas, parecem não corroborar com isto. Esta taxa foi de 0,89 para o capoeirão e de 1,05 para a floresta primária, o que sugere que a comunidade microbiológica da floresta primária tem maior atividade decompositora do que a do capoeirão (TABELA 15). As razões que podem ter levado a esta divergência nas taxas sob diferentes métodos serão tratadas no capítulo “Decomposição”.

Contudo, é válido ressaltar que o experimento foi realizado em apenas 1 ano, necessitando, obviamente, de três ou mais anos, já que a floresta primária, uma vez que se encontra em estado de equilíbrio, apresenta flutuações na quantidade acumulada de um ano para outro. SAMPAIO *et al.* (1988, 1993), em uma floresta climácica do município de Recife, Pernambuco, constaram uma flutuação de 0,91 t/ha/ano em torno de uma média de 5,6 na camada superior da serapilheira acumulada, ao longo de três anos de observação.

5.3.2. Variação temporal da quantidade média anual de serapilheira acumulada

A variabilidade temporal da serapilheira acumulada da floresta reflete a variação da produção de serapilheira e as diferentes taxas de decomposição ao longo do ano (OLSON, 1963; FACELLI & PICKETT, 1991; CESAR, 1993; SAMPAIO *et al.*, 1993).

Este padrão parece confirmar-se também no presente trabalho, principalmente com o capoeirão. Um padrão de variação de acúmulo de serapilheira em relação à produção de serapilheira foi mantido nos dois estandes em boa parte do período de estudo, com uma certa distinção entre eles. No capoeirão, a dinâmica de acúmulo de serapilheira refletiu, no mês subsequente, o padrão de produção de serapilheira. Na floresta primária, a dinâmica de acúmulo de serapilheira nem sempre refletiu o seu padrão de produção, pois, houve uma tendência geral de aumentar o acúmulo de serapilheira, apesar de ter diminuído ou mantido a sua produção no mês anterior (FIGURA 20). Isto sugere que os processos de decomposição no capoeirão foram mais intensos do que na floresta primária, já que sua serapilheira foi decomposta rapidamente, evitando que se acumule mais serapilheira em função de sua produção elevada.

SAMPAIO *et al.* (1993) concluíram que a camada superior da serapilheira acumulada, com sua pouca biomassa e alta taxa de renovação, é ligeiramente afetada pelas alterações temporais da produção de serapilheira. A desfolhação repentina ou permanente de um trecho da floresta poderia provocar aumento da incidência direta da luz e, portanto, alterações no microclima da serapilheira acumulada (umidade e temperatura), e isto poderia aumentar as taxas metabólicas dos decompositores, acelerando o desaparecimento da camada superior da serapilheira acumulada. Assim, é possível que a floresta do estande 1 (capoeirão), por ter dossel menos desenvolvimento, sem estratificação, seja, em determinado período do ano, mais susceptível ao aumento da incidência luminosa pela desfolhação das árvores.

CESAR (1993), citando MEGURO *et al.* (1979) e PAGANO (1989), colocou que variações sazonais no acúmulo de serapilheira resultam da sazonalidade climática ou da periodicidade da vegetação. Por outro lado, CUNHA *et al.* (1993) não detectaram sazonalidade na variação mensal na quantidade de serapilheira acumulada.

No presente estudo, houve uma nítida tendência de maiores valores de acúmulo de serapilheira nos meses de setembro/2001 a janeiro/2002, coincidindo com os meses em que os valores de produção também foram altos, confirmando a idéia já discutida de que o padrão de acumulação reflete o padrão de produção.

A intensidade da decomposição da serapilheira pode ser afetada pela temperatura, de modo que temperaturas decrescentes podem diminuir a velocidade de decomposição (EDWARDS, 1977; DELITTI, 1995) e, por conseguinte, favorecer a acumulação de serapilheira no solo (UNESCO, 1978; HAAG *et al.*, 1985).

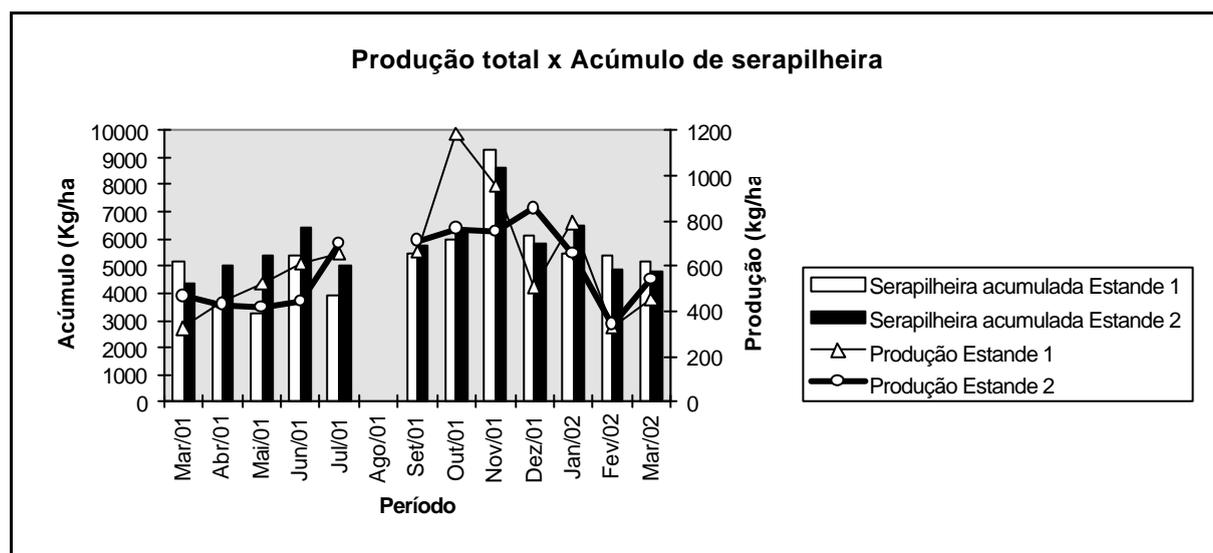


FIGURA 20 - Comparação dos valores mensais de serapilheira acumulada obtidos nos estandes 1 e 2 com os valores mensais de serapilheira total produzida, durante o período de estudo.

Esta relação de maior acúmulo de serapilheira em períodos mais frios parece ser visível na floresta primária do presente estudo, já que, neste período (junho e julho/2001), foi verificado um maior acúmulo de serapilheira. Em sentido oposto, o capoeirão apresentou quantidade acumulada de serapilheira menor, apesar de produções mais elevadas no mesmo período (FIGURA 20). É possível que as condições do capoeirão (menor sombreamento no interior da floresta, menor

estratificação e dossel menor) possam proporcionar maior incidência de luz solar no solo florestal e, por conseguinte, favorecer maior intensidade dos processos de decomposição neste estande.

Por outro lado, o regime térmico da região do presente estudo não apresentou temperaturas muito rigorosas no inverno; pelo contrário, no período de estudo, o inverno foi um pouco mais quente que o normal (TABELAS 1 e 2). Em outras regiões, bem mais ao sul e em altitudes acima de 400 m, as temperaturas no inverno são bem mais rigorosas, com ocorrência de geadas e até de neve, condições que poderiam conduzir à queda da atividade decompositora e, por conseguinte, das taxas de decomposição.

As maiores variações mensais também podem ser decorrentes da distribuição das espécies vegetais no ecossistema, da retenção da serapilheira por raízes tabulares e da queda de árvores senescentes ou mortas em função de fortes chuvas e ventos (VARJABEDIAN & PAGANO, 1988). A sazonalidade da acumulação de serapilheira modifica-se com o estágio sucessional da área. Porém, eventos climáticos, tais como tempestades e ventos, podem produzir bastante variação no acúmulo de serapilheira, dependendo da condição fenológica da comunidade e da composição da comunidade (FACELLI & PICKETT, 1991). É possível que fortes tempestades e ventos ocorridos, principalmente, no verão, tenha contribuído, de algum modo, para derrubar mais folhas e galhos numa floresta e, assim, aumentar o acúmulo de serapilheira em um determinado momento, em ambos os estandes deste estudo. Entretanto, neste estudo não foi encontrada clara relação entre períodos de maior acúmulo de serapilheira com períodos de chuva mais intensa, tampouco de ventos mais fortes (TABELA 1, FIGURA 20). Torna-se, assim, necessário um trabalho especialmente voltado para a finalidade de se compreender melhor estas relações.

Por fim, foi verificado, no presente estudo, que houve fraca correlação entre as variáveis climáticas (temperatura, precipitação e evapotranspiração potencial e real) e as variações mensais de serapilheira acumulada (TABELA 8).

É válido, contudo, destacar as recomendações de FACELLI & PICKETT (*op. cit.*), os quais colocaram que é necessário um conhecimento mais detalhado de todos os processos determinantes da acumulação da serapilheira que poderiam conduzir ao desenvolvimento de modelos em escala menor de tempo e espaço, em busca de previsões mais acuradas da quantidade acumulada de serapilheira em um ponto específico do espaço e tempo. Portanto, variáveis de um

modelo global são previsores inadequados para determinar a quantidade de serapilheira acumulada em escala menor, criticou WEST (1985 *apud* FACELLI & PICKETT, *op. cit.*).

5.4. Nutrientes na serapilheira produzida: concentração, fluxo e eficiência de consumo

5.4.1. Concentração de nutrientes

5.4.1.1. Nitrogênio

Os nutrientes de um ecossistema florestal encontram-se distribuídos em quatro compartimentos básicos: compartimento orgânico (organismo vivos e seus restos), compartimentos de nutrientes disponíveis (na solução do solo ou absorvidos às superfícies do complexo argila-humus), compartimento de solo e rochas (nutrientes temporariamente não disponíveis) e compartimento atmosférico (gases e partículas em suspensão) (BORMANN & LIKENS, 1970). O processo de ciclagem de nutrientes é comum a todos os ecossistemas, porém as quantidades dos elementos estocados nos diferentes compartimentos e os fluxos são particulares a cada ecossistema (DELITTI, 1995).

Em geral, nitrogênio, fósforo e cálcio são elementos que retornam ao solo primariamente pela queda de serapilheira e não são muito lixiviados no dossel. Potássio circula bastante pela precipitação de chuva entre as copas e magnésio é intermediário e, um pouco variável ao longo dos locais (VITOUSEK, 1982; SILVER, 1994).

As florestas tropicais caracterizam-se por ter concentração média de nitrogênio na serapilheira total produzida entre 1,27 e 1,39%, evidentemente, bem mais alta do que florestas temperadas frias (0,83-1,12%), florestas boreais (0,99%) e florestas temperadas quentes (0,31-0,85%). (VOGT *et al.*, 1986).

As concentrações médias de nitrogênio obtidas na serapilheira (frações “folhas” e “caule”) do capoeirão e da floresta primária do presente estudo (1,28 e 1,27%, respectivamente) estão próximas do limite inferior dos valores desta revisão para floresta tropical; porém, são inferiores a maioria dos trabalhos aqui apresentados e somente próximos da concentração obtida por DANTAS & PHILLIPSON (1989) em floresta primária da Amazônia (1,33%) (TABELAS 11 e 12).

Entretanto, analisando-se apenas as concentrações de cada fração, percebe-se claramente que a superioridade de concentração média na fração “folhas” em relação a fração “caule” apresentada neste estudo, nos dois estandes, corroborou com outros estudos, independente do tipo de formação florestal (SILVA, 1984; CUNHA *et al.*, 1993; CUSTÓDIO FILHO, 1994; DRUMOND *et al.*, 1997; VIBRANS, 1999), que também apresentaram concentração de nitrogênio maior nas folhas do que no caule. MELLO (1995), que compilou dados extraídos de vários trabalhos em floresta brasileira, concluiu que as florestas da região sul e sudeste apresentam em media maiores concentrações de nitrogênio (2,08%) na fração foliar da serapilheira produzida do que as florestas amazônicas (1,53%) e alto-montanas (0,98%). As concentrações de nitrogênio nesta fração, nos dois estandes, tem valores bem abaixo desta média para florestas da região e um pouco acima da média para a região amazônica. Na revisão do presente trabalho, porém, os resultados aqui apresentados estão próximos dos obtidos por EWEL (1976), em floresta do leste de Guatemala, por KLINGE (1977), SILVA (1984) e LUIZÃO (1989), estes três em floresta amazônica, por CUSTÓDIO FILHO (1994) e VIBRANS (1999), ambos em floresta ombrófila densa (TABELAS 11 e 12).

TABELA 11 - Concentração (%) de Nitrogênio, de Fósforo, de Potássio e de Carbono presente na fração “folhas” (Produção Folhas) e na fração “caule” (Produção Caule) da serapilheira produzida: Est. 1 = Estande 1 (capoeirão); Est. 2 = Estande 2 (floresta primária).

	Nitrogênio		Fósforo		Potássio		Carbono	
	Est. 1	Est. 2	Est. 1	Est. 2	Est. 1	Est. 2	Est. 1	Est. 2
Produção Folhas								
Outono	1,80	1,74	0,05	0,04	0,57	0,45	---	---
Inverno	1,66	1,63	0,06	0,04	0,54	0,45	---	---
Primavera	1,74	1,63	0,05	0,05	0,36	0,27	---	---
Verão	1,93	1,64	0,06	0,04	0,51	0,30	---	---
Média	1,78	1,66	0,06	0,04	0,50	0,37	37,13	37,26
Produção Caule								
Outono	0,75	0,96	0,03	0,01	0,34	0,27	---	---
Inverno	0,79	1,01	0,02	0,03	0,13	0,19	---	---
Primavera	0,69	0,77	0,03	0,02	0,08	0,06	---	---
Verão	0,94	0,78	0,03	0,03	0,19	0,16	---	---
Média	0,79	0,88	0,03	0,02	0,19	0,17	36,64	36,59
Média Geral	1,28	1,27	0,04	0,03	0,35	0,27	36,88	36,92

TABELA 12 - Concentração (%) de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) de várias áreas de floresta tropical do Brasil e do Mundo.

Localidade	N	P	K	Referência
Brasil				
Floresta Semidecídua				
Rio Claro - SP	2,09 - 2,57 ^I	0,07 - 0,09 ^I	0,31 - 0,89 ^I	Pagano (1989b)
Fênix - PR	2,38 ^{II}	0,09 ^{II}	---	Santos (1989)
São Paulo - SP - floresta secundária	2,20 ^{II}	0,11 ^{II}	---	Meguroet al (1979)
Araras - SP	2,49 ^{II}	0,09 ^{II}	---	Diniz (1987)
Anhembi - SP	2,01 - 2,60 ^I	0,06 - 0,09 ^I	0,32 - 0,75 ^I	Cesar (1988); Cesar (1993a)
Mogi-Guaçu - SP - mata ciliar	1,61 ^{II}	0,07 ^{II}	---	Delitti (1984)
Parobé - RS - mata alta	1,59 ^I	0,04 ^I	---	Mello (1995); Mello & Porto (1997)
Parobé - RS - mata baixa	1,95 ^I	0,04 ^I	---	Mello (1995); Mello & Porto (1997)
Floresta Ombrófila Densa				
Salesópolis - SP - Estação Biológica da Boracéia	1,64 - 1,83 ^{II}	0,05 - 0,06 ^{II}	0,27 - 0,24 ^{II}	Custódio Filho (1994)
Idem	0,33 - 1,39 ^{III}	0,03 - 0,04 ^{III}	0,18 ^{III}	Idem
Paranapiacaba - SP - área menos afetada pela poluição	1,92 - 2,45 ^I	0,07 - 0,10 ^I	0,18 - 0,41 ^I	Domingoet al.(1990)
Paranapiacaba - SP - área mais afetada pela poluição	2,33 - 2,71 ^I	0,08 - 0,15 ^I	0,21 - 0,46 ^I	Domingoet al.(1990)
Cubatão - SP - estádio mais maduro - sem poluição (Área 2)	2,27 ^{II}	0,05 ^{II}	0,26 ^{II}	Leitão Filhøet al (1993)
Idem	1,99 ^{III}	0,04 ^{III}	0,18 ^{III}	Idem
Cubatão - SP - estádio inicial - com poluição (Área 1)	2,23 ^{II}	0,04 ^{II}	0,25 ^{II}	Leitão Filhøet al (1993)
Idem	1,90 ^{III}	0,04 ^{III}	0,29 ^{III}	Idem
Cubatão - SP - estádio médio - com poluição (Área 3)	2,62 ^{II}	0,12 ^{II}	0,30 ^{II}	Leitão Filhøet al (1993)
Idem	1,88 ^{III}	0,10 ^{III}	0,17 ^{III}	Idem
Blumenau - SC (Salto Weissbach e Parque São Francisco)	1,74 ^{II}	0,14 ^{II}	0,21 ^{II}	Vibrans (1999)
Idem	0,98 ^{III}	0,11 ^{III}	0,32 ^{III}	Idem
Cananéia - SP - formação montana	1,40 ^I	0,05 ^I	0,13 ^I	Rebeloet al (1994)
Floresta Amazônica				
Capitão Poco - PA - terra firme - floresta primária	1,33 ^I	0,04 ^I	0,33 ^I	Dantas & Phillipson (1989)
Capitão Poco - PA - terra firme - floresta secundária	1,49 ^I	0,08 ^I	0,72 ^I	Dantas & Phillipson (1989)
Manaus - AM - área inundável	1,50 ^{II}	0,03 ^{II}	0,48 ^{II}	Adiset al (1979) apudMello (1995)
Ilha de Maracá - Roraima	1,26 ^{II}	0,05 ^{II}	0,74 ^{II}	Scottet al (1992) apudMello (1995)

TABELA 12 - Continuação.

Localidade	N	P	K	Referência
Manaus - AM - igapó	1,30 ^{II}	0,03 ^{II}	0,35 ^{II}	Frankenet <i>al.</i> (1979) <i>apud</i> Mello (1995)
Manaus - AM - terra firme	---	0,03 ^{II}	0,20 ^{II}	Klinge & Rodrigues (1968) <i>apud</i> Mello (1995)
Manaus - AM - terra firme - platô	1,80 ^{II}	0,02 ^{II}	0,38 ^{II}	Luizão (1989) <i>apud</i> Mello (1995)
Manaus - AM - terra firme - vale	1,40 ^{II}	0,03 ^{II}	0,77 ^{II}	Luizão (1989) <i>apud</i> Mello (1995)
Mocambo - Belém - PA - terra firme	1,70 ^{II}	0,04 ^{II}	0,31 ^{II}	Klinge (1977) <i>apud</i> Mello (1995)
Tucuruí - PA - terra firme (3 transectos)	1,70 - 2,35 ^{II}	0,04 - 0,05 ^{II}	0,33 - 0,43 ^{II}	Silva (1984)
Idem	1,50 - 1,73 ^{III}	0,03 - 0,04 ^{III}	0,28 - 0,34 ^{III}	Idem
Outras florestas tropicais do Brasil				
Floresta Ombrófila Mista - São Mateus do Sul - PR	1,55 ^{II}	0,10 ^{II}	---	Britez <i>et al.</i> (1992)
Floresta Decidual - Santa Maria - RS	2,90 ^{II}	0,15 ^{II}	0,58 ^{II}	Cunha <i>et al</i> (1993)
Idem	1,82 ^{III}	0,10 ^{III}	0,35 ^{III}	Idem
Mundo				
Leste de Guatemala - regeneração de 1 ano	1,61 ^I	0,07 ^I	0,23 ^I	Ewel (1976)
Leste de Guatemala - regeneração de 3 anos	1,68 ^I	0,06 ^I	0,29 ^I	Ewel (1976)
Leste de Guatemala - regeneração de 4 anos	1,69 ^I	0,07 ^I	0,19 ^I	Ewel (1976)
Leste de Guatemala - regeneração de 5 anos	1,36 ^I	0,05 ^I	0,18 ^I	Ewel (1976)
Leste de Guatemala - regeneração de 6 anos	1,77 ^I	0,07 ^I	0,25 ^I	Ewel (1976)
Leste de Guatemala - regeneração de 9 anos	1,80 ^I	0,06 ^I	0,15 ^I	Ewel (1976)
Leste de Guatemala - regeneração de 14 anos	1,45 ^I	0,07 ^I	0,24 ^I	Ewel (1976)
Leste de Guatemala - floresta madura	1,88 ^I	0,06 ^I	0,22 ^I	Ewel (1976)
Borneu	1,38 ^{II}	0,04 ^{II}	0,48 ⁱⁱ	Burghout <i>et al</i> (1998)
Floresta Ombrófila Densa (Florianópolis - SC) - floresta primária	1,27	0,03	0,27	Este estudo
	1,66^{II}	0,04^{II}	0,37^{II}	
	0,88^{III}	0,02^{III}	0,17^{III}	
Floresta Ombrófila Densa (Florianópolis - SC) - capoeirão	1,28	0,04	0,35	Este estudo
	1,78^{II}	0,06^{II}	0,50^{II}	
	0,79^{III}	0,03^{III}	0,19^{III}	

^I teor do nutriente na serapilheira total (mistura e homogeneização das frações) ou valor médio das frações.

^{II} somente da fração folhas

^{III} somente da fração ramos

O capoeirão apresentou maior concentração de nitrogênio na fração folhas do que a floresta primária (TABELA 11). Estudos realizados em formações florestais diferentes e em estádios sucessionais diferentes observaram uma tendência de florestas em fase de sucessão apresentarem maior conteúdo de nitrogênio na serapilheira foliar em relação às florestas climácicas. DANTAS & PHILLIPSON (1989) também constataram isto em floresta amazônica. GALVÃO *et al.* (1989/1991), que avaliaram os teores de nitrogênio, a relação C/N e as taxas de decomposição foliar de 18 espécies vegetais de fases sucessionais distintas de floresta estacional decidual; também verificaram que espécies da capoeira apresentaram teores iniciais de nitrogênio mais elevados do que as folhas das árvores de floresta secundária. Por outro lado, em EWEL (1976) não foi observada correlação entre concentração de nitrogênio na serapilheira total e a idade, tampouco aumento da concentração com a idade da vegetação, embora esta concentração na floresta madura tenha sido ligeiramente maior em relação aos estádios de regeneração (TABELA 12).

Parece que as diferenças na composição florística entre os estádios sucessionais não é o único fator que conduz a estes resultados. Do ponto de vista estrutural de uma floresta, o fenômeno parece também existir. MELLO (1995) observou também que a mata baixa de uma floresta semidecidual, em Parobé/RS, apresentou maior concentração deste elemento do que a mata alta. Este autor atribuiu isto, citando PRIMAVESI (1987), ao “efeito de diluição”, que é a diminuição da concentração de nitrogênio nas plantas com intenso crescimento. Se a concentração de nitrogênio das folhas, possivelmente, varia com a altura do dossel de uma floresta, talvez isto ajude a compreender a relação entre produção de serapilheira e altura do dossel no esplêndido trabalho de MELLO (*op. cit.*). Este autor, baseando-se em SAENGER & SNEDAKER (1993), não atribuiu uma relação causal entre a produção de serapilheira e a altura das copas, já que esta última é apenas um índice de desenvolvimento estrutural, porém, concordou com a sugestão de que uma forte relação se deve a possibilidade de ambas estarem influenciadas por fatores em comum que afetam a produção orgânica. É possível que o conteúdo de nitrogênio presente na serapilheira seja um destes fatores, podendo refletir tanto na produção de serapilheira quanto na estrutura arbórea de uma comunidade. Assim, comunidades em desenvolvimento produzem serapilheira quantitativamente mais rica em nitrogênio e qualitativamente melhor, possibilitando com isto maiores taxas de decomposição e ciclagem mais rápida de nutrientes.

5.4.1.2. Fósforo

Quanto ao fósforo, VOGT *et al.* (1986) revisaram que florestas tropicais apresentam concentrações médias na serapilheira produzida que variam de 0,05 a 0,11%. Em média, os valores obtidos nos dois estandes (floresta primária = 0,03% e capoeirão = 0,04%) foram um pouco abaixo do limite inferior apresentado nesta revisão. Estes valores também estão bem abaixo dos resultados obtidos (0,07 a 0,10%) pela maioria dos trabalhos aqui revisados quanto a serapilheira total. Apenas em MELLO (1995), nas duas áreas da floresta semidecidual gaúcha, e em DANTAS & PHILLIPSON (1989), na mata primária da Amazônia, encontraram-se valores próximos quanto a concentração de fósforo em serapilheira total (TABELA 12). A variação de folhas e galhos na composição da serapilheira total, que são as frações que apresentam as maiores concentrações de fósforo (DRUMOND *et al.*, 1997), pode explicar a variação do conteúdo deste elemento na serapilheira total verificada na literatura.

Analisando-se as frações, individualmente, pôde-se observar que a fração “folhas” apresentou, novamente, maiores concentrações de fósforo do que a fração “caule” (TABELA 11), fato este também observado em outros trabalhos, independente do tipo de formação florestal (SILVA, 1984; CUNHA *et al.*, 1993; CUSTÓDIO FILHO, 1994). Isto também encontra sustentação em VITOUSEK (1982), segundo o qual o conteúdo de nutrientes nos troncos são geralmente baixos (0,1 - 0,5% de nitrogênio; 0,01 - 0,05% de fósforo). Também DRUMOND *et al.* (1997) colocaram que folhas e galhos apresentam as maiores concentração de nutrientes, enquanto o lenho, as mais baixas. Compilando-se os dados provenientes de vários estudos realizados em diversas formações florestais tropicais do Brasil e do Mundo, conclui-se que a concentração de fósforo presente na serapilheira foliar pode variar de 0,02% (LUIZÃO, 1989 *apud* MELLO, 1995) a 0,15% (CUNHA *et al.*, 1993), sendo mais comuns as concentrações entre 0,03 e 0,09% (TABELA 12) e, portanto, o conteúdo deste elemento presente na fração foliar dos dois estandes deste estudo está de acordo com os valores encontrados na literatura.

Em relação à sucessão, os dados obtidos aqui em confronto com os de outros autores (DANTAS & PHILLIPSON, 1989) parecem sugerir que florestas secundárias apresentam, visivelmente, maior concentração de fósforo do que estandes com vegetação primária. Por outro lado, os resultados de EWEL (1976) parecem confrontar com esta proposta (TABELA 12).

As diferenças de concentrações de fósforo e de nitrogênio verificadas em diversos estudos em florestas tropicais, se deve aos vários fatores, entre eles, às diferenças metodológicas, à composição das espécies presentes no ecossistema amostrado, à idade das espécies dominantes da comunidade, o estágio sucessional, a fertilidade do solo, ao clima e à época de amostragem.

A capacidade com que as espécies vegetais tem de reter ou de reciclar os nutrientes também é outro fator preponderante, como pode ser constatada em DRUMOND *et al.* (*op. cit.*). As baixas concentrações de fósforo e nitrogênio nas folhas podem estar associadas à capacidade que algumas espécies vegetais tem de retranslocar estes nutrientes para os galhos antes da abscisão como uma medida de contenção de nutrientes (EDWARDS, 1982; SCOTT *et al.*, 1992). MEDINA (1984), segundo SCOTT *et al.* (*op. cit.*), revisou dados de retranslocação de nitrogênio e fósforo de cinco florestas tropicais e concluiu que 50% do nitrogênio e 60% do fósforo são retranslocados antes da queda da serapilheira. Isto tem implicações importantíssimas na compreensão das diferenças de conteúdo de N e P na serapilheira, assim como dos aspectos em geral da ciclagem de nutrientes, entre as comunidades em sucessão e aquelas em clímax. Segundo BROWN & LUGO (1990), árvores jovens tendem a acumular nutrientes em suas biomassas em contrastes com árvores velhas, que tendem a reutilizá-los e, portanto, florestas secundárias acumulam pequena quantidade de nutrientes no compartimento da serapilheira, razão pela qual lançam grande quantidade de serapilheira para o solo. Segundo ainda estes autores, isto pode ser explicado pelo fato que há um acúmulo muito rápido de nutrientes estocados na biomassa muito cedo no desenvolvimento sucessional. No decorrer da sucessão até a maturidade da floresta, as concentrações de nutrientes na biomassa são diluídas pelo aumento da biomassa não-funcional que possui baixa concentração de nutrientes.

5.4.1.3. Potássio

Em relação ao potássio, são escassos os estudos de revisão que abordam este elemento. Por ser um elemento altamente lixiável pela ação da chuva, a intensidade da coleta (semanal, quinzenal ou mensal), o regime pluviométrico de uma região e a disposição e a abertura de malha dos coletores podem conduzir à diferentes resultados quanto a sua concentração na serapilheira coletada. Enfim, deve-se evitar o acúmulo de água nos coletores, uma vez que esta pode acelerar o processo de decomposição do material, como asseveraram MOORE & CHAPMAN

(1986 *apud* LOUZADA *et al.*, 1995). Isto justifica as diferenças de concentração de potássio constatadas na presente revisão (TABELA 12), com valores que variam de 0,13% (REBELO *et al.*, 1994) a 0,89% (PAGANO, 1989b) na serapilheira total, o que demonstra que os valores médios de concentração de potássio na serapilheira total do presente estudo (TABELA 11) estão em posição intermediária (0,35%) para o capoeirão, ou um pouco inferiores (0,27%) para a floresta primária. Quanto à concentração na serapilheira foliar, os valores de potássio apresentados nos dois estandes (floresta primária = 0,37%; capoeirão = 0,50%) estão também em posição intermediária dentro da amplitude de valores da presente revisão, que vai de 0,20% (KLINGE & RODRIGUES, 1968) a 0,77% (LUIZÃO, 1989).

Quando o enfoque é sucessão, mais uma vez florestas em desenvolvimento parecem ter maior concentração de potássio na serapilheira foliar do que florestas maduras; relação esta observada no presente experimento e também em DANTAS & PHILLIPSON (1989), embora em EWEL (1976) tal fenômeno parece não se repetir (TABELA 12). É possível que a mesma explicação que foi dada para nitrogênio e fósforo, talvez sirva também para potássio, ou seja, o efeito de diluição dos nutrientes ao longo da sucessão.

5.4.1.4. Variação temporal da concentração de nitrogênio, fósforo e potássio

A fração “folhas” da serapilheira do capoeirão apresentou uma notável variação de concentração de nitrogênio entre as estações, sendo esta maior no verão e menor no inverno. Na floresta primária não houve variações significativas de concentração deste elemento, embora foi observado maior valor no outono. Quanto à concentração de fósforo nesta fração, as variações entre as estações foram pouco notáveis em ambos os estandes. Quanto à concentração do potássio, o capoeirão não apresentou variações importantes entre as estações, exceto na primavera. A floresta primária, porém, mostrou variações entre as estações com maior concentração no outono e inverno e menor na primavera (TABELA 11).

A fração “caule” do capoeirão variações notáveis de concentração de nitrogênio entre as estações, sendo esta maior no verão e menor na primavera. Estas variações também foram perceptíveis na floresta primária, com maiores valores no outono e inverno e maiores valores na primavera e verão. Quanto ao fósforo, as variações foram muito pequenas nesta fração em ambos os estandes, exceto no outono quando a concentração deste elemento foi muito baixa apenas na

floresta primária. Por outro lado, o potássio, em ambos os estandes, foram encontradas variações de concentração ainda mais conspícuas, com maior concentração no outono e menor na primavera (TABELA 11).

CUNHA *et al.* (1993), que compararam as concentrações de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) na fração folhas e na serapilheira de modo geral, constataram que o conteúdo de nitrogênio e fósforo nas folhas mostraram pouca variação ao longo do ano, exceto o potássio, com suas concentrações variando bastante durante o ano. Estes autores observaram que as menores concentrações de potássio na serapilheira ocorreram no período de maior precipitação, na primavera, assim como as mais elevadas ocorreram nos meses de menor precipitação, compreensível, já que, este elemento, que se encontra na forma iônica nos vegetais é altamente lixiável.

Por outro lado, VIBRANS (1999), que analisou a composição química da serapilheira sem fazer distinção entre a floresta primária e a floresta secundária, observou, na fração “folhas”, teores de nitrogênio mais elevados nos meses de julho a novembro, enquanto que potássio e fósforo tiveram uma curva sem maiores oscilações, mostrando-se estáveis no decorrer do ano. Na fração “galhos”, este autor observou picos de concentração de potássio nos meses de maio e junho e, na concentração de fósforo, baixas significativas em junho e julho. Segundo ainda o mesmo, a concentração de nitrogênio da fração “galhos” teve dinâmica semelhante a da fração folhas.

A partir destes dados pode-se inferir que, assim como no presente estudo, nos demais, o fósforo não sofreu oscilações significativas ao longo do ano. Potássio tem menores valores na primavera e verão, quando a quantidade de chuva é maior, e tem maiores valores no outono e inverno, quando chove menos, conforme verificado pelos autores acima e corroborado pelos resultados do presente estudo. Quanto ao nitrogênio, não foi possível descobrir um padrão de variação em sua concentração ao longo de um ano. No presente estudo, as frações “folhas” e “caule” do capoeirão apresentam valores de concentração do nitrogênio maiores no verão, fenômeno este não observado na floresta primária. Em VIBRANS (1999), entretanto, foi observado concentrações elevadas do nitrogênio tanto nos meses de primavera (setembro a novembro), quanto nos meses de inverno (julho e agosto).

5.4.2. Fluxo de nutrientes ao solo via serapilheira

É muito comum encontrar na literatura especializada a noção de que a avaliação da intensidade como acontece a circulação interna dos nutrientes através dos compartimentos de um ecossistema é essencial para a compreensão dos mecanismos de funcionamento e da dinâmica de um ecossistema. Os macronutrientes (N, P e K) são os fatores limitantes, tanto para a agricultura, quanto para a produção de florestas (LODHIYAL *et al.*, 1994 *apud* LODHIYAL & LODHIYAL, 1997) e, por isso, é importante estudá-los em qualquer ecossistema, principalmente, para fins de manejo e conservação.

A quantidade total de nitrogênio que retorna ao solo através da serapilheira, em florestas tropicais, varia entre 119 e 199 kg/ha/ano, bem superior a de florestas latifoliadas localizadas nas regiões temperadas frias, temperadas quentes, mediterrâneas e subtropicais (33-55 kg/ha/ano) (VOGT *et al.*, 1986). As quantidades de nitrogênio dos estandes 1 e 2 que retornam ao solo pela serapilheira (TABELA 13), se computadas apenas as frações “folhas” e “caule”, frações estas que representam em torno de 93% da serapilheira total produzida, demonstram estarem muito abaixo dos valores de revisão destes autores. Estes resultados também estão abaixo da média obtida na presente revisão (TABELA 14) que é de, aproximadamente, 132 kg/ha e bem abaixo da maioria dos trabalhos (25 de um total de 42) aqui apresentados.

TABELA 13 - Quantidade (kg/ha) de Nitrogênio, de Fósforo e de Potássio transferida anualmente ao solo através da serapilheira produzida (frações “folhas” e “caule”) nos estandes 1 e 2 e eficiência no uso desses nutrientes pela serapilheira produzida (EUN): Est. 1 = estande 1 (capoeirão); Est. 2 = estande 2 (floresta primária).

Frações	Nitrogênio		Fósforo		Potássio	
	Est. 1	Est. 2	Est. 1	Est. 2	Est. 1	Est. 2
Folhas*	86,22	78,57	2,90	1,89	24,15	17,49
Caule*	17,06	15,76	0,64	0,36	4,08	3,04
Total	103,28	94,33	3,54	2,25	28,23	20,53
EUN**	67,55	69,08	1970,76	2896,35	247,13	317,43

*valores obtidos multiplicando-se a concentração média de cada nutriente presente na fração (Tabela 11) pela produção anual de serapilheira daquela fração (Tabela 4).

**valores obtidos pela relação “Produção de serapilheira (Caule + Folha) / Quantidade de nutrientes (Caule + Folhas)”, segundo VITOUSEK (1982). Para efeito de cálculo a soma da biomassa total de Folha e de Caule neste estudo foi de 6976,50 kg/ha para o estande 1 e 6516,79 kg/ha para o estande 2 (Tabela 4).

TABELA 14 - Quantidade (kg/ha/ano) de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) transferida pela serapilheira **total** produzida e índice de eficiência do uso destes nutrientes (EUN) de vários estudos efetuados em florestas tropicais do Brasil e do Mundo: quadro comparativo. PS Total = Quantidade total de serapilheira produzida (kg/ha/ano).

Localidade	PS Total	Quantidade (kg/ha/ano)			EUN**			Referência
		N	P	K	N	P	K	
Brasil								
Floresta Semidecídua								
Araras - SP	11590	230	7	82	50	1656	141	Diniz (1987)
Lençóis Paulista - SP	10500	202	11	72	52	955	146	Carpanezi (1980)
São Paulo - SP - floresta secundária	9410	186	9	39	51	1046	241	Meguroet al (1979)
Fênix - PR	9014	161	9	69	56	1002	131	Santos (1989)
Parobé - RS - mata alta	9000	99	2	---	91	4500	---	Mello (1995);Mello & Porto (1997)
Anhembi - SP	8800	203	6	43	43	1467	205	Cesar (1988); Cesar (1993a)
Rio Claro - SP	8643	198	7	48	44	1235	180	Pagano (1989b)
Serra do Japi - Jundiá - SP - altitude 870 m	8600	174	5	39	49	1720	221	Morellato (1987)
Teodoro Sampaio - SP	7568	184	5	51	41	1514	148	Schlittler (1990)
Serra do Japi - Jundiá - SP - altitude 1170 m	7000	128	3	26	55	2333	269	Morellato (1987)
Mogi-Guaçu - SP - mata ciliar	6687	107	5	29	63	1337	231	Delitti (1984)
Parobé - RS - mata baixa	5500	76	1	---	72	5500	---	Mello (1995);Mello & Porto (1997)
Floresta Ombrófila Densa								
Salto Weissbach - Blumenau - SC - floresta secundária	9559	143	15	23	67	637	416	Vibrans, 1999
Floresta da Tijuca - Rio de Janeiro - RJ	8900	---	---	55	---	---	162	Oliveira & Lacerda (1993)
Parque São Francisco - Blumenau - floresta primária	8220	126	12	21	65	685	391	Vibrans, 1999
Estação Biológica da Boracéia - São Carlos - MG	6310	102	4	21	62	1577	301	Moraes (1993); Moraes et al (1999)
Estação Biológica da Boracéia - São Carlos - MG	6054	105	3	15	58	2018	404	Custódio Filho (1994)

TABELA 14 - Continuação.

Localidade	PS Total	Quantidade (kg/ha/ano)			EUN**			Referência
		N	P	K	N	P	K	
Cubatão - SP - estádio médio - com poluição.	5681	135	7	18	42	812	316	Leitão Filhøet al (1993)
Cubatão - SP - estádio inicial - com poluição.	5288	128	3	14	41	1763	378	Leitão Filhøet al (1993)
Cubatão - SP - estádio mais maduro - sem poluição.	4460	98	2	11	46	2230	406	Leitão Filhøet al (1993)
Paranapiacaba - SP - área menos afetada pela poluição.	3810	82	3	10	47	1270	381	Domingoøet al.(1990)
Paranapiacaba - SP - área mais afetada pela poluição.	1803	46	2	6	39	901	301	Domingoøet al.(1990)
Floresta Amazônica								
Floresta Amazônica	---	74-156	1 - 3	13 - 26	---	---	---	Dantas & Phillipson (1989)
Mocambo - Belém - PA - terra firme	9900	157	4	17	63	2475	582	Klinge (1977)
Ilha de Maracá - Roraima	9280	118	7	48	79	1326	193	Scottet al (1992)
Manaus - AM - terra firme - platô	8300	151	3	15	55	2767	553	Luizão (1989)
Capitão Poço - PA - terra firme - floresta primária	8040	115	4	28	70	2010	287	Dantas & Phillipson (1989)
Manaus - AM - terra firme - vale	7400	109	4	22	68	1850	336	Luizão (1989)
Manaus - AM - terra firme	6700	106*	2	13	63	3350	515	Klinge & Rodrigues (1968)
Tucuruí - PA - terra firme (3 transectos)	6656	126	3	26	53	2219	256	Silva (1984)
Manaus - AM - igapó	6400	74	1	21	87	6400	305	Frankenet al.(1979)
Capitão Poço - PA - terra firme - floresta secundária	5040	76	4	37	66	1260	136	Dantas & Phillipson (1989)
Outras florestas tropicais do Brasil								
Floresta Decidual - Santa Maria - RS	7762	207	11	38	38	706	204	Cunhaet al, 1993
Floresta Ombrófila Mista - São Mateus do Sul - PR	6526	89	6	32	73	1088	204	Britez et al, 1992

TABELA 14 - Continuação.

Localidade	PS Total	Quantidade (kg/ha/ano)			EUN**			Referência
		N	P	K	N	P	K	
Mundo								
Leste de Guatemala - regeneração de 1 ano	4600	74	3	11	62	1533	418	Ewel (1976)
Leste de Guatemala - regeneração de 3 anos	5800	97	4	17	60	1450	341	Ewel (1976)
Leste de Guatemala - regeneração de 4 anos	6100	103	4	11	59	1525	555	Ewel (1976)
Leste de Guatemala - regeneração de 5 anos	6500	89	3	12	73	2167	542	Ewel (1976)
Leste de Guatemala - regeneração de 6 anos	8000	142	6	20	56	1333	400	Ewel (1976)
Leste de Guatemala - regeneração de 9 anos	8000	144	5	12	56	1600	667	Ewel (1976)
Leste de Guatemala - regeneração de 14 anos	10000	144	7	24	69	1429	417	Ewel (1976)
Leste de Guatemala - floresta madura	9000	169	6	20	53	1500	450	Ewel (1976)
Ghana - floresta de 40 anos.	10500	199	7	68	53	1500	154	Nye (1961)
Borneu	11050	153	5	47	72	2210	235	Burghout <i>et al</i> (1998)
Número de amostras (N)	41	42	43	41	40	40	39	
Média	7518	132,3	5,1	30	58,5	1831	313,6	
Proporção da média dos minerais		26	1	6	1	31	5	
Correlação (r) com a serapilheira produzida		0,778	0,570	0,694				
Floresta Ombrófila Densa Submontana (Florianópolis - SC) - floresta primária	6517^I	94	2	20	69	2896	317	Este estudo
Floresta Ombrófila Densa Submontana (Florianópolis - SC) - capoeirão	6976^{II}	103	4	28	68	1971	247	Este estudo

^I coletânea de dados provenientes de vários autores, segundo Dantas & Phillipson (1989).

* valor médio entre 97 e 114 kg/ha/ano. Alguns autores preferiram apresentar os resultados de KLINGE & RODRIGUES (1968) desta maneira.

^{II} produção da fração “folha” + produção da fração “caule” da serapilheira de cada estande.

** os valores de EUN foram calculados no presente estudo, já que tais resultados não foram disponibilizados pelos respectivos autores.

Estes resultados estão próximos dos valores de EWEL (1976 - áreas de regeneração de 3, 4 e 5 anos), de DELITTI (1984), de LUIZÃO (1989 - área de terra firme em vale), de BRITZ *et al.* (1992), de LEITÃO FILHO *et al.* (1993 - área de estádio mais maduro sem poluição), de CUSTÓDIO FILHO (1994), de MELLO (1995 - mata alta de Parobé/RS) e de MORAES *et al.* (1999). Por outro lado, estão mais altos que os valores de DOMINGOS *et al.* (1990 - as duas áreas amostradas), EWEL (1976 - área de regeneração de 1 ano), FRANKEN *et al.* (1979) e DANTAS & PHILLIPSON (1989 - área de floresta secundária). A presente revisão sugere que floresta semidecídua deposita mais nitrogênio por unidade de tempo e espaço do que floresta ombrófila densa e floresta amazônica. Decorre disto, que as quantidades de nitrogênio depositadas pela serapilheira nos estandes 1 e 2 estão bem abaixo da maioria dos resultados apresentados em floresta semidecídua, sendo mais compatíveis com boa parte dos estudos realizados em florestas ombrófila densa e amazônica (TABELA 14).

VOGT *et al.* (1986) estabeleceram uma correlação positiva entre a massa de serapilheira produzida e a quantidade de nitrogênio depositada anualmente pela serapilheira tanto para florestas aciculadas ($\log_{10}Y = 2,57 + 0,698.\log_{10}X$) quanto latifoliadas ($\log_{10}Y = 2,59 + 0,649.\log_{10}X$). As quantidades de nitrogênio transferidas para o solo florestal, tanto pela floresta primária quanto pelo capoeirão estão dentro do valor previsto por esta correlação, qual seja, de 90 a 100 kg/ha/ano de nitrogênio, correspondente à quantidade de produção das frações “caule” e “folhas” destes estandes (6500-7000 kg/ha/ano).

Sob o enfoque sucessional, o capoeirão transferiu maior quantidade de nitrogênio por unidade de espaço e tempo do que a floresta primária, fenômeno este também observado em outros trabalhos (LEITÃO FILHO *et al.*, 1993; VIBRANS, 1999), sugerindo que há uma tendência de florestas secundárias apresentarem maior fluxo de nitrogênio, via queda de serapilheira, do que florestas primárias. Entretanto, os resultados apresentados por DANTAS & PHILLIPSON (1989) sugerem o contrário. Em outra direção, EWEL (1976) observou que o retorno de N ao solo não diminuiu com a sucessão, sugerindo que a fixação e/ou imobilização do nitrogênio pela vegetação não atinge a expressão máxima nos estádios pioneiros de sucessão. Embora este último autor não procurou enfatizar isto em sua discussão, seus resultados apontam que na área de floresta madura houve maior fluxo de N ao solo do que nas áreas de estádios sucessionais mais jovens.

VOGT *et al.* (*op. cit.*) estabeleceram também uma correlação positiva entre a massa de serapilheira produzida e a quantidade de fósforo depositada pela serapilheira por unidade de tempo e espaço. Segundo eles, esta relação pode ser estabelecida pela equação $\log_{10}Y = 3,48 + 0,411 \cdot \log_{10}X$ para florestas latifoliadas. Isto sugere que, em média, alta quantidade de fósforo circula pela serapilheira aérea em florestas tropicais, enquanto que outros tipos de florestas (temperadas quentes, temperadas frias, subtropicais e boreais) podem ter níveis inferiores de P na serapilheira produzida.

Os valores aqui apresentados para o fósforo (TABELA 13) revelam discordância com esta correlação, uma vez que estão muitíssimo abaixo do valor de previsão, que é de, aproximadamente, 15 kg de P, correspondente à quantidade de produção das frações “folhas” e “caule” de serapilheira de cada estande (6500-7000 kg/ha/ano). Isto sugere que o fluxo de fósforo para o solo, no presente estudo, não é compatível com a respectiva massa de serapilheira produzida na mesma unidade de tempo e espaço.

Considerando as bases de dados constantes neste trabalho (TABELA 14), as quantidades de fósforo depositadas por ambos os estandes são as menores encontradas, inclusive, abaixo da média calculada a partir de um universo de 43 dados levantados (5,1 kg/ha). Isto sugere que a disponibilidade de fósforo nestes sítios pode estar bastante reduzida, conduzindo a pequena circulação deste elemento no ecossistema. Se isto for verdade, pode-se sugerir que a baixa disponibilidade de fósforo solúvel no ecossistema pode estar contribuindo para a baixa produtividade florestal na Ilha de Santa Catarina, já que os valores de produção total de serapilheira, registrados por HINKEL & PANITZ (1999) e pelo presente estudo, são os mais baixos do Estado de Santa Catarina. Para reforçar esta tese, destaca-se o estudo de VIBRANS (1999), também realizado em floresta ombrófila densa, sob o mesmo tipo climático (Cfa segundo Köppen), que apresentou valores de concentração de fósforo bem superiores a deste estudo (TABELA 12), inclusive, com produção total de serapilheira bastante superior. Além disso, as condições edáficas do local do presente estudo, isto é, teores prejudiciais de alumínio e acidez, conduzem à baixa troca catiônica (IPUF, 1978), o que pode levar à baixa disponibilidade de nutrientes aos vegetais. Considera-se também que, em solos tropicais, a maior parte de fósforo se encontra na forma insolúvel, não disponível (SILVER, 1994).

Os valores de fluxo de fósforo estão próximos dos de vários trabalhos que obtiveram deposição entre 1 e 4 kg/ha/ano, o que demonstra que a baixa quantidade de P transferida ao solo

independe do tipo de formação de floresta tropical. Apesar disso, os dados da presente revisão sugerem que, geralmente, floresta mesófila semidecidual transfere maior quantidade de P ao solo em relação às florestas ombrófila densa e amazônica (TABELA 14).

Neste estudo, foi verificado que o capoeirão apresentou maior fluxo de fósforo pela serapilheira do que a floresta primária, fenômeno semelhante também observado em VIBRANS (1999). Entretanto, esta tendência parece não ser verificada em outros trabalhos. Em EWEL (1976), constatou-se que a quantidade de fósforo transferida pela serapilheira atinge um valor máximo, relativamente, cedo na sucessão. Os resultados obtidos por DANTAS & PHILLIPSON (1989) sugerem que tanto a floresta primária quanto a capoeira retornam semelhante quantidade anual de fósforo para o solo florestal.

VOGT *et al.* (*op. cit.*) também estabeleceram uma correlação positiva entre a quantidade de nitrogênio e a quantidade de fósforo transferida ao solo por unidade de espaço e tempo (kg/ha), via serapilheira. Segundo esta correlação, esperar-se-iam, aproximadamente, 15 kg de P para 100 kg de N por ha/ano, o que não ocorreu no presente trabalho. No estande 1 a proporção foi de 3,54 kg/ha/ano de P para 103 kg/ha/ano de N, enquanto que no estande 2 esta proporção foi de 2,24 para 94,33 (TABELA 13). A hipótese do fósforo estar pouco disponível no solo, sugerida anteriormente, pode explicar também este fato. Esta relação entre nitrogênio e fósforo tem implicações na velocidade de decomposição, conforme será discutido no capítulo “Decomposição”.

Quanto ao potássio, o fluxo deste nutriente é muito variável, desde 6 até 82 kg/ha/ano. A partir da base de dados do presente estudo verificou-se que existe uma grande correlação positiva ($r = 0,69$; $N = 39$) entre a quantidade de potássio depositada pela serapilheira e a quantidade desta serapilheira que vai ao solo. A equação de regressão linear simples ($Y = 0,0063X - 16,923$) demonstra que para as quantidades produzidas de serapilheira total no capoeirão (7452 kg/ha/ano) e na floresta primária (7075 kg/ha/ano), esperar-se-iam, respectivamente, cerca de 30 e 27,6 kg de potássio por hectare ao ano. No capoeirão, o valor esperado é muito próximo do valor obtido; entretanto, na floresta primária a quantidade de K produzida (20 kg/ha/ano) é bem inferior ao valor previsto. Sob o aspecto sucessional, percebe-se que a quantidade de potássio transferida ao solo via serapilheira foi maior no capoeirão do que na floresta primária, fenômeno este observado em outros trabalhos (DANTAS & PHILLIPSON, 1989, LEITÃO FILHO *et al.*, 1993; VIBRANS, 1999) (TABELA 14). EWEL (1976) não observou correlação entre o retorno anual de

potássio com a idade da floresta, atribuindo ao fato deste elemento ser rapidamente lixiviado, o que proporcionou sua subestimação. Como este elemento não tem função estrutural, seu fluxo através da serapilheira é reflexo de sua concentração na serapilheira. Assim, o fluxo maior de potássio no capoeirão é devido a maior concentração deste mineral na serapilheira e também é devido ao fato desta comunidade produzir maior quantidade de serapilheira do que a floresta primária. Isto tem implicações na eficiência da ciclagem deste elemento, como pode ser visto no capítulo posterior.

Vale ressaltar, contudo, que em busca de um padrão mais claro sobre a ciclagem de nitrogênio, fósforo e potássio, bem como de outros macronutrientes (cálcio e magnésio), sob o enfoque sucessional de florestas tropicais, é imprescindível um número maior de estudos que atualmente se encontram escassos no Brasil e, possivelmente, no Mundo. As divergências de resultados entre os trabalhos aqui apresentados, quanto ao fluxo de elementos na serapilheira sob o aspecto de sucessão, demonstram que qualquer tendência aqui observada é meramente preliminar.

Neste estudo, o fluxo de minerais ao solo pela serapilheira descreveu a seguinte seqüência decrescente $N > K > P$, sendo a mesma encontrada por vários autores em seus estudos, como mostra a TABELA 14. Com base nos valores mais exatos apresentados na TABELA 13, a proporção do fluxo de N, K e P passa a ser de 42:9:1 para a floresta primária e de 29:8:1 para o capoeirão, sendo esta última mais próxima da proporção média do fluxo dos minerais, que é de 26:6:1, apresentada na TABELA 14.

5.4.3. Eficiência do uso de nutrientes (EUN)

VITOUSEK (1982) sugeriu a relação “massa seca/nutrientes” na serapilheira como um método de avaliar o índice de economia interna de nutrientes de um ecossistema local. Segundo ele, o consumo de nutrientes em árvores tropicais é considerado eficiente se grande quantidade de matéria orgânica pode ser fixada por unidade de nutriente obtido. Tal eficiência no consumo acontece ou por que mais carbono é fixado por unidade de nutriente em árvores ou por que uma grande fração de nutrientes é reabsorvida das partes senescentes das plantas. A eficiente utilização de nutrientes é caracterizada pela alta relação de carbono/nutrientes.

Esta eficiência na economia interna de nutrientes decorre, em parte, da possibilidade dos nutrientes liberados das árvores serem rapidamente tomados pelas raízes, micorrizas e decompositores e retidos dentro do sistema, conduzindo, por conseguinte, em baixas perdas,

completamente desprezíveis, de nutrientes do sistema quando comparado ao ciclo de nutrientes entre a árvore e o solo. A existência de uma eficiente economia interna de nutrientes sugere que, possivelmente, os nutrientes estejam limitados para a produção primária. Por outro lado, a ineficiência indica que está havendo um bom e adequado fornecimento de nutrientes para as árvores (VITOUSEK, 1984).

FROUFE *et al.* (1997), citando vários autores, colocaram que espécies eficientes quanto à produção de biomassa, normalmente, produzem serapilheira de baixa qualidade, concentrando altas quantidades de nutrientes em outras estruturas tais como troncos e cascas com reduzida reciclagem de nutrientes. Em contrapartida, espécies menos eficientes na produção de biomassa parecem produzir serapilheira mais rica em nutrientes, o que pode levar ao incremento da disponibilidade destes. Esta noção também pode ser válida para comunidades vegetais, já que de acordo com VITOUSEK (1982), a eficiência do uso de nutrientes (EUN) da serapilheira produzida em um estande, floresta, comunidade, ou localidade é uma propriedade coletiva de indivíduos de várias espécies que ocorrem no local.

Quando os nutrientes passam a ser limitadores para a produção de serapilheira, é possível esperar um declínio geral na massa de serapilheira produzida e, posteriormente, possíveis mudanças nas taxas “Massa/Nutriente” da serapilheira produzida e uma diminuição da disponibilidade de nutrientes (VITOUSEK, *op. cit.*). Este autor sugeriu que há uma taxa “Biomassa seca de serapilheira/Nitrogênio” perto de 60, a qual as comunidades com alta circulação de nitrogênio atingem. A maioria das florestas tropicais, a maioria das florestas temperadas dominadas por espécies fixadores simbiotes de nitrogênio e umas poucas florestas temperadas ricas em nitrogênio estão dentro desta categoria. Em níveis inferiores de circulação de nitrogênio, a relação “Biomassa seca de serapilheira/Quantidade de Nitrogênio” aumenta exponencialmente, com valores que excedem de 200, em vários lugares.

Há uma forte correlação entre a circulação de nitrogênio e a disponibilidade de nitrogênio. Assim, em florestas com limitação de nitrogênio, a circulação deste mineral pela serapilheira é um confiável indicador de sua disponibilidade ao longo de uma variação espacial. Os resultados sugerem fortemente que a eficiência do uso de nitrogênio da serapilheira produzida varia como uma função inversa da disponibilidade de nitrogênio, ou seja, a concentração de nitrogênio na serapilheira é positivamente correlacionada com a disponibilidade de nitrogênio, de modo que quanto mais nitrogênio disponível no sistema, maior é a concentração deste elemento na serapilheira

e menos eficiente é a comunidade vegetal quanto ao uso do mesmo. Contudo, a quantidade de nitrogênio na serapilheira produzida não é a única forma de dimensionar a disponibilidade de nitrogênio. A disponibilidade instantânea de nitrogênio do solo (amônia, nitrato, e alguns compostos orgânicos nitrogenados dissolvidos) está, geralmente, presente como uma pequena fonte, a qual retorna rapidamente através da adição via lise microbiana dos compostos orgânicos nitrogenados e remoção via lixiviação e/ou absorção pelas plantas e microorganismos (VITOUSEK, *op. cit.*). Portanto, nas regiões tropicais, a baixa disponibilidade de nitrogênio, freqüentemente, limita a produtividade destes sistemas (FROUFE *et al.*, 1997).

Dois mecanismos podem causar o aumento da eficiência do uso de nitrogênio em florestas com pouco nitrogênio: a) árvores com baixas concentrações de nitrogênio e de outros nutrientes nas folhas e ramos, fixam, em média, mais carbono por unidade de nitrogênio do que árvores de terrenos ricos em nitrogênio; b) o aumento da retranslocação de nitrogênio das folhas para os troncos antes da abscisão foliar - um aumento da reabsorção de nitrogênio em estandes pobres em nitrogênio causaria um aumento na taxa “Biomassa de serapilheira produzida/Nitrogênio” (VITOUSEK, *op. cit.*).

DANTAS & PHILLIPSON (1989) argumentaram que na capoeira menos biomassa e nitrogênio e, possivelmente, mais potássio, atingem o solo do que na floresta primária, sugerindo que o incremento de biomassa no desenvolvimento de floresta secundária imobiliza mais nitrogênio do que floresta climácica para realizar o mesmo processo. Nesta direção, BROWN & LUGO (1990) sustentaram que a função de acumular nutrientes na vegetação de florestas secundárias tropicais é maximizada nas primeiras décadas de desenvolvimento, por que árvores jovens tendem a acumular nutrientes em contraste com árvores velhas, as quais tendem a reutilizá-los.

No presente estudo, foi observado que o estande do capoeirão alcançou taxa de eficiência do uso de nitrogênio semelhante a da floresta primária, já que os valores foram muito próximos. Resultados semelhantes também foram alcançados por outros autores (TABELA 14). Valores semelhantes de EUN entre os estandes também foram observados por DANTAS & PHILLIPSON (1989) e por VIBRANS (1999), os quais trabalharam ciclagem de nutrientes entre floresta primária e floresta secundária. Estes autores também observaram taxas entre 65 e 70, valores semelhantes aos destes estudos. Estes resultados parecem sugerir que a floresta em sucessão atinge eficiência no uso de nitrogênio muito cedo, possivelmente, em um estágio anterior ao do capoeirão.

Fósforo é frequentemente citado como um elemento limitante em florestas tropicais úmidas, pelo fato de que sua concentração no solo é extremamente baixa e pelo fato de que vários mecanismos podem remover fósforo do solo. Fósforo é fornecido, primariamente, ao solo através do desgaste da rocha matriz. Solos profundos, altamente intemperizados e velhos, comum em nos trópicos úmidos, tendem a ter baixa concentração de fósforo. Além disso, os produtos finais do intemperismo nestes solos são o ferro e o alumínio presentes na argila, os quais se ligam fortemente ao fósforo, fazendo-o indisponível às raízes das plantas. Mesmo assim, as raízes são capazes de obter fósforo suficiente para manter substancial produção de biomassa em muitas florestas tropicais úmidas (SANCHEZ, 1976; JENNY, 1980, citados por SILVER, 1994).

SILVER (*op. cit.*) sugeriu que a concentração de fósforo, tanto total quanto solúvel, no solo pode se refletir na razão “Massa de serapilheira produzida/Quantidade de fósforo”. Em florestas tropicais submontanas, abaixo de 500m, a produção de serapilheira aumentou significativamente com o aumento da disponibilidade de fósforo no solo. Uma tendência similar foi observada em florestas tropicais montanas, embora a relação foi somente significativa ao um nível de 93%. Em florestas submontanas, a biomassa de serapilheira produzida também aumentou em resposta à concentração de fósforo no solo, explicando 47% da variação, relação esta significativa a um nível de 94%.

Entretanto, adições de fósforo podem não resultar em rápido aumento da produção de serapilheira, nem em decréscimo da eficiência do uso de nutrientes. Algumas experiências em florestas tropicais úmidas montanhosas da Jamaica e do Havaí comprovaram que, onde as concentrações de nutrientes no solo são baixas, as plantas poderiam responder à fertilização, primariamente, com o aumento da produção de raízes, como oposição a uma alteração da produção de serapilheira e da concentrações de nutrientes. Deste modo, somente quando a biomassa de raízes atingir um nível de equilíbrio com os nutrientes do solo, pode-se esperar alocação de carbono e nutrientes para a biomassa aérea (SILVER, *op. cit.*).

Há uma forte relação inversa entre a quantidade de fósforo em circulação pela serapilheira e a eficiência do uso deste nutriente dentro do bioma da floresta tropical. Isto sugere que as florestas tropicais usam mais eficientemente o fósforo do que o nitrogênio, por que tem menor quantidade de fósforo circulando no sistema pela serapilheira. Decorre disto que a massa de serapilheira produzida está mais fortemente relacionada com a circulação de nitrogênio do que com a de fósforo (VITOUSEK, 1982).

Neste sentido, VITOUSEK (1984) sugeriu que, em baixas concentrações, a quantidade de fósforo na serapilheira produzida pode ser um bom prognosticador da biomassa de serapilheira em florestas tropicais, depois de remover o efeito clima. Ele concluiu que baixa disponibilidade de fósforo, provavelmente, limita a produção de serapilheira em um número significativo de áreas destas formações florestais. SILVER (1994) também concordou com esta hipótese, principalmente, quando se trata de florestas tropicais úmidas de baixa altitude.

No presente estudo, apesar de não terem sido realizadas análises de solo, em busca das correlações sugeridas por SILVER (*op. cit.*), pode-se sugerir que o baixo fluxo de fósforo para o solo, verificado nos dois estandes, em comparação com outros estudos, revela baixa disponibilidade deste nutriente no sistema, porém, isto não limitou a produção de serapilheira destas comunidades. Isto demonstra também que os sistemas analisados no presente trabalho apresentaram uma grande eficiência no uso de fósforo, com alta quantidade de biomassa produzida por kg de fósforo presente, principalmente, a floresta primária. De fato, as taxas de eficiência deste estande estão entre as maiores observadas (TABELA 14). Isto pode ser explicado pelo fato de que no estande da floresta primária foi observado muito pouco fósforo disponível na serapilheira, com concentrações deste mineral bem abaixo dos valores encontrados na floresta de capoeirão.

Em áreas de florestas tropicais submontanas que forem, reconhecidamente, pobres em fósforo, a produção total de serapilheira é inferior (SILVER, 1994). LEIGH Jr. (1999), que buscou discutir este aspecto, explica que em uma floresta tropical há um câmbio de produção entre a parte aérea e a parte subterrânea da vegetação, isto é, entre os troncos, as folhas e as raízes. A produção bruta de uma floresta depende do índice de área foliar e da efetividade com que estas folhas usam a luz disponível. Esta eficiência depende, por sua vez, do conteúdo de nitrogênio e de fósforo em suas folhas, nutrientes estes que suas raízes precisam suprir. A produção bruta de uma floresta é uma função direta da eficiência com que a floresta transforma radiação solar em açúcar (eficiência fotossintética), da radiação solar incidente e da proporção com que esta luz é interceptada pela floresta. Os valores de eficiência fotossintética aumentam com o conteúdo de nutrientes nas folhas até que estas contiverem nitrogênio e fósforo suficientes para funcionar com total eficiência. Quando os nutrientes são escassos, as plantas mantêm o conteúdo de nutrientes foliar na função de “tapa buracos”, fazendo folhas de vida mais longas para evitar a perda de nutrientes através da queda de serapilheira, reduzindo a quantidade de serapilheira e o conteúdo de fósforo por unidade de peso de

serapilheira, preservando seus indivíduos ainda existentes do que produzindo mais proles e investindo mais em raízes para extrair nutrientes do solo.

Assim, retranslocar nutrientes das folhas para os troncos antes da abscisão foliar pelas árvores mais velhas, investir menos em prole, apresentar folhas de vida mais longas, investir mais nutrientes em raízes do que em biomassa aérea, podem explicar, portanto, o fato da floresta primária ter apresentado menor produção de serapilheira, em relação ao capoeirão, em função da pequena disponibilidade de fósforo e nitrogênio no solo. Com pouco fósforo disponível, essas formações precisam ser mais eficientes, eficiência esta adquirida ao longo da sucessão. As espécies vegetais do capoeirão, por outro lado, parecem concentrar mais fósforo e nitrogênio nas folhas e nos galhos e, desta forma, transferir mais nutrientes para o solo através destas frações de serapilheira. Com serapilheira de maior qualidade nutricional, permite garantir que a comunidade decompositora possa estar mais ativa e decompor mais rapidamente e, deste modo, garantir que estes elementos fiquem no sistema. Aproveitando mais rapidamente os nutrientes, estas formações podem fixar mais carbono pela fotossíntese e deste modo, incrementar sua biomassa, principalmente, a madeirável.

Florestas secundárias são, geralmente, menos eficientes do que florestas maduras em seu retorno de nutrientes para o solo da floresta, independente da idade, do tipo de solo (fértil ou infértil) e do histórico de perturbação. Com o tempo, a eficiência no consumo de nutrientes (EUN) aumentará em função da massa orgânica acumulada, da diminuição da absorção de nutrientes e da maior reutilização dos nutrientes (VITOUSEK, 1984; BROWN & LUGO, 1990). Quanto ao uso de nitrogênio, os resultados aqui obtidos e em outros estudos já discutidos parecem não corroborarem com estes autores. Porém, quanto ao fósforo e mais nitidamente também quanto ao potássio, parece, de fato, haver uma tendência de aumento da eficiência do uso deste elemento ao longo da sucessão, de tal modo que florestas primárias ou climácicas são mais eficientes que florestas adjacentes de estádios menos avançados, tendência esta constatada no presente estudo e também em outros trabalhos (DANTAS & PHILLIPSON, 1989; LEITÃO FILHO *et al.*, 1993; VIBRANS, 1999).

Em relação ao potássio, este comportamento durante a sucessão é bastante compreensível. Por ser um mineral que circula bastante pela precipitação de chuva entre as copas (VITOUSEK, 1982), é possível que maior quantidade deste mineral atinja o solo por este modo em florestas de estádios menos avançados, já que estas caracterizam-se por apresentar dossel, estruturalmente, menos desenvolvido, sem estratificação arbórea, com falhas entre as copas. Isto

provoca uma maior abundância deste mineral no solo destas florestas e, por conseguinte, maior concentração na biomassa aérea vegetal. Pelo fato do potássio não ser um elemento estrutural, é devolvido ao solo novamente pela serapilheira, através de suas várias frações, principalmente as folhas e galhos. Como as florestas sucessionais descartam relativamente mais biomassa do que as florestas primárias, maior pode ser também o fluxo de potássio para o solo, assim como menor é a eficiência de seu uso por parte destas comunidades. Por outro lado, florestas climácicas, estruturalmente mais desenvolvidas, com maior estratificação arbórea e com camadas de copas que se sobrepõem, interceptam melhor as chuvas, o que diminui em muito a concentração deste elemento na serapilheira.

5.5. Decomposição

5.5.1. Taxa de decomposição

A comunidade decompositora é essencial para manter o funcionamento e a estrutura de um ecossistema. Sem uma população ativa de decompositores, o estoque de nutrientes no solo pode ser rapidamente exaurido (ANDRAE, 1978; SWIFT *et al.*, 1979; HAAG *et al.*, 1985; ARCHIBOLD, 1995, citados por PORTES, 2000).

A decomposição de serapilheira é relativamente rápida na maioria das florestas tropicais levando à altas taxas de circulação através do sistema planta-solo (VOGT *et al.*, 1986; SILVER, 1994). A taxa de decomposição (K) é maior nos trópicos que em outras latitudes, sendo que os valores das taxas de decomposição nas regiões tropicais são, normalmente, maiores que 1, enquanto que nas florestas temperadas estes valores são menores que a unidade. Assim, valores maiores que a unidade, pressupõem que um retorno de nutrientes ao solo ocorre em um ano ou menos e valores menores que 1, indicam um retorno superior a um ano, podendo, inclusive, durar décadas (JENNY *et al.*, 1949; OLSON, 1963; ANDERSON & SWIFT, 1983 *apud* PAGANO, 1989a).

HAAG *et al.* (1985) colocaram que o coeficiente K para a decomposição da serapilheira fina em florestas tropicais varia de 1,1 a 3,8, valores que evidenciam um tempo curto de permanência da matéria orgânica no solo florestal. Segundo ANDERSON & SWIFT (1983 *apud* PAGANO, 1989a), valores de K compreendidos entre 1 e 2 são comuns em florestas situadas no sudeste da Ásia e em regiões neotropicais. OLSON (1963), por sua vez, revisou que florestas

tropicais úmidas tem um coeficiente de decomposição entre 1 e 4, enquanto que a revisão de PROCTOR (1987 *apud* BURGHOOTS *et al.*, 1998) apresentou valores que variavam de 1 a 3,3 para as mesmas florestas.

Esta alta decomposição da serapilheira de florestas tropicais, freqüentemente registrada na literatura, é devida a prevalência de condições favoráveis para a atividade microbiana ao longo do ano (JENNY *et al.* 1949; SINGH & GUPTA, 1977). As baixas taxas de decomposição registradas por alguns autores (FOLSTER & DE LAS SALAS, 1976; IRMLER & FURCH, 1980) estão, na maioria das vezes, provavelmente, associadas aos baixos valores nutricionais da serapilheira em decomposição como foi proposto por KLINGE (1977) e EDWARDS (1977) (CUEVAS & MEDINA, 1988, pág. 231-232).

As taxas obtidas no presente estudo, tanto pelo método da relação “Produção/Acúmulo” para situações de equilíbrio dinâmico (K-rel), quanto pelo método de confinamento de folhas em bolsas de decomposição (K-bag) (TABELA 15) estão, portanto, próximas ao limite inferior estimado pelos trabalhos de revisão acima, o que mostra a rapidez com que o material decíduo depositado sobre o solo destas áreas sofre transformação, tornando novamente disponíveis para as plantas os minerais contidos neste material.

TABELA 15 - Taxas de decomposição, “K-rel” e “K-bag”, taxa de desaparecimento de 50% da serapilheira ($T_{50\%}$) e tempo médio de renovação da serapilheira depositada (TR) obtidas neste estudo.

Variável	Estande 1	Estande 2
K-bag	0,89	1,05
K-rel	1,39	1,23
$T_{50\%}$	0,50	0,56
	(182 dias)	(204 dias)
TR	0,72	0,81
	(263 dias)	(296 dias)

Revisando estudos que avaliaram taxas de decomposição pelo primeiro método (K-rel), os valores obtidos neste estudo, tanto para o capoeirão quanto para a floresta primária, são os mais baixos registrados para floresta ombrófila densa, sendo superiores apenas aos obtidos por VARJABEDIAN & PAGANO (1988). Estes autores, contudo, justificaram que este baixo valor pode estar relacionado, entre outros fatores, ao baixo índice pluviométrico ocorrido nos seis primeiros meses de seu experimento e à acidez do solo.

Os valores “K-rel” do presente estudo são inferiores aos valores registrados em floresta amazônica e também são inferiores a alguns resultados alcançados em florestas semidecíduais (TABELA 16). Pelo segundo método, pôde-se perceber que as taxas de decomposição “K-bag” obtidas neste estudo, estão entre as mais altas observadas em floresta ombrófila densa, sendo apenas inferior à taxa da área 1 registrada por LEITÃO FILHO *et al.* (1993). Por outro lado, as taxas do presente estudo são inferiores às observadas em florestas semidecíduais e amazônicas (TABELA 17).

As análises acima dão uma noção de que floresta ombrófila densa de encosta atlântica tem taxas de decomposição, para perda de massa foliar, geralmente, inferiores às taxas de floresta semidecidual e amazônica. Contudo, os estudos que procuram estimar as taxas de decomposição, por ambos os métodos, são escassos no Brasil em relação à literatura internacional. Necessitar-se-ia, portanto, um número bem maior de dados que possibilitasse a descoberta de padrões de taxas de decomposição, se existirem, nas várias formações florestais do Brasil e, principalmente, em floresta ombrófila densa. Quanto às taxas instantâneas obtidas sob condição de equilíbrio dinâmico (K-rel), os dados disponíveis na literatura nacional são ainda mais escassos. Como agravante, os métodos para determinação da serapilheira produzida, bem como da serapilheira acumulada, são extremamente diversificados, o que dificulta bastante as análises comparativas em busca de um padrão para cada formação.

TABELA 16 - Taxas de decomposição calculadas pela relação “Produção/Acúmulo” (K-rel) de várias de floresta tropical do Brasil: FOD = Floresta Ombrófila Densa; FES = Floresta Estacional Semidecidual; FAm = Floresta Amazônica; OUT = Outras florestas tropicais do Brasil.

Localidade	Tipo	K-rel	Referência
Piracicaba - SP	FES	2,30	Poggiani & Monteiro Júnior, 1990
Ilha de Maracá - Roraima - terra firme - floresta semidecídua	FAm	2,20	Scott <i>et al.</i> , 1992 <i>apud</i> Scott <i>et al.</i> , 1992
Ilha de Maracá - Roraima - terra firme - floresta sempre-verde	FAm	2,01	Scott <i>et al.</i> , 1992
Estação Biológica da Boracéia - Salesópolis - SP	FOD	1,91	Custódio Filho, 1994
Manaus - AM - igapó	FAm	1,90	Franken <i>et al.</i> , 1979
Ilha do Cardoso - Cananéia - SP	FOD	1,86	Moraes <i>et al.</i> , 1993
Orleans - SC	FOD	1,70	Santos, 1997; Santos <i>et al.</i> , 1998
Serra do Japi - Jundiá - SP - altitude 870 m	FES	1,60	Morellato, 1992
Floresta da Tijuca - Rio de Janeiro - RJ	FOD	1,60	Oliveira & Lacerda, 1993
São Paulo - SP	FES	1,41	Meguro <i>et al.</i> , 1979
Araras - SP	FES	1,40	Diniz, 1987
Parque Mun. Lagoa do Peri - Florianópolis/SC - capoeirão	FOD	1,39	Este estudo
Serra do Japi - Jundiá - SP - altitude 1170 m	FES	1,30	Morellato, 1992
Parque Mun. Lagoa do Peri - Florianópolis/SC - flor. primária	FOD	1,23	Este estudo
Rio Claro - SP	FES	1,15	Pagano, 1985; Pagano, 1989
São Paulo - SP	FES	1,14	Gorresio-Roizman <i>et al.</i> , 1992
Anhembi - SP	FES	1,06	Cesar, 1988; Cesar, 1993b
Teodoro Sampaio - SP	FES	1,02	Schlittler, 1990
Floresta Decidual - Santa Maria - RS	OUT	1,02	Cunha <i>et al.</i> (1993)
Ilha de Santo Amaro - Guarujá - SP	FOD	0,72	Varjabedian & Pagano, 1988

TABELA 17 - Taxas de decomposição estimadas com base na perda de massa foliar em bolsas de decomposição (K-bag) de várias áreas de floresta tropical do Brasil: FOD = Floresta Ombrófila Densa; FES = Floresta Estacional Semidecidual; FAm = Floresta Amazônica; OUT = Outras florestas tropicais do Brasil.

Localidade	Tipo	K-bag	Referência
Manaus - AM - 2°34'S - terra firme - secundária	FAm	2,94	Luizão, 1982
Manaus - AM - 2°34'S - terra firme - platô	FAm	2,26	Luizão, 1982
Fênix - PR	FES	1,64	Santos, 1989
Manaus - AM - terra firme - vale	FAm	1,37	Luizão, 1982
Cubatão - SP - estádio inicial - com poluição (Área 1)	FOD	1,31	Leitão Filho <i>et al.</i> , 1993
Manaus - AM - terra firme	FAm	1,30	Klinge, 1977
São Paulo - SP	FES	1,08	Meguro <i>et al.</i> , 1979
Rio Claro - SP	FES	1,07	Santos <i>et al.</i> (1982 <i>apud</i> Cesar (1993b)
Cubatão - SP - estádio mais maduro - sem poluição (Área 2)	FOD	1,05	Leitão Filho <i>et al.</i> , 1993
Florianópolis - SC - P. M. Lagoa do Peri - floresta primária	FOD	1,05	Este estudo
Florianópolis - SC - P. M. Lagoa do Peri - capoeirão	FOD	0,89	Este estudo
Cananéia - SP - Ilha do Cardoso	FOD	0,89	Moraes <i>et al.</i> , 1993
Cananéia - SP - formação montana	FOD	0,89	Rebelo <i>et al.</i> , 1994
Guarujá - SP - Ilha de Santo Amaro	FOD	0,83	Varjabedian & Pagano, 1988
Quatro Barras - PR - Morro do Anhangava	FOD	0,82	Portes, 2000
Cubatão - SP - estádio médio - com poluição (Área 3)	FOD	0,63	Leitão Filho <i>et al.</i> , 1993
Mogi-Guaçu - SP - mata ciliar	FES	0,49	Delitti, 1984
Cubatão - SP - Reserva Biológica de Paranapiacaba	FOD	0,48-0,71	Vuono <i>et al.</i> , 1989
Cubatão - SP	FOD	0,42	Lopes, 1990
Cubatão - SP	FOD	0,22	Lopes, 1990

CESAR (1993a), citando vários autores, relacionou uma grande variedade de fatores bióticos e abióticos que controlam a decomposição da serapilheira, salientando que as complexas interações entre estes fatores é que vão determinar o tempo necessário para que a serapilheira seja decomposta e os nutrientes nela incorporados sejam liberados. Os fatores citados pelo autor são a composição química da serapilheira, principalmente, quanto à quantidade de substâncias lixiáveis e solúveis em água, as condições ambientais, tais como temperatura, precipitação, evapotranspiração real, umidade e aeração, a estrutura do solo, as características anatômicas e os conteúdos de energia e de nutrientes na serapilheira, bem como a composição da comunidade dos detritívoros e sua afinidade pelo substrato. MORELLATO (1992) considerou ainda a esclerofilia das estruturas vegetais, que dificulta a decomposição.

De uma maneira geral, segue-se a ordem de importância: macroclima, microclima, natureza do material e comunidade decompositora na interferência da velocidade de decomposição (ANDERSON & SWIFT, 1983 *apud* PORTES, 2000).

A taxa de decomposição pode mudar, significativamente, dependendo da estação do ano, da natureza química do material a ser decomposto e de outros fatores (MEENTEMEYER, 1978; SWIFT *et al.*, 1979; SANTOS, 1989). O processo de decomposição é afetado pelas variações sazonais que, por sua vez, estão relacionadas com fatores bióticos e abióticos (MEGURO *et al.*, 1979; PAGANO, 1985).

A decomposição, normalmente, se dá mais rapidamente nos períodos mais quentes e úmidos (primavera/verão), quando a atividade biológica no solo é favorecida (ANDRAE, 1978 *apud* PORTES, 2000; POGGIANI, 1992). Outros autores também associaram o aumento da velocidade de decomposição da serapilheira à alta temperatura e alta umidade, pois possibilitam a alta atividade biológica, sobretudo, na estação chuvosa, que além de acelerar o processo de decomposição, provoca a lixiviação, liberando assim os nutrientes (JENNY *et al.*, 1949; UNESCO, 1978; SWIFT *et al.*, 1979; HAAG *et al.*, 1985; CUEVAS & MEDINA, 1988, FACELLI & PICKET, 1991). Por outro lado, temperaturas decrescentes podem diminuir a velocidade de decomposição (EDWARDS, 1977; DELITTI, 1995) e, por conseguinte, favorecer a acumulação de serapilheira no solo (UNESCO, *op. cit.*; HAAG *et al.*, *op. cit.*; PORTES, *op. cit.*).

Além da temperatura, o regime hídrico, o ambiente microclimático da serapilheira acumulada e a fertilidade do solo são fatores que afetam as taxas de decomposição, sendo este

último fator, segundo STAAF (1987 *apud* FACELLI & PICKETT, 1991), de importância secundária. As variações ambientais anuais afetam as taxas de decomposição dentro de um determinado ecossistema. ESCUDERO *et al.* (1987 *apud* FACELLI & PICKETT, *op. cit.*) descobriram que os padrões de decomposição, em uma floresta sempre-verde de carvalho com contínua produção de serapilheira foram uma função do clima da estação de derrame das folhas. A decomposição foi mais rápida no outono do que no verão, devido à limitação de água no verão.

Parece razoável aceitar que a decomposição aumente, consideravelmente, em períodos mais quentes e com, relativamente, maior pluviosidade. Isto pode ser observado no presente estudo, já que, em ambos os estandes, o percentual de massa foliar remanescente nas bolsas de decomposição sofreu uma diminuição substancial, no período de dias mais quentes e úmidos, de setembro/2001 a março/2002, decorrendo disto que a perda de massa foliar neste período foi acentuada. Entretanto, vale ressaltar que este é o período de maior intervalo (174 dias), sendo que os dois primeiros períodos tiveram intervalos de 67 e 134 dias (FIGURA 21). Isto dificulta, de um certo modo, a análise em torno das circunstâncias em que o aumento substancial da decomposição se deu, isto é, em um período de condições climáticas mais propícias à decomposição.

Por outro lado, se for comparado o volume de serapilheira produzido no período de setembro/2001 a março/2002, em relação aos dois períodos anteriores, é possível perceber a dimensão do processo de decomposição entre os períodos. No período de setembro/2001 a março/2002 a quantidade de serapilheira produzida foi maior em relação ao período anterior. Em contrapartida, a quantidade de serapilheira acumulada no final do experimento (março/2002) permanece no mesmo nível do início do mesmo (março/2001). Tal resultado não seria possível se o processo de decomposição não fosse mais acelerado a partir de setembro/2001, do contrário, haveria um acúmulo excessivo de serapilheira no solo no final do experimento, em relação ao verificado no início, diante do incremento de produção que se deu a partir deste período (FIGURA 20).

PORTES (2000) discutiu que, apesar das taxas de decomposição estarem mais associadas aos meses de calor e umidade, é perfeitamente compreensível que a velocidade de decomposição do material seja maior nos primeiros meses, mesmo que estes não coincidam com a época de maior calor e umidade, já que os componentes de fácil liberação podem ser utilizados pelos agentes decompositores antes dos de difícil ruptura. SANTOS *et al.* (1982 *apud* CESAR, 1993b) constataram que a taxa de decomposição foi menos acentuada durante o inverno, ocasião

em que a temperatura e o suprimento hídrico são menores. MEGURO *et al.* (1980) e DELITTI (1984) chegaram às mesmas conclusões, utilizando a mesma metodologia, em diferentes ecossistemas do Estado de São Paulo. CUSTÓDIO FILHO (1994) observou um rápido desaparecimento inicial do material foliar confinado em bolsas, atingindo 59% nos primeiros 120 dias e uma subsequente redução na velocidade de decomposição durante 6 meses, correspondendo ao período outono-inverno. LEITÃO FILHO *et al.* (1993) também observaram que a maior perda de peso seco ocorreu nos primeiros três meses de experimento, coincidindo com o período de verão, seguido de uma mínima perda de peso seco no período outono-inverno e uma acentuada perda de biomassa no período posterior, na primavera.

As tendências descritas acima parecem se repetir no presente estudo. A perda de biomassa foliar foi bastante acentuada nos primeiros 67 dias, principalmente no capoeirão. No período do outono-inverno (de maio/2001 a setembro/2001), esta perda foi menos intensa na floresta primária, e não apresentou declínio no capoeirão. Em contrapartida, houve considerável aumento no período de dias mais quentes e úmidos, de setembro/2001 a março/2002, em ambos os estandes, sendo que a perda foi mais acentuada na floresta primária (FIGURA 21).

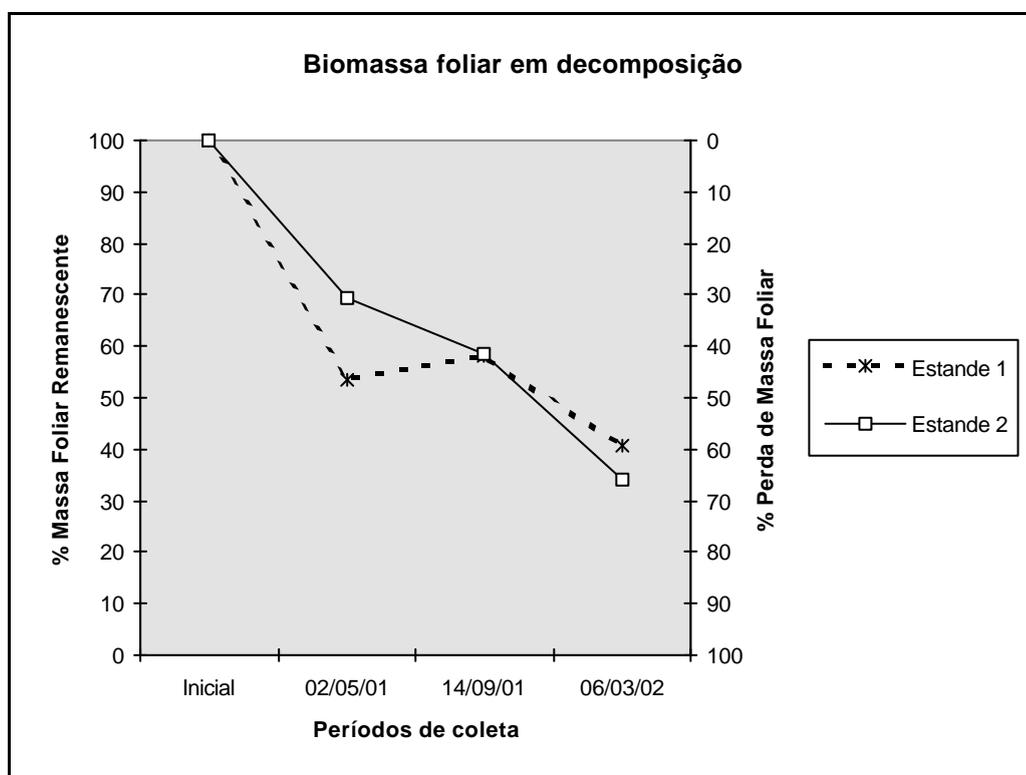


FIGURA 21 - Variação do percentual de biomassa foliar remanescente e do percentual da perda de massa foliar dos estandes 1 (capoeirão) e 2 (floresta primária), durante a decomposição no período de estudo.

Vários fatores foram sugeridos para explicar diferentes taxas de decomposição em florestas tropicais, tais como, a natureza e a concentração de nutrientes, alta concentração de lignina na folha, reduzida atividade da fauna do solo, lixiviação do húmus e a proporção entre compostos orgânicos são determinantes para a maior ou menor intensidade de decomposição (MORELLATO, 1992; PORTES, 2000). O conteúdo de lignina, nitrogênio, hemicelulose, celulose e compostos secundários (tais como tanino e polifenóis) são as mais importantes variáveis que afetam as taxas de decomposição. Órgãos de vida curta e, freqüentemente, com menos lignina e compostos secundários tem, conseqüentemente, decomposição mais rápida (FACELLI & PICKETT, 1991). Os tecidos com elevada concentração de N, P, K e Mg e baixa relação C/N tem sua decomposição favorecida. Tecidos ricos em material estrutural (celulose, hemicelulose e lignina) são mais resistentes à decomposição do que tecidos com grande quantidade de amido, proteínas e açúcar (PORTES, *op. cit.*, pág. 17).

EWEL (1976), citando vários autores, colocou que espécies com alta concentração inicial de nitrogênio decompõem mais rapidamente do que as espécies com baixo teor deste elemento; porém, destaca o estudo de SINGH (1969 *apud* EWEL, *op. cit.*), o qual sugere que as taxas de decomposição são, na verdade, afetadas pela interação de um conjunto de características químicas.

À medida que se dá o processo de decomposição, alterações nos teores de carbono e nutrientes devido à intensa atividade biológica, acarretam contínuas variações nas relações carbono/nutrientes (SWIFT *et al.*, 1979; REBELO *et al.*, 1994; PORTES, *op. cit.*).

A relação C/N é muito conhecida como indicadora da qualidade da matéria orgânica, sendo importante para o controle da mineralização ou imobilização de nitrogênio nos solos. Uma proporção de 25:1 é considerada o limite crítico mais freqüentemente citado, acima do qual a mineralização ou liberação do elemento passa a ser mínima. Relações C/N baixas significam maior velocidade de decomposição, principalmente quando estão entre 12 e 25:1. As espécies de floresta secundária apresentam relação C/N dentro dos limites entre 12 e 25 (GALVÃO *et al.*, 1989/1991). Para JORDAN (1985), a relação C/N em torno de 25 na matéria orgânica fornece carbono e nitrogênio em proporções adequadas para os organismos decompositores.

KLINGE & RODRIGUES (1968 *apud* MELLO, 1995) encontraram uma alta relação C/P (>1000) na produção de serapilheira total em uma área de terra firme em floresta amazônica,

em função da carência de fósforo (P) disponível no solo. Relação C/P alta indica baixa velocidade de decomposição.

ENRÍQUEZ *et al.* (1993 *apud* MELLO, *op. cit.*), ao revisar diversos trabalhos, concluíram que existe uma forte correlação entre a proporção N/P dos detritos de origem vegetal e a taxa de decomposição, mais forte ainda do que a clássica relação C/N. Estes autores afirmam que quanto mais estreita for a relação N/P maior a taxa de decomposição.

No presente estudo, o capoeirão apresentou taxa anual “K-bag” menor que a floresta primária (0,89 e 1,05, respectivamente), sugerindo que o processo de decomposição pode ter sido mais demorado no estande de capoeirão do que no segundo. Todavia, o teste t revelou que as duas populações de amostras não apresentaram diferença significativa ao nível de 0,05 quanto a biomassa remanescente nas bolsas de decomposição, no final do período de estudo ($t = -1,28991$).

À primeira vista, analisando-se os valores iniciais de concentração (%) de nitrogênio e os valores iniciais de C/N, C/P, N/P na serapilheira foliar (TABELA 18), que são aqueles em que o processo de decomposição ainda não havia iniciado efetivamente no material, constata-se que as folhas do capoeirão são, qualitativamente, melhores para os organismos detritívoros da mesofauna e para os decompositores e, portanto, esperar-se-ia uma taxa de decomposição “K-bag” maior em relação a da floresta primária. De fato, tal constatação consubstancia-se em outra observação, isto é, a de que a perda de massa foliar em decomposição no capoeirão, no primeiro período de coleta (02/05/2001), foi bem mais alta que a da floresta primária, revelando uma taxa “K-bag” bem superior no primeiro estande (FIGURA 21). Assim, a concentração maior de nitrogênio e as baixas relações C/N, C/P e N/P na serapilheira foliar do capoeirão, podem ter sido os fatores que conduziram à superioridade na perda inicial de biomassa foliar deste estande, em relação à floresta primária.

TABELA 18 - Relação Carbono/Nitrogênio (C/N), relação Carbono/Fósforo (C/P) e relação Nitrogênio/Fósforo (N/P) da serapilheira produzida (frações “folhas” e “caule”).

	C/N	C/P	N/P
Fração Folhas			
Estande 1	20,80	618,83	29,75
Estande 2	22,42	931,50	41,55
Fração Caule			
Estande 1	46,09	1221,33	26,50
Estande 2	41,53	1829,50	44,05

Entretanto, para se entender o processo de decomposição em sua totalidade, e compreender o que levou ao resultado alcançado quanto às taxas finais de decomposição dos estandes 1 e 2, torna-se necessário verificar o comportamento das relações C/N, C/P e N/P, bem como das porcentagens de nutrientes ao longo deste processo. Os percentuais de variação da concentração de nitrogênio e de fósforo, bem como das relações C/N, C/P e N/P, foram maiores na floresta primária. A concentração de fósforo foi o parâmetro que teve maior variação na floresta primária, com 125% de aumento, contra apenas 67% de aumento no capoeirão. O percentual de diminuição na relação C/P foi bem maior na floresta primária (-56%) do que no capoeirão (- 41%). A relação N/P teve também uma forte variação de diminuição durante o processo de decomposição na floresta primária (- 46%), sendo menos forte esta variação no capoeirão (- 29%) (TABELA 19). É possível deduzir que a maior taxa de decomposição verificada no final do experimento na floresta primária (após 375 dias), em relação ao capoeirão, se deve às variações acima mencionadas, já que, a redução bastante acentuada dos índices N/P e C/P da floresta primária, ao longo do processo de decomposição, aumenta, cada vez mais, a digestibilidade e a palatabilidade das folhas desta comunidade vegetal

TABELA 19 - Variação da perda de biomassa foliar (%Biomassa), da composição química da serapilheira (%Nitrogênio, %Fósforo, %Potássio e %Carbono) e das relações C/N, C/P e N/P durante o processo de decomposição em cada estande: Est. 1 = estande 1 (capoeirão); Est. 2 = estande 2 (floresta primária).

Parâmetros	Serapilheira foliar produzida		Serapilheira foliar em decomposição						% de variação*	
	Est. 1	Est. 2	67 dias		201 dias		375 dias		Est. 1	Est. 2
% Biomassa	100,0	100,0	46,49	30,64	41,91	41,60	59,36	65,85	---	---
% Nitrogênio	1,78	1,66	1,73	1,65	2,00	1,83	2,10	2,03	+ 18	+ 22
% Fósforo	0,06	0,04	0,08	0,07	0,09	0,08	0,10	0,09	+ 67	+ 125
% Potássio	0,50	0,37	0,07	0,05	0,08	0,06	0,08	0,05	- 84	- 86
% Carbono	37,13	37,26	36,65	36,74	36,81	36,66	36,51	36,81	- 2	- 1
Relação C/P	618,8	931,5	458,1	524,9	409,0	458,3	365,1	409,0	- 41	- 56
Relação C/N	20,8	22,4	21,2	22,3	18,4	20,0	17,4	18,1	- 16	- 19
Relação N/P	29,7	41,5	21,6	23,5	22,2	22,9	21,0	22,6	- 29	- 46

* Relação entre a concentração final do elemento (depois de 375 dias de decomposição) e a concentração inicial do elemento (na serapilheira produzida).

Um outro aspecto que favorece a tese levantada é a de que a variação do percentual de perda de biomassa foliar dos estandes 1 e 2, ao longo do processo de decomposição, apresentou forte correlação inversa com os parâmetros C/P, N/P e forte correlação direta com o percentual de

fósforo (TABELA 20), justamente, os parâmetros em que o estande 2 (floresta primária) apresentou maior percentual de variação que o estande 1 (capoeirão), o que permite maior segurança e confiabilidade na análise dos fatores que contribuíram, verdadeiramente, para o processo de decomposição nestes ecossistemas.

TABELA 20 - Correlação de Pearson entre a variação da perda de biomassa foliar (% Biomassa) e a variação dos seguintes parâmetros ao longo do processo de decomposição: relação C/P, relação C/N, relação N/P, %Nitrogênio e %Fósforo; Est. 1 = capoeirão; Est. 2 = floresta primária.

%Biomassa	Relação C/P		Relação C/N		Relação N/P		%Nitrogênio		%Fósforo	
	Est. 1	Est. 2	Est. 1	Est. 2						
Est. 1	-0,968	---	-0,593	---	-0,984	---	0,573	---	0,939	---
Est. 2	---	-0,928	---	-0,897	---	-0,862	---	0,877	---	0,979

É possível que um outro fator venha também a exercer influência nestes resultados. ANDERSON & SWIFT (1983) revelaram que altos teores de lignina presente no material em decomposição indicam maior lentidão no processo de transformação da matéria orgânica pela microbiota. Portanto, é possível que as folhas dos vegetais da floresta primária tenham teores iniciais de lignina maiores, o que levariam, inicialmente, à taxas menores de decomposição. Isto retardaria, inicialmente, o processo de decomposição no material foliar do estande de floresta primária, já que os compostos de fácil degradação sofreriam decomposição primeiro e os compostos de menor digestibilidade sofreriam degradação posterior e em um ritmo mais lento. Talvez por isso a perda de massa foliar na floresta primária foi, inicialmente, menor que a do capoeirão. Esta hipótese encontra apoio na literatura, já que alguns autores (MEDINA & CUEVAS, 1989; GALVÃO *et al.*, 1989/1991; PORTES, 2000) sugeriram que os teores de lignina e de compostos fenólicos são baixos nas fases iniciais de sucessão. Isto sugere que as folhas de espécies de florestas climáticas possam ter teores maiores de lignina, o que impediria uma degradação inicial mais rápida de sua fitomassa.

Por outro lado, estes autores sugeriram que o processo de decomposição é maior nas espécies das fases iniciais de sucessão, quando comparadas com as espécies de fases de sucessão mais avançadas, já que, além de possuírem baixos teores de lignina e de compostos fenólicos, apresentam também alto conteúdo de nitrogênio e baixa relação C/N. Em floresta estacional decidual, GALVÃO *et al.* (*op. cit.*) concluíram que a maioria das espécies de capoeira decompõe-

se mais rapidamente do que as de floresta secundária, acrescentando que, dentro de cada fase sucessional considerada, existe uma grande variação que resulta em diferentes intensidades de decomposição.

Parece aceitável a idéia de que taxas de decomposição possam ser maiores para florestas em plena sucessão, já que para que ocorra acúmulo de biomassa e desenvolvimento estrutural, seria necessário que o processo de mineralização fosse mais rápido e, assim, os nutrientes disponíveis na serapilheira seriam ciclados mais rapidamente, com maior aproveitamento destes nutrientes e menor perda por escoamento sub-superficial para a bacia de drenagem. Entretanto, todos os estudos realizados pelos autores supra-citados apontaram para as fases iniciais de sucessão, principalmente, capoeira. É provável que esta hipótese não seja adequada para as fases avançadas de sucessão florestal, como o capoeirão, ou pode ser que os processos de decomposição já se encontram estabilizados nestas fases.

Na Amazônia, LUIZÃO (1982) fez uma constatação bastante interessante. Durante a estação seca, a perda de peso do material foliar foi maior na área de floresta primária de platô que na área de capoeira. Entretanto, na estação chuvosa ocorreu o inverso. Na estação chuvosa a área de capoeira foi a que houve maior perda de massa foliar depois de 150 dias do experimento de decomposição. Resultados desta natureza parecem evidenciar que a ação da chuva torna o processo de decomposição mais intenso em ecossistemas com menor proteção ou cobertura vegetal, como é o caso da capoeira, em relação à estágios mais avançados de sucessão.

Não foi o que ocorreu no presente experimento, já que no período em que as condições foram mais favoráveis, com maior umidade e temperaturas mais altas, a partir de setembro/2001, a floresta primária sofreu um processo de decomposição mais intensamente do que o capoeirão, resultando nas taxas finais de “K-bag” apresentadas. Além disso, na região do presente estudo não existe uma estação chuvosa bem definida, o que dificultaria qualquer análise ou conclusão neste sentido.

EWEL (1976), utilizando bolsas de malha de 1,6 mm, observou que as diferenças nas taxas de decomposição sob vários estágios sucessionais foram mínimas, mas onde tais diferenças foram observadas, elas não foram sequenciais com a idade do terreno, isto é, as taxas de decomposição não aumentaram, nem diminuíram com a idade da vegetação. Ele discutiu que estas

diferenças percebidas ao longo dos estandes, aparentemente, refletem as particularidades de cada área, entre elas, o solo.

O modelo exponencial para determinar o coeficiente de decomposição com base na perda de massa foliar desenvolvido por JENNY *et al.* (1949) e OLSON (1963) tem sido alvo de críticas e reformulações. MINDERMAN (1968), HOWARD & HOWARD (1974) e EZCURRA & BECERRA (1987), citados por PORTES (2000), testaram outras equações não exponenciais, acreditando que o modelo exponencial não representa bem o processo de decomposição. Outros autores, porém, modificaram o modelo exponencial simples para o modelo exponencial duplo, no qual a serapilheira é dividida em duas frações, uma composta do material de fácil decomposição e outra composta do material de decomposição mais lenta. A explicação é bem simples, já que, durante o processo de decomposição, compostos solúveis de fácil degradação são, rapidamente, utilizados pelos decompositores e os compostos de difícil degradação são utilizados de forma mais lenta; então, a proporção relativa de compostos de difícil decomposição aumenta, diminuindo a taxa de decomposição absoluta e permanecendo constante a taxa de decomposição relativa (WIEDER & LANG, 1982 *apud* PORTES, *op. cit.*).

As diferentes frações da serapilheira tem estruturas e composição química que se decompõem a diferentes velocidades. Assim, enquanto diferentes componentes químicos da serapilheira se decompõem exponencialmente, o processo de decomposição como um todo não pode ser representado por uma simples função exponencial, sendo que o padrão de curva de decomposição é uma soma de diversas funções exponenciais (MINDERMAN, 1968; MASON, 1980, citados por SANTOS, 1997).

No presente estudo, foi utilizado o modelo exponencial simples para achar os valores de “K-bag”, não levando-se em conta as diferenças existentes no material quanto a capacidade de sofrer degradação. É possível, portanto, que as diferenças observadas nas taxas “K-bag” dos estandes 1 e 2 no final do experimento em função da perda de massa foliar, embora não significativas, possam ser decorrentes de diferenças que ocorrem nas proporções relativas de compostos de difícil decomposição e compostos de fácil degradação ao longo do processo de decomposição, ou seja, é possível que no material em decomposição do capoeirão, a proporção relativa de compostos de difícil decomposição aumentou com o passar do tempo, diminuindo a taxa de decomposição absoluta.

Além disso, EWEL (1976), citando WIEGERT & EVANS (1964) e WIEGERT & MURPHY (1968), colocou que o uso de bolsas contendo biomassa vegetal de uma só origem, em estudos sobre decomposição, tem sido também alvo de críticas. WITKAMP & OLSON (1963), citado também por EWEL (*op. cit.*) concluíram que o uso de bolsas resultou em leve subestimação das taxas de decomposição. Além disso, a ocorrência de raízes finas de difícil remoção que penetram nas bolsas decompositoras e o impedimento da entrada de organismos detritívoros devido à abertura de malhas, que podem levar a problemas de estimação foram observados por alguns autores, entre eles, LUIZÃO & SCHUBART (1987) e SANTOS (1997).

No presente estudo, procurou-se retirar as raízes finas o máximo possível, sendo que as bolsas com aberturas de malha de 1 ou 2 mm são, comumente, empregadas pelos pesquisadores. Além disso, o modelo exponencial simples de OLSON (1963) é o mais utilizado pela maioria dos autores, o que permite a comparação de resultados.

No presente estudo, foram utilizados dois métodos distintos, cujos resultados foram também distintos. As taxas de decomposição do capoeirão ($K\text{-rel} = 1,39$) e da floresta primária ($K\text{-rel} = 1,23$) obtidas pela relação “Produção/Acúmulo” sugerem que no capoeirão, a atividade decompositora é maior que na floresta primária. Entretanto, as taxas obtidas pelo outro método, o de confinamento de folhas em bolsas de decomposição ($K\text{-bag}$), sugerem o contrário.

Como destacou SANTOS (1997, p. 54), “esta aparente incongruência entre os resultados de decomposição da serapilheira a partir da relação entre a quantidade produzida e acumulada e a obtida a partir dos experimentos de perda de peso das folhas contidas em bolsas podem ser explicadas pelas diferenças nos métodos e suas limitações”.

SPAIN (1984 *apud* SCOTT *et al.*, 1992) criticou a estimativa da taxa de decomposição instantânea, considerando-a um índice imperfeito da taxa de renovação da serapilheira depositada sobre o solo. DELITTI (1984) ressaltou que parte da serapilheira acumulada sobre o solo não foi recolhida por encontrar-se muito fragmentada e intimamente misturada com partícula do solo, tendo seu valor subestimado. Considerando a problemática envolvida na definição (terminologia) de serapilheira acumulada, devido as suas várias camadas de material com diferentes graus de degradação (SAMPAIO *et al.*, 1993), a consideração ou a desconsideração de uma destas camadas podem gerar profundas divergências nas taxas de decomposição, já que a

serapilheira acumulada é uma variável da função da taxa de decomposição, segundo a equação de OLSON (1963).

O capoeirão apresentou maior taxa de decomposição instantânea, “K-rel”, em relação à floresta primária que, por sua vez, apresentou taxa mais próxima do valor esperado para o estado de equilíbrio dinâmico, que é igual a 1. Apesar disso, considerando-se apenas um ano de observação, não é possível concluir que o ecossistema do capoeirão tenha atingido a condição de equilíbrio dinâmico. Segundo vários autores (OLSON, 1963; EWEL, 1976; FACELLI & PICKETT, 1991; LEITÃO FILHO *et al.*, 1993; ODUM, 1986 *apud* CUSTÓDIO FILHO, 1994), o estado de equilíbrio dinâmico é alcançado quando a quantidade de serapilheira depositada passa a ser igual à quantidade de decomposição, de modo que, ao atingir esta condição, a quantidade de serapilheira acumulada sobre a superfície do solo oscila em torno de um valor médio. Espera-se, porém, que a floresta primária tenha atingida a condição de equilíbrio dinâmico, por ser ela um ecossistema climático, a expressão máxima do desenvolvimento florestal.

Portanto, seria necessário verificar a quantidade média anual de serapilheira acumulada nestes estandes ao longo de três anos ou mais para constatar se ambos apresentam ou não condições de equilíbrio dinâmico. Além disso, há um fator complicador para a análise da taxa instantânea de decomposição - a declividade. Sendo a serapilheira acumulada uma variável da taxa de decomposição pela equação de OLSON (1963), diferenças acentuadas de declividade entre os estandes são relevantes, conforme discutiu-se no capítulo 5.3.1.

5.5.2. Tempo de meia-vida da serapilheira ($T_{50\%}$) e tempo de renovação (TR)

VOGT *et al.* (1986), ao realizar uma ampla revisão, constataram que nos vários tipos de florestas do mundo todo, há uma grande variação no tempo médio de residência de matéria orgânica na serapilheira depositada sobre o solo, podendo ser de menos de 1 ano até 629 anos, sendo que os mais baixos valores foram encontrados em florestas tropicais latifoliadas, tanto decíduas quanto semidecíduas. Nestas formações, a serapilheira depositada se decompõe em menos de um ano; em florestas latifoliadas sempre-verdes este tempo foi de 2,4 anos em média; porém, a renovação das raízes não foi incluída nesta estimativa.

Por ser uma função da taxa de decomposição, o tempo médio de desaparecimento da serapilheira dá uma noção da velocidade com que os minerais são devolvidos ao solo através da

decomposição do material decíduo. Assim, o tempo de decomposição de metade da biomassa decídua do presente estudo, de ambas as áreas, mostra que os processos de decomposição são mais rápidos do que a maioria das 24 áreas de estudo aqui apresentadas, as quais obtiveram tempos mais longos de decomposição. As áreas do capoeirão e da floresta primária deste estudo apresentaram uns dos menores tempos de desaparecimento “ $T_{50\%}$ ” verificados em floresta ombrófila densa (182 e 204 dias, respectivamente), sendo apenas superiores aos valores de OLIVEIRA & LACERDA (1993) e de CUSTÓDIO FILHO (1994) (TABELA 20). Como observou CESAR (1993b), as variações observadas em comparações deste tipo decorrem das diferenças de cobertura vegetal, da produção e da qualidade da serapilheira, das condições climáticas e da composição da microbiota e da mesofauna.

Este tempo de desaparecimento também depende da composição do material que forma a serapilheira caída sobre o solo. Para uma mesma espécie, as folhas se decompõem rapidamente, seguidas de pequenos fragmentos de ramos e casca, os órgãos reprodutivos e a madeira se decompõem de forma muito lenta. Partes jovens decompõem-se mais rapidamente que partes velhas (ANDRAE, 1978; UNESCO, 1978; SWIFT *et al.*, 1979; MASON, 1980; JORDAN, 1985). Alguns autores verificaram, na Costa Rica, que as folhas demoraram 24 semanas para se decompor, enquanto que outros componentes da serapilheira, com menos de 3 cm de diâmetro, demoraram 31 semanas. O material com mais de 3 cm de diâmetro demora, pelo menos, 15 anos para decompor e árvores mortas, com mais de 22 cm de DAP, 13 anos. No Panamá, o tempo é de 10 anos para árvores mortas com 36 cm de DAP (GOLLEY *et al.*, 1978; ARCHIBOLD, 1995, citados por PORTES, 2000).

A floresta é um mosaico de espécies provenientes de diversas origens, sendo assim, não existe um único padrão de comportamento fenológico e sim uma interação entre várias estratégias, sendo o padrão geral dado pelo grupo mais dominante (LEITÃO FILHO *et al.*, 1993). Como sugeriu BURGHOOTS *et al.* (1998), a composição das espécies vegetais de uma formação florestal, que proporciona os diversos mosaicos de fluxo de serapilheira foliar, com variáveis conteúdos de nutrientes, resulta em uma variação espacial das taxas de decomposição e de desaparecimento da serapilheira acumulada sobre o solo. Já que diferenças na composição química das folhas de diferentes espécies arbóreas ou de grupos taxonômicos de uma floresta tropical pode resultar em diferentes taxas de decomposição, estes autores concluíram que o mais importante fator determinante da heterogeneidade espacial da dinâmica de matéria orgânica e de nutrientes sobre a

serapilheira acumulada pode estar na quantidade local de folhas caídas, que pode levar a maior ou a menor porcentagem de folhas no total de serapilheira acumulada.

O tempo médio de desaparecimento da serapilheira do capoeirão foi um pouco maior que da floresta primária (TABELA 15), o que evidencia a dinâmica de ciclagem de nutrientes destas formações sucessionais. Portanto, é aceitável que o maior conteúdo de nutrientes na serapilheira foliar produzida, principalmente, de fósforo e nitrogênio e a maior contribuição de folhas no fluxo de serapilheira para o solo, no capoeirão, possam ser justificativas para o fato deste estande ter apresentado taxas instantâneas de decomposição mais elevadas e, por conseguinte, maior tempo médio de desaparecimento da serapilheira e menor acúmulo de serapilheira no solo do que a floresta primária. Isto ressalta o quanto esta vegetação depende de uma rápida ciclagem de nutrientes para manter e até mesmo aumentar seus níveis de nutrientes foliares em solos pobres de nutrientes. Como assinalou BURGHOUTS *et al.* (1998), este aumento da demanda de liberação de nutrientes pela decomposição da serapilheira acumulada poderia trazer importantes considerações em relação à sustentabilidade da produtividade em florestas tropicais. Tal sustentabilidade é mantida graças ao fornecimento adequado de nutrientes exigidos pela comunidade vegetal para o seu crescimento e renovação de suas estruturas, sem o qual a vegetação começa a definhar-se.

Quanto ao tempo de renovação (“*turnover time*”) da serapilheira, trata-se de um parâmetro que indica o tempo de duração da serapilheira depositada sobre o solo ser totalmente decomposta. Portanto, seu cálculo está em função das taxas de decomposição (K) em condições de equilíbrio dinâmico. O tempo de renovação é o inverso da relação “Produção/Acúmulo”, de modo que quanto menor é a relação “Produção/Acúmulo”, maior é a taxa de renovação da serapilheira acumulada sobre o solo. Em florestas tropicais úmidas a taxa de decomposição varia de 1 a 4, o que indica que o tempo de renovação destas formações ocorre em um ano ou menos, decompondo rapidamente toda a serapilheira que produz (OLSON, 1963). Isto também pode ser constatado em BROWN & LUGO (1982), que revisaram que em florestas tropicais úmidas submontanas o tempo de renovação é de 0,76 ano, contrastando com florestas tropicais de altitude e florestas subtropicais de clima seco que, em média, apresenta este tempo de 1,86.

TABELA 21 - Tempo de desaparecimento de 50% da serapilheira (em dias) em diversas formações florestais brasileiras: FOD = Floresta Ombrófila Densa; FES = Floresta Estacional Semidecidual; FAM = Floresta Amazônica; OUT = Outras florestas tropicais do Brasil.

Localidade	Floresta	T _{50%}	Referência
Manaus - AM - terra firme - vale	FAM	3332	Luizão & Schubart, 1987
Paranapiacaba - SP	FOD	527	Vuonoet al., 1989
Paranapiacaba - SP	FOD	506	Vuonoet al., 1989
Manaus - AM - terra firme - secundária	FAM	466	Luizão & Schubart, 1987
Teodoro Sampaio - SP	FES	358	Schlittler, 1990
Morro do Anhangava - Quatro Barras - PR	FOD	307	Portes, 2000
Ilha de Santo Amaro - Guarujá - SP	FOD	305	Varjabedian & Pagano, 1988
Cananéia - SP - formação montana	FOD	285	Rebeloet al., 1994
Fênix - PR	FES	266	Santos, 1989
Anhembi - SP	FES	238	Cesar, 1988; Cesar, 1993b
São Paulo - SP	FES	234	Meguroet al., 1979
Santa Maria - RS - Floresta Decidual	OUT	219	Cunhaet al., 1993
Rio Claro - SP	FES	219	Pagano, 1985; Pagano, 1989
Manaus - AM - terra firme - platô	FAM	218	Luizão & Schubart, 1987
Orleans - SC	FOD	214	Santos, 1997; Santos et al., 1998
Parque Mun. Lagoa do Peri - Florianópolis/SC - flor. primária	FOD	204	Este estudo
Parque Mun. Lagoa do Peri - Florianópolis/SC - capoeirão	FOD	182	Este estudo
Manaus - AM - terra firme - vale	FAM	182	Luizão, 1982
Araras - SP	FES	180	Diniz, 1987
Floresta da Tijuca - Rio de Janeiro - RJ	FOD	158	Oliveira & Lacerda, 1993
Estação Biológica da Boracéia - Salesópolis - SP	FOD	131	Custódio Filho, 1994
Manaus - AM - terra firme - platô	FAM	113	Luizão, 1982
Piracicaba - SP	FES	110	Poggiani & Monteiro Júnior, 1990
Manaus - AM - terra firme - secundária	FAM	88	Luizão, 1982

Os resultados alcançados no presente trabalho também não foram muito diferentes, tanto para a área do capoeirão quanto para o estande da floresta primária, com tempo de renovação de 0,72 ano (263 dias) e 0,81 ano (296 dias), respectivamente (TABELA 15). São escassos os trabalhos realizados no Brasil que apresentam resultados de tempo de renovação, principalmente, em floresta ombrófila densa. Entretanto, estes resultados estão acima do obtido por CUSTÓDIO FILHO (1994), na Estação Biológica da Boracéia, em Salesópolis/SP (0,52 ano ou 189 dias), que por sua vez, observou possuir um dos mais altos coeficientes de decomposição revisada até então na literatura.

5.5.3. Dinâmica da concentração dos nutrientes durante a decomposição

A decomposição relativamente rápida da serapilheira em florestas tropicais conduz à altas taxas de circulação de nutrientes através do sistema planta/solo (SILVER, 1994). A atividade biológica, sem dúvida, é o principal fator responsável pela perda ou acúmulo dos minerais presentes na serapilheira (LUIZÃO, 1982).

As variações nas concentrações de nutrientes podem ser atribuídas a vários fatores, entre eles, a lixiviação e lavagem de superfícies vegetais pela precipitação, proporcionando decréscimos de concentração maiores ou menores de acordo com o volume de chuva ou a deposição seca ou úmida, causando aumentos (DOMINGOS *et al.*, 1990).

CUEVAS & MEDINA (1988), citando vários autores (GOSZ *et al.*, 1973; LOUSIER & PARKINSON, 1978; ABER & MELILLO, 1980), e SANTOS (1997) colocaram que a concentração do nitrogênio aumenta durante o processo de decomposição, devido, possivelmente, à atividade de microorganismos fixadores de nitrogênio atmosférico, enquanto utilizam uma fonte de carboidrato da serapilheira. Além da fixação do nitrogênio atmosférico, a contaminação do ambiente, ou o transporte via hifas de fungos decompositores são também explicações para este fenômeno. MASON (1980) salientou que o aumento da concentração de nitrogênio melhora a qualidade da serapilheira como alimento para outros microorganismos. GALVÃO *et al.* (1989/1991) também comentou que os teores de nitrogênio tendem a aumentar ao longo do tempo com a decomposição, implicando em uma melhoria da qualidade da serapilheira como nutriente para a microfauna, acelerando o processo de decomposição.

CUEVAS & MEDINA (*op. cit.*) observaram que a acumulação do nitrogênio durante a decomposição da serapilheira, parece ser uma ocorrência geral na maioria das florestas tropicais, embora em algumas florestas tropicais o nitrogênio desapareça a uma mesma taxa que a biomassa ou o acúmulo aconteça em um período muito curto. Estes autores verificaram que, em quase todas as espécies vegetais e ecossistemas observados, houve um rápido aumento nos primeiros dois meses de decomposição, com um aumento contínuo mais lentamente até aos 242 dias. SANTOS (1997) observou que o nitrogênio teve sua concentração ligeiramente diminuída nos primeiros 6 meses, aumentando gradativamente até o final do experimento. Já CUSTÓDIO FILHO (1994) constatou que a variação da concentração de nitrogênio no folheto contido nas bolsas de decomposição, aumentou nos primeiros 4 meses, diminuiu posteriormente e permaneceu constante até o final da observação.

No presente trabalho foi observado um aumento na concentração de nitrogênio da fração folhas da serapilheira confinada nas bolsas de decomposição, nos dois estandes (TABELA 19).

Quanto ao fósforo, o aumento de concentração ao longo do processo de decomposição foram observados por outros autores, entre eles, MEGURO *et al.* (1979), VUONO *et al.* (1989) e CUSTÓDIO FILHO (1994). Comportamento semelhante foi observado no presente trabalho, nos dois estandes (TABELA 19). Por outro lado, CUEVAS & MEDINA (*op. cit.*) observaram que a concentração de fósforo alterou muito pouco durante a decomposição.

Quanto ao potássio, SANTOS (1997) observou que a concentração deste elemento diminuiu em mais de 60% nos dois meses iniciais, chegando no final das observações com aproximadamente 40% de sua quantidade em relação a sua concentração inicial. EWEL (1976) também constatou fenômeno semelhante para este elemento. CUSTÓDIO FILHO (1994) observou também variação decrescente de potássio até o 8º mês, estabilizando-se em seguida. CUEVAS & MEDINA (*op. cit.*) verificaram também uma diminuição drástica da concentração de potássio.

Os resultados obtidos no presente estudo quanto ao potássio corroboram com os relatados na literatura. Não houve uma acentuada diminuição na concentração ainda nos primeiros 67 dias do processo de decomposição em relação ao conteúdo destes nutrientes na serapilheira foliar produzida (TABELA 19). Este elemento, por ser bastante solúvel e não-estrutural, é rápida e altamente mobilizável pela lixiviação (LUIZÃO, 1982).

O fósforo tem sido considerado o elemento que mais freqüentemente limita a produtividade primária nas regiões tropicais, embora geralmente existam grandes estoques no solo, a maior parte está acoplada a compostos de ferro e alumínio, havendo pouca disponibilidade para as plantas. JORDAN (1985) considerou que uma das principais contribuições da decomposição da matéria orgânica no solo é o aumento do fósforo disponível para as plantas, diretamente através da própria mineralização do fósforo e da liberação de ácidos orgânicos responsáveis pela possível solubilização do fósforo completado pelo ferro e alumínio, e ainda de uma terceira forma, através do produto do metabolismo microbiano que pode participar na solubilização do fósforo. Estes aspectos relacionados ao fósforo tem uma interação recíproca com o nitrogênio, pois, a disponibilidade de ambos os elementos depende da taxa de decomposição da matéria orgânica (McGILL & COLE, 1981), de modo que quanto mais estreita for a relação N/P, maior é a taxa de decomposição (ENRÍQUEZ *et al.*, 1993 *apud* MELLO, 1995, p. 104). Florestas tropicais e subtropicais tem taxas N/P na serapilheira produzida de 22 a 27:1; porém, a decomposição pode acontecer a partir de uma taxa de 10:1 (VOGT *et al.*, 1986).

À medida que se dá o processo de decomposição, alterações nos teores de carbono e nutrientes devido à intensa atividade biológica, acarretam contínuas variações nas relações carbono/nutrientes (SWIFT *et al.*, 1979; REBELO *et al.*, 1994; PORTES, 2000).

No presente estudo, houve clara redução dos valores de C/N, C/P e N/P nos dois estandes ao longo do processo de decomposição. O nitrogênio e fósforo apresentou valores mais altos no capoeirão do que na floresta primária, em todas as três etapas verificadas do processo. Além disso, as relações C/N, C/P e N/P do capoeirão apresentaram valores mais baixos do que da floresta primária nestes mesmos estádios. Isto sugere que as atividades biológicas no capoeirão são bem mais intensas em relação à floresta primária, evidenciando a grande capacidade desta comunidade de efetuar a mineralização de nutrientes mais rapidamente, de modo a torná-los disponíveis para as plantas em menor tempo possível.

6. CONCLUSÕES

No presente estudo, foi observado que o capoeirão produziu maior quantidade de serapilheira por unidade de tempo e espaço, maior concentração de nutrientes (N, P, K) na serapilheira e maior fluxo destes nutrientes da biomassa aérea para o solo do que a floresta primária. A fração “caule” foi a principal responsável pela diferença de produção total anual de serapilheira observada entre o estande do capoeirão e o da floresta primária.

As lianas, com presença mais perceptível no capoeirão, podem ter exercida significativa participação na produção total de serapilheira, bem como na ciclagem de nutrientes. Por outro lado, a presença de bromélias epífitas e de palmiteiros jovens e adultos, típicos de floresta mais desenvolvida, contrabalancearam esta vantagem dos capoeirões.

A produção de serapilheira (total e frações “folha” e “caule”) de ambas as comunidades vegetais, não apresentou correlação com os fatores abióticos (temperatura média, precipitação, evapotranspiração e ventos fortes), exceto com a velocidade média do vento.

Produções totais de serapilheira mais elevadas na primavera foram observadas em ambos os estandes, sugerindo que as espécies vegetais destas comunidades guardam um comportamento fenológico em comum. Constatou-se um sincronismo entre as taxas de decomposição e os picos de produção total de serapilheira na primavera, já que a serapilheira atinge níveis máximos de produção no mesmo período (a partir de setembro/2001) em que as condições para decomposição (luz, calor, umidade) mostram-se mais favoráveis.

A quantidade média anual de serapilheira acumulada no capoeirão foi menor que na floresta primária, possivelmente, em virtude da alta declividade do primeiro estande e da baixa declividade do segundo.

Os dois métodos empregados para determinação das taxas de decomposição foram divergentes quanto aos resultados. A taxa instantânea de decomposição do capoeirão é maior que a da floresta primária. Já as taxas de decomposição obtidas pelo método de confinamento em bolsas de nylon (K-bag) revelam que a floresta primária apresentou um valor maior que o do capoeirão.

No processo de decomposição, o tempo de meia vida da serapilheira e o tempo de renovação são menores no capoeirão do que na floresta primária.

O teste t revelou, entretanto, que as diferenças de produção anual total, produção anual de folhas, produção anual de caule, quantidade média anual de serapilheira acumulada e de perda de biomassa foliar no processo de decomposição, entre os dois estandes, não foram significativos, ao nível de 0,05 (5%). Portanto, o capoeirão apresentou um comportamento similar a da floresta primária alterada, no que se refere a esses aspectos da ciclagem de nutrientes. O capoeirão mostrou-se ser quase tanto quanto eficiente no uso de nitrogênio do que a floresta primária, porém, é menos eficiente na utilização do fósforo e potássio do que este último estande. Isto pressupõe que, um capoeirão com 60 anos de abandono agrícola não recuperou, integralmente, os parâmetros de ciclagem de nutrientes de uma floresta bem desenvolvida.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos de eficiência do uso de nutrientes revelam que, após sessenta anos de abandono da atividade agrícola, a área de capoeirão é menos eficiente na utilização de fósforo e do potássio do que a área de floresta primária adjacente. Por outro lado, este ecossistema alcançou os mesmos níveis de eficiência de uso de nitrogênio da floresta primária.

Como as espécies arbóreas de florestas secundárias acumulam os nutrientes relativamente cedo em sua biomassa, no processo sucessional, o incremento em biomassa tende a diluir a concentração destes nutrientes nos tecidos vegetais. Com o passar do tempo, a eficiência no consumo de nutrientes aumentará em função da massa orgânica acumulada, da diminuição da absorção de nutrientes e da maior reutilização dos nutrientes. Isto pode ter implicações para o manejo destas florestas. Deste modo, o presente trabalho poderia trazer subsídios para o manejo sustentável em áreas de capoeirão, já que compreendendo melhor e mais profundamente seus mecanismos de ciclagem de nutrientes, é possível garantir melhor sustentabilidade ecológica destes ecossistemas.

As espécies variam quanto às suas taxas de retenção e à capacidade de reciclagem de nutrientes. Neste aspecto, conhecer o valor nutricional das espécies vegetais que compõem uma floresta e a taxa com que estas espécies enviam minerais para o solo, poderia ser um próximo passo para o estabelecimento de estratégias de manejo com enfoque na ciclagem de nutrientes, seja visando a melhoria da fertilidade do solo, ou a redução da exportação de nutrientes em função da

colheita de alguma espécie florestal. Pode-se também ter uma idéia relativa das diferentes espécies do sistema, permitindo a seleção de locais para o plantio ou auxiliando na definição de um regime de adubação, em caso dessas espécies serem utilizadas em programas de recomposição florística ou de recuperação de áreas degradadas.

Os resultados deste estudo pode ter, também, implicações na gestão da qualidade da água que é fornecida ao sistema lagunar pela bacia de drenagem da Lagoa do Peri. As florestas bem conservadas, com uma boa camada de serapilheira acumulada sobre o solo, e com uma eficiente ciclagem de nutrientes, pode manter os nutrientes nos reservatórios da floresta. Quando os processos de ciclagem de nutrientes não são adequados, ou eficientes, pode acarretar uma perda substancial de nutrientes da floresta, de tal modo que a água que deixa o sistema como descarga em riachos pode conter concentrações relativamente altas de elementos minerais, comprometendo, assim, a qualidade da água dos mananciais para fins de abastecimento público, para o qual se dispõe a Lagoa do Peri. Os capoeirões, que ocupam uma parcela considerável da área da bacia hidrográfica da Lagoa do Peri, podem ser responsáveis pela qualidade da água do corpo lagunar, já que mostram-se menos eficientes no uso de alguns nutrientes em relação a ecossistemas de estágio mais desenvolvido. Por isso, estudos futuros poderiam objetivar a avaliação da contribuição destes ecossistemas na qualidade da água fornecida pela bacia de drenagem da Lagoa do Peri.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABER, J.D.; MELILLO, J.M. 1980. Litter decomposition: measuring relative contributions of organic matter and nitrogen to forest soils. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, **58**: 416-421.
- ADIS, J.; FURCH, K.; IRMLER, U. 1979. Litter production of a Central Amazonian, Brasil, black water inundation forest. **Tropical Ecology**, **20** (2): 236-245.
- ALVIM, P.T. 1964. Periodicidade do crescimento das árvores em climas tropicais. **In**: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 15, 1964, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Botânica do Brasil, p. 405-422.
- ANDERSON, J.M; PROCTOR J.; VALLACK H.W. 1983. Ecological studies in four contrasting lowland rain forests in Gunung Mulu National Park, Sarawak. III. Decomposition processes and nutrient losses from leaf litter. **Journal of Ecology**, Oxford, 71: 503-527.
- ANDRAE, F.H. 1978. **Ecologia florestal**. Imprensa Universitária, Santa Maria, 230p.
- ARCHIBOLD, O.W. 1995. **Ecology of World Vegetation**. Department of Geography, University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada, Ed. Chapman & Hall, 1ª ed. 510p
- BACKES, A.; FERNANDES, A.V.; ZENI, D.J. 2000. Litterfall in a Forest with *Araucaria angustifolia* in Southern Brazil. **Pesquisas Botânicas**, Rio dos Sinos, **50**: 97-117.
- BERENDSE, F; AERTS, R. 1987. Nitrogen-use efficiency: a biologically meaningful definition?. **Fun. Ecol.**, **1**: 293-296.
- BLASCO, F.; TASSY, B. 1975. Etude d'un ecosysteme forestier montagnard du Sud de L'Inde. **Bulletin d'Ecologie**, **6**: 525-539 .
- BOEGER, M.R. *et al.* 1999. Análise quantitativa da produção da serapilheira na reserva de Volta Velha, município de Itapoá, SC. **In**: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 50., 1999. Blumenau. **Resumos...** Blumenau: FURB/UFSC/UNESC/EPAGRI/HBR/SBB, p. 213.
- BORMANN, H. F.; LIKENS, G.E. 1970. The nutrient cycles of an ecosystem. **Scientific American**, New York, **233** (4): 92-101.

- BRASSEL, H.M.; UNWIN, G.L.; STOCKER, G.C. 1980. The quality, temporal distribution and mineral-element content of litterfall . **Journal of Ecology**, Oxford, **68** (1): 123-140.
- BRAY, J.R., GORHAM, E. 1964. Litter production in forests of the world. **Advances in Ecological Research**, London, **2**: 101-157.
- BRITEZ, R.M. 1994. **Ciclagem de nutrientes minerais em duas florestas da planície litorânea da Ilha do Mel, Paranaguá, PR**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.
- BRITEZ, R.M.; REISSMANN, C.B.; SILVA, S.M. *et al.* 1992. Deposição estacional de serapilheira e macronutrientes em uma floresta de araucária, São Mateus do Sul, Paraná. **In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS**, 2, 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Instituto Florestal, 1992, p 766-772.
- BROWN, S.; LUGO, A.E. 1982. The storage and production of organic matter in tropical forests and their role in global carbon cycle. **Biotropica**, **14** (3): 161-187 .
- BROWN, S.; LUGO, A.E. 1990. Tropical secondary forests. **Journal of Tropical Ecology**, Aberdeen, **6** (1): 1-32.
- BURGHOUTS, T.B.A.; VAN STRAALLEN, N.M.; BRUIJNZEEL, L.A. 1998. Spatial heterogeneity of element and litter turnover in a Bornean rain forest. **Journal of Tropical Forest**, Cambridge, **14**: 477-506.
- CABRAL, L.O. 1999. **Bacia da Lagoa do Peri: sobre as dimensões da paisagem e seu valor**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 236p.
- CAPOBIANCO, J.P.R. 2002. Mata Atlântica: Conceito, abrangência e área original. **In: SCHÄFFER, W.B.; PROCHNOW, M. (org.). 2002. A Mata Atlântica e Você: Como preservar, recuperar e se beneficiar da mais ameaçada floresta brasileira**. APREMAVI, Brasília, DF. p. 111-123.
- CARDOSO, J.H.; REIS, A. 1996. Avaliação preliminar da deposição de serapilheira em estádios secundários da floresta ombrófila densa da encosta atlântica de Santa Catarina. **In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA**, 47., 1996. Nova Friburgo. **Resumos...** Nova Friburgo: Sociedade Botânica do Brasil, p. 341.

- CARPANEZZI, A.A. 1980. **Deposição de material orgânico e nutrientes em uma floresta natural e em uma plantação de eucalipto no interior do Estado de São Paulo.** Dissertação de Mestrado. Piracicaba, ESALQ/USP, 107p.
- CARUSO, M.M.L. 1990. **O desmatamento da Ilha de Santa Catarina de 1500 aos dias atuais.** 2ª Edição: Revista. Editora da UFSC. Florianópolis, SC, 160p.
- CECCA - Centro de Estudos Cultura e Cidadania. 1996. **Uma cidade numa ilha.** Editora Insular, Florianópolis, SC. 247p.
- CECCA - Centro de Estudos Cultura e Cidadania. 1997. **Unidades de conservação e Áreas Protegidas da Ilha de Santa Catarina: Caracterização e legislação.** Editora Insular. Florianópolis, SC.158p.
- CESAR, O. 1988. **Composição florística, fitossociologia e ciclagem de nutrientes em mata mesófila semidecídua (Fazenda Barreiro Rico, mun. Anhembi, SP).** Tese de Livre-Docência, Departamento de Botânica. Instituto de Biociências. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, SP. 233p.
- CESAR, O. 1993a. Nutrientes minerais na serapilheira produzida na mata mesófila semidecídua da Fazenda Barreiro Rico, município de Anhembi, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, **53**:659-669.
- CESAR, O. 1993b. Produção de serapilheira na mata mesófila semidecídua da Fazenda Barreiro Rico, município de Anhembi, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, **53**:671-681.
- CHAPIN, F S. 1980. The mineral nutrition of wild plants. **Ann. Rev. Ecol. Syst.**, **11**: 233-260.
- CINTRA, R. 1997. Leaf litter effects on seed and seedling predation of the palm *Astrocaryum murumuru* and the legume tree *Dipteryx micrantha* in Amazonian forest. **Journal of Tropical Ecology**, Aberdeen, **13**:709-725.
- CITADINI-ZANETTE, V. 1995. **Florística, fitossociologia e aspectos da dinâmica de um remanescente de mata atlântica na microbacia do Rio Novo, Orleans, SC.** Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 238p
- CONSTANTINIDES, E.; FOWNES, J.H. 1994. Nitrogen mineralization from leaves and litter of tropical plants: Relationship to nitrogen, lignin and soluble polyphenol concentrations. **Soil Biol. Biochem.**, **26** (1): 49-55.

- CUEVAS, E.; MEDINA, E. 1988. Nutrient dynamics within Amazonian forests. II - Fine root growth, nutrient availability and leaf litter decomposition. **Oecologia**, Berlin, **76**: 222-235.
- CUNHA, G.C. 1997. **Aspectos da ciclagem de nutrientes em diferentes fases sucessionais de uma floresta estacional do Rio Grande do Sul**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, São Paulo, 86p.
- CUNHA, G.C.; GRENDENE, L.A.; DURLO, M.A.; BRESSAN, D.A. 1993. Dinâmica nutricional em floresta estacional decidual com ênfase aos minerais provenientes da deposição da serapilheira. **Ciência Florestal**, Santa Maria, **3** (1): 35-64.
- CUSTÓDIO FILHO, A. 1994. **Produção e decomposição de serapilheira em um trecho da floresta pluvial atlântica - Estação Biológica de Boracéia - São Paulo**. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, São Paulo. 72p.
- DANTAS, M.; PHILLIPSON, J. 1989. Litterfall and litter nutrient content in primary and secondary Amazonian "terra firme" rain forest. **Journal of Tropical Ecology**, Aberdeen, **5**:27-36.
- DAY, F.P. 1983. Effects of flooding on litter decomposition in microcosms. **Oecologia**, Berlin, **56**: 180-184.
- DELITTI, W.B.C. 1984. **Aspectos comparativos da ciclagem de nutrientes minerais na mata ciliar, no campo cerrado e na floresta implantada de *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii* (Mogi-Guaçu, SP)**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 299p.
- DELLITI, W.B.C. 1995. Estudos de ciclagem de nutrientes: instrumentos para a análise funcional de ecossistemas terrestres. *In*: ESTEVES, F.A. (ed.) **Oecologia Brasiliensis. Vol. I: Estrutura, funcionamento e manejo de Ecossistemas Brasileiros**. UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, p. 469-486.
- DIAS, H.C.T.; OLIVEIRA-FILHO, A.T. 1997. Variação temporal e espacial da produção de serapilheira em uma área de floresta estacional semidecídua montana em Lavras-MG. **Revista Árvore**, **21**:11-26.

- DINIZ, S. 1987. **Ciclagem de nutrientes associados aos processos de produção e decomposição do folhedo em um ecossistema de mata mesófila semidecídua, no município de Araras, Rio Claro.** Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, 89p.
- DINIZ, S.; PAGANO, S.N. 1996. Folhedo em floresta mesófila semidecídua no município de Araras, SP. I. Produção, decomposição e acúmulo. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 47, Novo Friburgo, 1996. **Resumos ...** Nova Friburgo: Sociedade Botânica do Brasil, p. 343.
- DINIZ, S.; PAGANO, S.N.; BINI, M. 1996. Folhedo em floresta mesófila semidecídua no município de Araras, SP. II. Macronutrientes. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 47, Novo Friburgo, 1996. **Resumos ...** Nova Friburgo: Sociedade Botânica do Brasil, p. 341.
- DOMINGOS, M.; POGGIANI, F.; STRUFFALDI DE VUONO, Y.; LOPES, M.I.M.S. 1990. Litter production in the forest of the Biological Reserve of Paranapiacaba, subjects to air pollution from Cubatão, SP (Brazil). **Hoehnea** , São Paulo, **17** (1): 47-58.
- DRUMOND, M.A.; BARROS, N.F.de; SOUZA, A.L.de; SILVA, A.F.da; TEIXEIRA, J.L. 1997. Composição mineral e demanda nutricional de espécies florestais da mata atlântica. **Revista Árvore**, Viçosa, **21** (1): 1-10.
- DURIGAN, G.; LEITÃO FILHO, H.F.; PAGANO, S.N. 1996. Produção de folhedo em matas ciliares na região oeste do Estado de São Paulo. **Revista do Instituto Florestal**, **8** (2): 187-199.
- EDWARDS, P.J. 1977. Studies of mineral cycling in a montane rain forest in New Guinea - II. the production and disappearance of litter. **Journal of Ecology**, Oxford, **65**: 971-992 .
- EDWARDS, P.J. 1982. Studies of mineral cycling in a montane rain forest in New Guinea - V: rates of cycling in throughfall and litterfall . **Journal of Ecology**, Oxford, **70** (3): 807-828.
- ENRIGHT, N.J. 1979. Litter production and nutrient partitioning in rainforests near Bulolo, Papua, New Guinea. **Malaysian Forester**, **42**: 202-207 .
- ENRÍQUEZ, S.; DUARTE, C.M.; SAND-JENSEN, K. 1993. Patterns in decomposition rates among photosynthetic organisms: The importance of detritus C:N:P content. **Oecologia**, Berlin,

94: 457-471.

- ESCUADERO, A.; GARRIDO, M.V.; MATIAS, M.D. 1987. Decay curves of leaf litter from evergreen and deciduous tree species. **Oecol. Plant**, **8**: 81-87.
- EWEL, J.J. 1976. Litter fall and leaf decomposition in a tropical forest succession in eastern Guatemala. **Journal of Ecology**, Oxford, **64**:293-308.
- EZCURRA, E.; BECERRA, J. 1987. Experimental decomposition of litter from the Tamaulipan Cloud Forest: A comparison of four simple models. **Biotropica**, **19** (4): 290-296.
- FACELLI, J.M.; PICKETT, S.T.A. 1991. Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure. **The Botanical Review**, New York, **57**:1-32.
- FOLSTER, H.; DE LAS SALAS, G. 1976. Litter fall and mineralization in three tropical evergreen forest stands, Colombia. **Acta Cient. Ven.**, **21**: 196-202.
- FONSECA, R.C.B. 1998. **Fenologia e estrutura de uma floresta semidecídua, em Botucatu-SP: relação com as fases de desenvolvimento sucessional**. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- FRANCO, A.A.; CAMPELLO, E.F.C. 1997. Importância da qualidade da serapilheira na sucessão vegetal em áreas de recuperação na Amazônia. **In**: ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS, 2., nov. 1997, São Carlos. **Anais...** São Carlos: Embrapa-CNPDIA, p.53-59.
- FRANKEN, M.; IRMLER, U.; KLINGE, H. 1979. Litterfall in inundation, riverine and terra firme forest of Central Amazonia. **Tropical Ecology**, Varanasi, **20** (2): 225-235.
- FREITAS, V.L.C. 1990. **Massas de serapilheira em onze matas de faixa úmida de Pernambuco**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco, 95p.
- FROUFE, L.C.M.; FRANCO, A.A.; FARIA, S.M.; CAMPELLO, E.F.C. 1997. Produção de serapilheira e ciclagem de nitrogênio, fósforo e potássio em plantios puros e consorciados de *Eucalyptus grandis* e *Albizia guachapele*. **In**: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS-SINRAD, 3., maio 1997, Ouro Preto. **Anais...** Viçosa: SOBRADE; UFV/DPS/DEF, p.205-214.

- GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y.S.; PORTES, M.C.G.O.; VICENTINI, A. 1999. Avaliação da deposição de serapilheira em diferentes fases serais de floresta ombrófila mista. **In:** CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 50., 1999. Blumenau. **Resumos...** Blumenau: FURB/UFSC/UNESC/EPAGRI/HBR/SBB, p. 209.
- GALVÃO, F.; ZILLER, S.R.; BUFREM, A.M. 1989/1991. Decomposição foliar de algumas espécies arbóreas: análise sucessional em floresta estacional decidual. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, **11** (1/2): 161-168.
- GENTRY, A.H. 1983. Lianas and the “paradox” of contrasting latitudinal gradients in wood and litter production. **Tropical Ecology**, Varanasi, **24** (1): 63-67.
- GOLLEY, F.B.; MCGINNIS, J.T.; CLEMENTS, R.G.; CHILD, G.I.; DUERVER, M.J. 1978. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida**. São Paulo, EPU-EDUSP. 256p.
- GONG, W.K.; ONG, J.E. 1983. Litter production and decomposition in a coastal hill dipterocarp forest. In: SUTTON, S.L.; WHITEMORE, T.C.; CHADWICK, A.C. (ed.). **Tropical rain forest: ecology and management**. British Ecological Society, v. 2. Blackwell Scientific Publications, Oxford, p. 275-285.
- GORRESIO-ROIZMAN, L.; VARJABEDIAN, R.; RAMOS-NETO, M.B. *et al.* 1992. Produção e decomposição de serapilheira na mata da Reserva da Cidade Universitária Armando Salles Oliveira, São Paulo (SP). **In:** CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE ECOLOGIA, 2., CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 1992, Caxambú. **Resumos ...** Caxambú: Sociedade de Ecologia do Brasil, p. 464-465.
- GOSZ, J.R.; LIKENS, G.E.; BORMANN, F.H. 1973. Nutrient release from decomposing leaf and branch litter in the Hubbard Brook forest, New Hampshire, **Ecol. Mon.**, **43**: 173-191.
- GRANDI, A.C.; DELITTI, W.B.C.; GRANDI, R.A.P. 1992. Decomposição de folhas de *Cedrela fissilis* Vell.: influência dos artrópodos e dos nutrientes na velocidade de perda de peso. **In:** CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE ECOLOGIA, 2., CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 1992, Caxambú. **Resumos...** Caxambú, Brasil: Sociedade de Ecologia do Brasil, 1992. p. 471-472.

- HAAG, H.P.; VALERA, F.P.; CHIARANDA, R.; KIKUTI, P.; CHAVEZ, J.M.; DONALD, E.L.F.; RIZZO, L.T.B.; RUEDA, J.L. 1985. **Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais**. Fundação Cargill, Campinas, 144p.
- HAYNES, B.; FOSTER, R.B. 1977. Energy flow through litter in a panamanian forest. **Journal of Ecology**, Oxford, **65** (1): 147-155.
- HERBOHN, J.L.; CONGDON, R.A. 1993. Ecosystem dynamics at disturbed and undisturbed sites in north Queensland wet tropical rain forest. II- Litterfall. **Journal of Tropical Ecology**, Aberdeen, **9**:365-380.
- HERBORN, J.L.; CONGDON, R.A. 1998. Ecosystem dynamics at disturbed and undisturbed sites in North Queensland wet tropical rain forest. III. Nutrient returns to the forest floor through litterfall. **Journal of Tropical Ecology**, Aberdeen, **14** (2) 217-229.
- HINKEL, R.; PANITZ, C.M.N. 1999. Estudo comparativo da produção de serapilheira de uma área de mata atlântica e de um povoamento de *Pinus elliotii* Engelm. var. *elliottii* na Ilha de Santa Catarina, Brasil. **Biotemas**, Florianópolis, **12** (1): 67-93.
- HOWARD, P.J.A.; HOWARD, D.M. 1974. Microbial decomposition of tree and shrub leaf litter. I. Weight loss and chemical composition of decomposing litter. **Oikos**, **25** (3): 341-352.
- IPIUF - Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis. 1978. **Plano Diretor da Lagoa do Peri**, v. 2, Relatório Final.
- IRMLER, U.; FURCH, K. 1980. Weight, energy and nutrient changes during decomposition of leaves in the emersion phase of Central Amazonian inundation forests. **Pedobiologia**, **20**: 118-130.
- JACKSON, J.F. 1978. Seasonality of flowering and leaf fall in a Brazilian subtropical lower montane moist forest. **Biotropica**, **10**:38-42.
- JANZEN, D.H. 1980. **Ecologia Vegetal nos Trópicos**. Vol. 7, EPU-EDUSP. São Paulo, SP, 79p.
- JENNY, H. 1980. **The soil resource**. Springer, New York, Berlin, Heidelberg, 377p.
- JENNY, H.; GESSEL, S.P.; BINGHAM, F.T. 1949. Comparative study of decomposition rates of organic matter in temperate and tropical regions. **Soil Sci.**, **68**: 419-432.

- JOHN, D.M. 1973. Accumulation and decay of litter and net production of forest in tropical West Africa. **Oikos**, **24**: 430-435.
- JORDAN, C.F. 1971. Productivity of a tropical forest and its relation to a world pattern of energy storage. **Journal of Ecology**, Oxford, **59** (1): 127-143.
- JORDAN, C.F. 1985. **Nutrient cycling in tropical forest ecosystems**. New York, John Wiley & Sons, 190p.
- JORDAN, C.F. 1991. Nutrient cycling process and tropical forest management. *In*: GÓMEZ-POMPA, A.; WHITMORE, T.C.; HADLEY, M. (eds.). **Rain forest regeneration and management**. Vol. 6. Man and the Biosphere Series. UNESCO, Paris, p. 159-180.
- JORDAN, C.F.; MURPHY, P.G. 1978. A latitudinal gradient of wood and litter production, and its implication regarding competition and species diversity in trees. **Am. Midl. Nat.**, **99**: 415-434.
- KIRA, T. 1978. Community architecture and organic matter dynamics in tropical lowland rain forests of Southeast Asia with special reference to Pasoh Forest, West Malaysia. *In*: TOMLINSON, P.B.; ZIMMERMANN, M.H. (eds.). **Tropical trees as living systems**. Cambridge University Press, Cambridge, p. 561-590.
- KLEIN, R.M. 1980. Ecologia da Flora e Vegetação do Vale do Itajaí. **Sellowia**, **32**, 389p
- KLINGE, H. 1977. Fine litter production and nutrient return to the soil in three natural forest stands of eastern Amazonia. **Tropical Ecology**, Varanasi, **20** (2): 225-235.
- KLINGE, H.; RODRIGUES, W.A. 1968a. Litter production in an area of Amazonian terra firme forest. Part I. Litter fall, organic carbon and total nitrogen contents of litter. **Amazoniana**, **1**:287-302.
- KLINGE, H.; RODRIGUES, W.A. 1968b. Litter production in an area of Amazonian terra firme forest. Part II. Mineral nutrient content of the litter. **Amazoniana**, **1**:303-310.
- KOEHLER, C.W.; REISSMANN, C.B. 1992. Macronutrientes retornados com a serapilheira de *Araucaria angustifolia* em função do sítio. *In*: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Revista Instituto Florestal, p. 645-648.

- KUERTEN, R.M. 1998. **Produção de cartas de uso e cobertura da terra a partir de dados obtidos por sensores remotos - Área teste: Parque Municipal da Lagoa do Peri.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 88p.
- LARCHER, W. 1986. **Ecofisiologia vegetal.** São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda, 319p.
- LEIGH Jr., E.G. 1999. **Tropical forest ecology: A view from Barro Colorado Island.** Oxford University Press, New York, Oxford, 245p.
- LEIGH, E.G.; SMYTHE, N. 1978. Leaf production, leaf consumption and the regulation of folivory on Barro Colorado Island. *In*: MONTGOMERY, G.G. (ed.). **The Ecology of Arboreal Folivores.** Smithsonian Institute, Washington, p. 35-50.
- LEITÃO FILHO, H.F.; TIMONI, R.; PAGANO, S.N.; CESAR, O. 1993. **Ecologia da Mata Atlântica em Cubatão.** Editora UNESP, Editora UNICAMP, São Paulo, 184p.
- LEITE, P.F.; KLEIN, R.M. Vegetação. *In*: IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1990. **Geografia do Brasil: Região Sul. Rio de Janeiro**, v.2.
- LIM, M.T., 1978. Litterfall and mineral nutrient content of litter in Pasoh Forest Reserve. **Malayan Nature Journal**, **30**: 375-390.
- LIMA, W.P. 1985. Ação das chuvas no ciclo biogeoquímico de nutrientes em plantações de pinheiros tropicais e em cerrado. **IPEF**, Piracicaba, **30**: 13-17.
- LODHIYAL, L.S.; LODHIYAL, N. 1997. Nutrient cycling and nutrient use efficiency in short rotation, high density Central Himalayan Tarai Poplar Plantations. **Annals of Botany**, **79**: 517-527.
- LODHIYAL, L.S.; SINGH, R.P.; SINGH, S.P. 1994. Productivity and nutrient cycling in poplar stands in central Himalaya, India. **Canadian Journal of Forest Research**, **24**: 1199-1209.
- LONSDALE, W.W. 1988. Predicting the amount of litterfall in forests of the world. **Annals of Botany**, **61**:319-324.
- LOPES, M.I.M.S.; TEIXEIRA, C.B.; COMPTE, V.X.; LIESS, S.; MAYER, R. 1993. Litter production in the Atlantic forest vegetation of Serra do Mar, Cubatão region, Brazil. *In*: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS DA COSTA BRASILEIRA, 3, 1993, Serra Negra, **Anais...** Serra Negra: **ACIESP**, **87**: 87-94.

- LOUSIER, J.D.; PARKINSON, D. 1978. Chemical element dynamics in decomposing leaf litter. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, **56**: 2795-2812.
- LOUZADA, M.A.P.; QUINTELA, M.F.S.; PENNA, L.P.S. 1995. Estudo comparativo da produção de serapilheira em áreas de mata atlântica: a floresta secundária “antiga” e uma floresta secundária (capoeira). **Oecologia Brasiliensis**, **1**: 61-74.
- LOWMAN, M.D. 1988. Litterfall and leaf decay in three Australian rainforest formations. **Journal of Ecology**, Oxford, **76** (2): 451-465.
- LUIZÃO, F.J. 1982. **Produção e decomposição da liteira em floresta de terra firme da Amazônia Central. Aspectos químicos e biológicos da lixiviação dos nutrientes da liteira**. Dissertação de Mestrado. Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, 107p.
- LUIZÃO, F.J. 1989. Litter production and mineral element input to the forest floor in central Amazonian forest. **Geo Journal**, **19**: 407-417.
- LUIZÃO, F.J.; SCHUBART, H.O.R. 1987. Litter production and decomposition in a terra-firme forest of Central Amazonia. **Experientia**, **43** (3):259-64.
- MARTINELLO, C.M.; CITADINI-ZANETTE, V.; SANTOS, R. 1999. Produção de serapilheira das lianas de um remanescente de Mata Atlântica na microbacia do Rio Novo, Orleans, Santa Catarina. **Biotemas**, Florianópolis, **12** (1): 49-65.
- MARTINEZ-IRIZAR, A.; SARUKHAN, J. 1990. Litterfall patterns in a tropical deciduous forest in Mexico over five year period. **Journal of Tropical Ecology**, Aberdeen, **6** (4): 433- 444.
- MARTINS, F.R. 1982. O balanço hídrico seqüencial e o caráter semi-decíduo da floresta do Parque Estadual de Vassununga, Santa Rita do Passa-Quatro (SP). **Rev. Bras. Estat.**, Rio de Janeiro, **43** (170): 353-391.
- MARTINS, S.V.; RODRIGUES, R.R.. 1999. Produção de serapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, **22** (3).
- MASON, C.F. 1980. **Decomposição**. São Paulo. EDUSP, 63p.
- McGILL, W.B.; COLE, C.V.1981. Comparative aspects of cycling of organic C,N,S, and P through soil organic matter. **Geoderma**, **26**:267-286.

- MEDINA, E. 1984. Nutrient balance and physiological processes at the leaf level. *In*: MEDINA, E; MOONEY, H.A.; VAZQUEZ-YANES, C. (eds.). 1984. **Physiological Ecology of Plants in the Wet Tropics**. W. Junk, The Hague, p. 51-84.
- MEDINA, E.; CUEVAS, E. 1989. Patterns of nutrient accumulation and release in Amazonian forests of the upper Rio Negro basin. *In*: PROCTOR, J. **Mineral nutrients in tropical forest and savanna ecosystems**. Blackwell Scientific Publications, Oxford, p. 217-239.
- MEENTEMEYER, V., BOX, E.O.; THOMPSON, R. 1982. World patterns and amounts of terrestrial plant litter production. **BioScience**, **32**:125-128.
- MEGURO, M., VINUEZA, G.N.; DELITTI, W.B.C. 1979a. Ciclagem de nutrientes minerais na mata mesófila secundária - São Paulo. III. Decomposição do material foliar e liberação dos nutrientes minerais. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo**, São Paulo, **7**: 11-31.
- MEGURO, M., VINUEZA, G.N.; DELITTI, W.B.C. 1979b. Ciclagem de nutrientes minerais na mata mesófila secundária - São Paulo. II. O papel da precipitação na importação e transferência de potássio e fósforo. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo**, São Paulo, **7**: 61-67.
- MEGURO, M., VINUEZA, G.N.; DELITTI, W.B.C. 1980. Ciclagem de nutrientes minerais na mata mesófila secundária - São Paulo. I. Produção e conteúdo de nutrientes minerais no folheto. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo**, São Paulo, **7**: 7-20.
- MELILLO, J.M.; ABER, J.D.; LINKINS, A.E.; RICCA, A.; FRY, B.; NADELHOFFER, K.L. 1989. Carbon and nitrogen dynamics along the decay continuum: Plant litter to soil organic matter. **Plant and Soil**, **115**: 189-198.
- MELLO, R.S.P. 1995. **Produção de serapilheira e aspectos da ciclagem de nutrientes em dois tipos florestais adjacentes no Rio Grande do Sul**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Ecologia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 136p.
- MELLO, R.S.P.; PORTO, M.L. 1997. Production of litter fall in two south brazilian subtropical forests. **Iheringia - Série Botânica**, Porto Alegre, **0** (49): 63-85.
- MEYER, B.S.; ANDERSON, D.B.; BOHNING, R.H. 1970. **Introdução à Fisiologia Vegetal**. Calouste Gulbenkian, Lisboa, 564p.

- MINDERMAN, G. 1968. Addition, decomposition and accumulation of organic matter in forests. **Journal of Ecology**, Oxford, **56** (2): 355-362.
- MOORE, P.D.; CHAPMAN, S.B. 1986. Methods in plant ecology. Blackwell. 575p.
- MOORHEAD, D.L., WESTERFIELD, M.M.; ZAK, J.C. 1998. Plants retard litter decay in a nutrient-limited soil: a case of exploitative competition? **Oecologia**, Berlin, **113**: 530-536.
- MORAES, R.M.; DELITTI, W.B.C.; VUONO, Y.S. 1999. Litterfall and litter nutrient content in two brazilian tropical forests. **Revista Brasileira de Botânica**, **22** (1): 9-16.
- MORAES, R.M.; REBELO, C.F.; DELITTI, W.B.C. *et al.*. 1993. Serapilheira acumulada em um trecho de mata atlântica de encosta, no Parque Estadual da Ilha do Cardoso, SP. **In**: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS DA COSTA BRASILEIRA, 3, 1993, São Paulo. **Anais...** Serra Negra, Brasil: Academia de Ciências do Estado de São Paulo, p. 95-99.
- MORAES, R.M.; DOMINGOS, M. 1997. Mineral elements in leaves of tree species from Atlantic and "Restinga" Forests at Ilha do Cardoso, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, **20** (2): 133-138.
- MORELLATO, L.P.C. 1987. **Estudo comparativo da fenologia e dinâmica de duas formações florestais na Serra do Japi, Jundiá, SP**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 232p.
- MORELLATO, L.P.C. 1992. Nutrient cycling in two southeastern brazilian forests. I. Litterfall and litter standing crop. **Journal of Tropical Ecology**. Aberdeen, **8**:205-215.
- NIMER, E. 1989. **Climatologia do Brasil**. IBGE. Rio de Janeiro, RJ.
- NUNES, K.S.; SAMPAIO, E.V.S.B.; ANDRADE, A.G. 1984. Ciclagem de nutrientes na Mata Dois Irmãos - Recife. III. Folhedo. **In**: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 31., Ilhéus/Itabuna, 1984. **Resumos...** Ilhéus/Itabuna: Sociedade Botânica do Brasil, p. 129.
- NUNES, S.N. 1980. **Ciclagem de nutrientes na Mata de Dois Irmãos - Recife**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural do Pernambuco, Recife, 124p.
- NYE, P.H. 1961. Organic matter and nutrient cycles under moist tropical forest. **Plant and Soil**, **13** (4): 333-346.
- ODUM, E.P. 1986. **Ecologia**. Rio de Janeiro, Ed. Guanabara, 431p.

- OLIVEIRA, R.; LACERDA, L.D. 1993. Produção e composição química da serapilheira na Floresta da Tijuca (RJ). **Revista Brasileira de Botânica**, **16** (1): 93-99.
- OLIVEIRA, R.R.; SOUZA, B.I.; MARTIN, C.W. *et al.* 1994. Evolução de estruturas de ciclagem em 5 estádios sucessionais na Reserva Biológica Praia do Sul, RJ. **In**: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 45, 1994, São Leopoldo. **Resumos...** São Leopoldo: Sociedade Botânica do Brasil/Universidade do Vale do Rio dos Sinos, p. 291.
- OLIVEIRA, R.R.; NETTO, A.L.C. 1999. Produção de serapilheira e transferência de nutrientes em três estádios sucessionais sob manejo caíçara (Ilha Grande, RJ). **In**: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 50., 1999. Blumenau. **Resumos...** Blumenau: FURB/UFSC/UNESC/EPAGRI/HBR/SBB, p. 215.
- OLSON, J.S. 1963. Energy storage and the balance of and decomposers in ecological systems. **Ecology**, **44** (2): 322-331.
- OVINGTON, J.D. 1965. Organic production, turnover and mineral cycling in woodlands. **Biological Review**, Prague, **40**: 295-336.
- PAGANO, S.N. 1989a. Produção de folheto em uma Mata Mesófila Semidecídua no município de Rio Claro - SP. **Revista Brasileira de Biologia**, **49** (3):633-639.
- PAGANO, S.N. 1989b. Nutrientes minerais do folheto produzido em mata mesófila semidecídua no município de Rio Claro, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, **49** (3):641-647.
- PAGANO, S.N. 1985. **Estudos florísticos, fitossociológicos e de ciclagem de nutrientes em mata mesófila semidecídua, no município de Rio Claro, SP.** Tese de Livre-Docente. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, Brasil, 201 p.
- PEDRONI, F.; GALETTI, M.; MORELLATO, P.C. 1990. Produção de serapilheira em floresta mesófila semidecídua no sudeste do Brasil. **In**: CONGRESSO DA SOCIEDADE BOTÂNICA DE SÃO PAULO, 8., 1990. Campinas. **Resumos...** Campinas: Sociedade Botânica de São Paulo, Universidade Estadual de Campinas, p. 108.
- PEREIRA, M.A. 2001. **Diagnóstico físico e socioambiental do Parque Municipal da Lagoa de Peri: subsídios ao plano de manejo.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 215p. mais anexos.

- PERES, J.R.R.; SUHET, A.R.; VARGAS M.A.T.; DROXDOWICZ A. 1983. Litter production in areas of brazilian "cerrados". **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, **18** (9): 1037-1043.
- POGGIANI, F. 1992. Alterações dos ciclos biogeoquímicos em florestas. **In**: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Instituto Florestal, p. 734-739.
- POGGIANI, F.; MONTEIRO JÚNIOR, E.S. 1990. Deposição de folhedo e retorno de nutrientes ao solo numa floresta estacional semidecídua, em Piracicaba, estado de São Paulo. **In**: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, Campos do Jordão, **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, p. 596-602.
- PORTES, M.C.G.O. 2000. **Deposição de serapilheira e decomposição foliar em floresta ombrófila densa altomontana, Morro do Anhangava, Serra do Baitaca, Quatro Barras - PR**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 90 p.
- PORTES, M.C.G.O.; KOEHLER, A.; GALVÃO, F. 1998. Variação sazonal da deposição de serapilheira em uma floresta ombrófila densa altomontana no Morro do Anhangava - PR. **Revista Floresta**, **26** (1/2):3-10.
- PRAZERES, S.M.; CLEMENTE, F.A.S.; BATISTA, T.G. *et al.* 1996. Ciclagem de nutrientes na Chapada do Araripe (Crato - CE) através da queda *de* material vegetal (cerradão). **In**: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA 47., Nova Friburgo. **Resumos ...** Nova Friburgo: Sociedade Botânica do Brasil, p.342.
- PRAZERES, S.M.; CLEMENTE, F.A.S.; BATISTA, T.G. *et al.* 1996. Massa de serapilheira na Chapada do Araripe (Crato - CE). I. Mata úmida. **In**: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA 47., Nova Friburgo. **Resumos...** Nova Friburgo: Sociedade Botânica do Brasil, p. 344.
- PRIMAVESI, A. 1987. **A agricultura em regiões tropicais: Manejo ecológico do solo**. 9ª ed. São Paulo. Nobel, 549p.
- PROCTOR, J. 1983. Tropical forest litterfall. I. Problems of data comparison. **In**: SUTTON, S.L.; WHITMORE, T.C.; CHADWICK, A.C. (eds). **Tropical rain forest: ecology and management**. Blackwell Scientific Publications, Oxford, p. 267-273.

- PROCTOR, J. 1987. Nutrient cycling in primary and old secondary rain forests. **Applied Geography**, **7**: 135-152.
- PROCTOR, J.; ANDERSON, J.M.; FODGFN, S.C.L. *et al.* 1983. Ecological studies in four contrasting lowland rain forests in Gunung Mulu National Park, Sarawak. II. Litterfall, litter standing crop and preliminary observation on herbivory. **Journal of Ecology**, Oxford, **71** (1): 281-263.
- PUTZ, F.E. 1984b. How trees avoid and shed lianas. **Biotropica**, **16** (1): 19-23.
- REBELO, C.F. ; MORAES, R.M.; VARJABEDIAN, R. *et al.* 1992. Ciclagem de nutrientes na floresta pluvial tropical da Serra do Mar do Parque Estadual da Ilha do Cardoso, SP. **In**: CONGRESSO LATINO-AMERICANO ECOLOGIA, 2., CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, Caxambú. **Resumos ...** Caxambú: Sociedade de Ecologia do Brasil, p.493.
- REBELO, C.F.; STRUFFALDI-DE VUONO, Y.; DELITTI, W.B.C. 1994. Liberação de elementos minerais da serapilheira e discos foliares de embaúba em decomposição em mata atlântica de encosta e mata de restinga, na Ilha do Cardoso, São Paulo. **In**: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 2., Londrina. **Resumos...** Londrina: Universidade Estadual de Londrina/Sociedade de Ecologia do Brasil, p. 12
- REINERS, W.A.; LANG, G.A. 1987. Changes in litterfall along a gradient in altitude. **Journal of Ecology**, Oxford, **75** (3): 629-638.
- RICHARDS, P.W. 1952. **The Tropical rain forest**. Cambridge University Press, London, 450p.
- RODIN, L.E.; BASILEVICH. N.I. 1967. **Production and mineral cycling in terrestrial vegetation**. Edinburgh: Oliver and Boyd.
- RODRIGUES, E.F. da G.; RODRIGUES, A.D.da; MAZUR, N.; BARROS, N.F. 1995. Biomassa microbiana de carbono e nitrogênio de solos sob diferentes coberturas vegetais. **In**: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOLOS, 25., 1995. Viçosa. **Anais...** Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, p. 471-473.
- SAENGER, P; SNEDAKER, S.C.1993. Pantropical trends in mangrove' aboveground biomass and annual litterfall. **Oecologia**, Berlin, **96**: 293-299.
- SALAS, G. 1987. Suelos y ecosistemas forestales; com énfasis en America tropical. San José, Costa Rica, IICA, 450p.

- SAMPAIO, E.V.S.B., DALL'OLIO, A., NUNES, K.S. & LEMOS, E.E.P. 1993. A model of litterfall, litter layer losses and mass transfer in a humid tropical forest at Pernambuco, Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Aberdeen, **9**: 291-301.
- SAMPAIO, E.V.S.B.; NUNES, K.S.; LEMOS, E.E.P. 1988. Ciclagem de nutrientes na mata de Dois Irmãos (Recife - PE) através de queda de material vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, **23**: 1055-1061.
- SANCHEZ, G.; ALVAREZ-SANCHEZ, J. 1995. Litterfall in primary and secondary tropical forests of Mexico. **Tropical Ecology**, Varanasi, **36**:191-201.
- SANCHEZ, P.A. 1976. **Properties and management of soils in the tropics**. Wiley, New York, 468p.
- SANTOS, P.F.; PAGANO, S.N.; CESAR, O. 1982. Decomposição do folheto em ecossistemas de mata mesófila semidecídua do Estado de São Paulo. *In*: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 34. Campinas. **Resumos ...** Campinas: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, p.561.
- SANTOS, R. 1997. **Produção de serapilheira e decomposição foliar em um remanescente de Mata Atlântica, Orleans, SC**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, 78p
- SANTOS, R.; CITADINI-ZANETTE, V.; MARTINELLO, C.M. 1998. Acúmulo e decomposição de serapilheira em remanescente de Mata Atlântica, Orleans, SC. **Rev. Tecnol. Ambiente**, **4** (1): 7-16.
- SANTOS, V.D. 1989. **Ciclagem de nutrientes minerais em mata tropical subcaducifolia dos planaltos do Paraná (Parque Estadual Vila Rica do Espírito Santo - Fênix/PR)**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 378p.
- SCHÄFFER, W.B.; PROCHNOW, M. (org.). 2002. **A Mata Atlântica e Você: Como preservar, recuperar e se beneficiar da mais ameaçada floresta brasileira**. APREMAVI, Brasília, DF. 156p.
- SCHNEIDER, P.R.; GEHRARDT, E.J.; FINGER, C.A.G.; LONGHI, S.J.; SCHNEIDER, P.R. 2000. Agrupamento de unidades amostrais de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. em

- função de variáveis do solo, da serapilheira e das acículas, na região de Canela, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, **10** (2): 39-57.
- SCHLITTLER, F.H.M. 1990. **Fitossociologia e ciclagem de nutrientes na floresta tropical do Parque Estadual do Morro do Diabo (Região do Pontal do Paranapanema, Estado de São Paulo)**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, Brasil, 279 p.
- SCHLITTLER, F.H.M.; MARINIS, G.; CESAR, O. 1993b. Transferência de macronutrientes pela serapilheira produzida na floresta do Morro do Diabo (Região do Pontal do Paranapanema, Estado de São Paulo). **Arq. Biol. Tecnol.**, Curitiba, **36** (3): 597-611.
- SCHLITTLER, F.H.M.; MARINIS, G.; CESAR, O. 1993a. Decomposição da serapilheira produzida na floresta do Morro do Diabo (Região do Pontal do Paranapanema, Estado de São Paulo). **Naturalia**, São Paulo, **18**:149-156.
- SCHLITTLER, F.H.M.; MARINIS, G.; CESAR, O. 1993c. Produção de serapilheira na floresta do Morro do Diabo, Pontal do Paranapanema-SP. **Naturalia**, São Paulo, **18**:135-147.
- SCOTT, D.A., PROCTOR, J.; THOMPSON, J. 1992. Ecological studies on a lowland evergreen rain forest on Maracá Island, Roraima, Brazil. II. Litter and nutrient cycling. **Journal of Ecology**, Oxford, **80**:705-717.
- SEVEGNANI, L. 2002. Vegetação da Bacia do Rio Itajaí em Santa Catarina. *In*: SCHÄFFER, W.B.; PROCHNOW, M. (org.). 2002. **A Mata Atlântica e Você: Como preservar, recuperar e se beneficiar da mais ameaçada floresta brasileira**. APREMAVI, Brasília, DF. p. 85-101.
- SILVA, I.S. 1983. **Alguns aspectos da ciclagem de nutrientes em uma área de cerrado (Brasília - DF)**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, Brasília, 87p.
- SILVA, M.F.F. 1984. Produção anual de serapilheira e seu conteúdo mineralógico em mata tropical de terra firme, Tucuruí - PA. **Boletim Museu Paraense Emilio Goeldi, Série Botânica**, Belém, **1**:111-158.
- SILVA, M.F.F.; LOBO, M.G.A. 1982. Nota sobre deposição de matéria orgânica em floresta de terra firme, várzea e igapó. **Boletim Museu Paraense Emilio Goeldi, Série Botânica**, Belém, **56**: 1-13.

- SILVER, W.L. 1994. Is nutrient availability related to plant nutrient use in humid tropical forests? **Oecologia**, Berlin, **98**: 336-343.
- SINGH, J.S.; GUPTA, S.R. 1977. Plant decomposition and soil respiration in terrestrial ecosystems. **The Botanical Review**, New York, **43**: 449-528.
- SINGH, K.P. 1969. Studies in decomposition of leaf litter of important trees of tropical deciduous forests at Varanasi. **Tropical Ecology**, Varanasi, **10**: 292-311.
- SIZER, N.C.; TANNER, E.V.J.; KOSSMANN, F.I.D. 2000. Edge effects on litterfall mass and nutrient concentrations in forest fragments in central Amazonia. **Journal of Tropical Ecology**, Aberdeen, **16** (6): 853-863.
- SONGWE, N.C.; FASEHUN, F.E.; OKALI, D.U.U. 1988. Litterfall and productivity in a tropical rain forest, Southern Bakundu Forest Reserve, Cameroon. **Journal of Tropical Ecology**, Aberdeen, **4**:25-37.
- SPAIN, A.V. 1984. Litterfall and the standing crop of litter in three tropical Australian rainforests. **Journal of Ecology**, Oxford, **72** (3): 947-961.
- STAAF, H. 1987. Foliage litter turnover and earthworm populations in three beech forests of contrasting soil and vegetation types. **Oecologia**, Berlin, **72**: 58-64.
- SWIFT, M.J.; HEAL, O.W.; ANDERSON, J.W. 1979. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Blackwell, Oxford, 373p.
- TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. 1985. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Boletim Técnico nº 5. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Agronomia, Departamento de Solos, Porto Alegre, 188p.
- TEIXEIRA, C.B.; DOMINGOS, M.; REBELO, C.F.; MORAES, R.M. 1992. Produção de serapilheira em floresta residual da cidade de São Paulo: Parque Estadual das Fontes do Ipiranga. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, **4**: 785-789.
- UNESCO. 1978. **Tropical forest ecosystems: A state of knowledge**. Natural Resources Research, XIV. UNEP/FAO, Paris, p 233-288.
- VARJABEDIAN, R.; PAGANO, S.N. 1988. Produção e decomposição de folheto em um trecho de Mata Atlântica de encosta no município de Guarujá - SP. **Acta Bot. Brasil** (supl.), **1** (2): 243-256.

- VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. 1991. **Classificação da Vegetação Brasileira adaptada a um Sistema Universal**. IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Rio de Janeiro, 124 p.
- VIBRANS, A.C. 1999. **Produção e composição química de serapilheira em dois remanescentes de Floresta Ombrófila Densa em Blumenau-SC**. Monografia de especialização. Fundação Universitária Regional de Blumenau. FURB, Blumenau, 43p mais anexos.
- VIBRANS, A.C.; SEVEGNANI, L. 2000. Produção de serapilheira em dois remanescentes de Floresta Ombrófila Densa em Blumenau-SC. **Revista de Estudos Ambientais**, Blumenau, **2** (1): 103-116.
- VITOUSEK, P.M. 1982 Nutrient cycling and nutrient use efficiency. **The American Naturalist**, The University of Chicago, **119** (4): 553-572.
- VITOUSEK, P.M. 1984. Litterfall, nutrient cycling, and nutrient limitation in tropical forests. **Ecology**, **65** (1): 285- 290.
- VITOUSEK, P.M.; SANFORD, R.L. 1986. Nutrient cycling in moist tropical forest. **Annual Review of Ecology and Systematic**, **17**:137-167.
- VOGT, K.A., GRIER, C.C.; VOGT, D.J. 1986. Production, turnover, and nutrient dynamics of above and belowground detritus of world forests. **Adv. Ecol. Res.** **15**:303-377
- VUONO, Y.S.; DOMINGOS, M.; LOPES, M.I.M.S. 1989. Decomposição da serapilheira e liberação de nutrientes na floresta da Reserva Biológica de Paranapiacaba, sujeita aos poluentes atmosféricos de Cubatão, São Paulo, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, **16**:179-193.
- WALTER, H.; HARNICKELL, E.; MUELLER-DOMBOIS, D. 1975. **Climate diagram maps**. Springer-Verlag, Berlin, Oc. Deutchland.
- WALTER, H.; LIETH, H. 1960. **Klimadiagram: Welt-atlas**. Jena, VEB Gustav Fischer Verlag.
- WAREING, P.F.; PHILLIPS, I.D.J. 1975. **The control of growth & differentiation in plants**. Pergamon Press Ltd, 4^a ed. 303p.
- WEST, N.E. 1985. Aboveground litter production of three temperate semidesert shrubs. **Amer. Midl. Nat.**, **113**: 158-169.

- WETTSTEIN, R.R. Von. 1970. **Plantas do Brasil: Aspectos da vegetação do Sul do Brasil.** (**Plants of Brazil: Aspects of the vegetation of Southern Brazil**). São Paulo. Editora da Universidade de São Paulo, 126 p.
- WIEDER, R.K.; LANG, G.E. 1982. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. **Ecology**, **63** (6): 1636-1642.
- WIEGERT, R.G.; EVANS, F.C. 1964. Primary production and the disappearance of dead vegetation on an old field in southeastern Michigan. **Ecology**, **45**: 49-63.
- WIEGERT, R.G.; MURPHY, P. 1968. Effect os season, species and location on the disappearance rate of leaf litter in a Puerto Rican rain forest. In: ODUM, H.T.; PIGEON, R.F. (ed.). 1968. **A tropical rain forest**. U.S.A.E.C., Oak Ridge, Tennessee, p. H 101-4.
- WITKAMP, M.; OLSON, J.S. 1963. Breakdown of confined and nonconfined oak litter. **Oikos**, Copenhagen, **14**: 138-147.
- XIONG, S.; NILSSON, C. 1997. Dynamics of leaf litter accumulation and its effects on riparian vegetation: A review. **The Botanical Review**, New York, **63** (3): 240-264.