

PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA EM ÁREA REFLORESTADA¹

Paulo Roberto Moreira² e Osvaldo Aulino da Silva³

RESUMO - Durante um ano a deposição de serapilheira, em uma área de 7.455 m² reflorestada com espécies arbóreas sobre um Argissolo Vermelho-Amarelo de textura média, foi quantificada. A área deste estudo pertence à propriedade rural denominada sítio Laranja Azeda, no bairro do Pinhal, município de Limeira-SP, localizada na depressão periférica do Estado (22° 33' 17" S e 47° 24' 17" W), a uma altitude de 567 m. O clima local é do tipo Cwa, de acordo com a classificação climática de Köppen, com verão quente e úmido e inverno seco e frio. A produção de serapilheira foi estimada mensalmente por meio de 21 coletores de 0,25 m², distribuídos aleatoriamente por toda área de estudo, colocados em cada uma das situações topográficas verificadas. A produção média de serapilheira na estação seca foi de 697 kg/ha e 407 kg/ha na estação úmida. Estes valores são intermediários quando comparados com os dos fragmentos de floresta estacional semidecidual do Estado de São Paulo e com os da Floresta da Tijuca (área reflorestada), que são áreas em estádios mais avançados de sucessão secundária, e superiores, quando comparados com os de outras áreas reflorestadas de São Paulo. Os resultados obtidos permitem concluir que: a) a produção de serapilheira teve uma forte variação sazonal, tendo ocorrido maior deposição nos meses mais secos; b) há distinção entre produção de serapilheira nas três situações topográficas verificadas; e c) a produção de serapilheira é um forte indicativo do grau de crescimento e equilíbrio ecológico da nova floresta.

Palavras-chave: Produção de serapilheira, área reflorestada e floresta estacional semidecidual.

LITTER PRODUCTION IN A REFORESTED

ABSTRACT - Litter deposition was measured in a 7,455 m² area reforested with tree species over a red-yellow "Argisil" of medium texture during one year. This area is owned by Sítio Laranja Azeda, in the subdivision of Pinhal, in Limeira, SP, located in the peripheral depression of the state (22°33'17" S and 47°24'17" W), at an altitude of 567 m. The local climate is classified by Köppen as Cwa-type, with humid and hot summers and dry and cold winters. Litter average production was estimated monthly by 21 0.25 m² collectors, randomly distributed in each of the different topographic situations. Average litter production of undergrowth in the dry season was 697 kg/ha and 407 kg/ha in the wet season. These are intermediate values between the semi-deciduous seasonal forest fragments of São Paulo state and the Floresta da Tijuca (reforested area), areas at more advanced stages of secondary succession; and upper values when compared with other reforested areas in São Paulo. The results allowed to conclude that: a) litter production had a strong seasonal variation, especially a more intense deposition during the driest months; b) litter productions differ in each topographic situation; c) the undergrowth production is a strong sign of the growth and ecological equilibrium of this new forest.

Key words: Litter production, reforested area, and semi-deciduous seasonal forest.

¹ Recebido para publicação em 24.4.2002 e aceito para publicação em 17.2.2004.

Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor, financiado pela FAPESP.

² Engenheiro Florestal, Pós-Graduado em Conservação e Manejo de Recursos com ênfase em gestão integrada de recursos no CEA-UNESP, Rio Claro-SP, <paulofloresta@terra.com.br>. ³ Professor Doutor/Centro de Estudos Ambientais/UNESP, Avenida 24-A, n.1515. 13506-900, 13506-900 Rio Claro-SP, <aulin@rc.unesp.br>.

1. INTRODUÇÃO

Para atender à necessidade da reposição de vegetação nativa e da restauração de áreas, os estudos sobre a produção de serapilheira em plantios de recomposição florestal podem constituir uma ferramenta fundamental como indicadores do estágio de conservação e regeneração. A recomposição da vegetação proporciona a formação de uma fonte constante de matéria orgânica pela deposição do material formador da serapilheira, que recicla nutrientes oriundos do solo ou da atmosfera, contidos nos tecidos vegetais (Costa et al., 1997).

É sabido que, de modo geral, de acordo com seus fluxos de nutrientes, os ecossistemas podem ser classificados em muito ou pouco abertos. Ecossistema muito aberto é aquele em que a maior parte dos nutrientes necessários para o seu funcionamento é importada de sistemas adjacentes, enquanto no pouco aberto os nutrientes necessários são produzidos internamente e, ou, são continuamente reciclados (Jordan et al., 1972; Gorham et al., 1979; Hay & Lacerda, 1984). Entretanto, as áreas reflorestadas com essências nativas são, em princípio, classificadas como ecossistemas muito abertos, pois para seu estabelecimento é necessária a adição de nutrientes. Com o passar do tempo, esses reflorestamentos vão se transformando em sistemas pouco abertos, ou seja, vão garantindo condições adequadas para processo de reciclagem de nutrientes. Até que isso aconteça, a ciclagem é baixa e, ou, inexistente.

Diversos estudos sobre a produção de serapilheira em florestas naturais e plantadas têm sido realizados com o intuito de contribuir para o melhor conhecimento sobre a ciclagem de nutrientes e a dinâmica dos ecossistemas (Garrido, 1981; Pagano, 1989; Morellato, 1992; César, 1991, Schilitter et al.; 1993; Oliveira & Lacerda, 1993; Gabriel, 1997; Oliveira, 1997).

Rodrigues (1998) considera a produção de serapilheira como um dos importantes indicadores de avaliação e monitoramento das fases posteriores à implantação de florestas, objetivando a restauração de áreas, pois permite avaliar o controle da erosão superficial, bem como todo o processo de dinâmica florestal.

Contudo, de acordo com Vitousek & Sanford Jr. (1986), o clima, o estágio sucessional da vegetação e a fertilidade do solo são fatores que causam variações na deposição de serapilheira, assim como em todos os aspectos da ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais.

Cesar (1991) observou maior queda de folhas nas ocasiões em que ocorreram maiores deficiências hídricas do solo, tendo a correlação entre a maior produção de serapilheira e a menor disponibilidade de água no solo sido constatada, segundo o autor, em vários estudos, para diferentes formações vegetais.

Carpanezi (1997), efetuando um exame conjunto de diversos trabalhos sobre plantações com espécies utilizadas em reflorestamentos econômicos e em ecossistemas florestais pouco diversificados, constatou que há um padrão positivo comum de produção de serapilheira com a idade, até atingir um certo limite, em que a taxa de deposição e o valor máximo de deposição são próprios de cada caso, e, posteriormente, o valor da deposição de folhas estabiliza-se ou diminui lentamente nas espécies dos estádios mais avançados da sucessão ecológica, ou diminui rapidamente para as espécies dos estádios iniciais.

A comparação da produção de serapilheira entre plantio misto com espécies nativas, outros plantios puros e fragmentos de florestas estacionais semidecíduais de diferentes idades é importante, pois contribui para o conhecimento do equilíbrio nutricional do solo, o que mostra que a ciclagem está presente nas fases posteriores à implantação de florestas, objetivando a restauração de áreas (Las Salas, 1987; Poggiani & Schumacher, 2000).

As diferentes situações topográficas podem acarretar dinâmicas diferentes na ciclagem de nutrientes, devido ao maior escoamento superficial e subsuperficial da água da chuva.

O presente trabalho teve como objetivo básico quantificar a produção mensal e anual de serapilheira, no sentido de utilizá-la como indicador do estágio de conservação e sustentabilidade de áreas reflorestadas com essências nativas, tendo como hipóteses testadas: 1) a possível distinção na produção de serapilheira em função de diferentes situações topográficas e do solo; e 2) a existência de diferença sazonal na produção de serapilheira ao longo do ano, sendo a maior produção durante a estação seca (outono e inverno).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização do Local de Estudo

O plantio estudado localiza-se no sítio Laranja Azeda, situado no bairro do Pinhal, município de

Limeira-SP, nas coordenadas geográficas aproximadas: 22° 33' 51" S e 47° 24' 17" W, em altitude média de 567 m. A área de estudo, que outrora foi bastante destituída de sua flora e fauna nativas, em função do sistema de utilização agrícola adotado na região, que não obedeceu a nenhum critério de conservação da vegetação natural, sustenta um reflorestamento com essências nativas e exóticas de 6 anos de idade, ocupando terreno íngreme, que corresponde a 7.455 m².

O clima da região é do tipo Cwa, segundo Köppen, com verão quente e úmido e inverno seco e frio. A temperatura média do mês mais frio é de 16,7 °C e a do mês mais quente de 22,6 °C, com pluviosidade de 1.384 mm/ano, sendo, em geral, as chuvas concentradas nos meses de outubro a março de cada período. O total de precipitação no mês seco não ultrapassa 30 mm. O balanço hídrico, conforme Tornthwaite & Matter (1955), apresenta um excedente hídrico de 425 mm entre os meses de dezembro e março e deficiência hídrica de 30 mm entre os meses de maio e setembro (Oliveira & Rotta, 1973). O solo da área foi descrito por Jimenez-Rueda^{1/} como Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico, com textura média, que no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da Embrapa (1999) corresponde aos Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos.

2.2. Plantio

Em novembro de 1991, foram plantadas na área 1.136 mudas de 60 espécies arbóreas, sendo a maioria nativa da flora regional (Quadro 1). O tratamento pré-plantio consistiu da aplicação de herbicida Roundup original, líquido, na dosagem de 4 L/ha, sendo, posteriormente, o solo preparado com uma gradagem leve.

Foram preparadas covas nas dimensões de 35 cm de profundidade e 35 cm de largura, recebendo cada uma 300 g de calcário, 150 g de superfosfato simples e 1 kg de esterco de gado.

A cobertura morta resultante do preparo do terreno foi depositada nos espaços entre plantas, para dificultar a emergência de espécies invasoras. As mudas foram distribuídas aleatoriamente, sem haver preocupação com alinhamento ou combinação das espécies segundo a sucessão ecológica. A preocupação foi aproximar o plantio o máximo possível da flora regional, sendo o plantio constituído dos quatro grupos distintos de espécies

^{1/} Gimenez-Rueda comunicação pessoal (1997).

arbóreas: pioneiras, secundárias iniciais, secundárias tardias e climácicas, conforme Budowski (1965).

Os tratos culturais foram constituídos de combate à formiga e capina mecânica durante os quatro primeiros anos de idade do plantio. Até o quarto ano, a área também recebeu adubação de cobertura, tendo sido aplicados 100 g de nitrocálcio por planta.

2.3. Solo

Considerando a declividade e a erodibilidade do terreno, a área do estudo foi dividida em três sítios distintos: topo, meia-encosta e baixada, de acordo com Lopes (1989). Em cada uma das situações foi aberta uma trincheira que media 1,00 m de largura x 1,5 m de comprimento x 1,0 de profundidade. Em cada um dos horizontes identificados foram coletadas amostras do solo, que foram devidamente acondicionadas em sacos plásticos. O material foi analisado quanto à granulometria, pelo método da pipeta de Grohman & Raij (1974), e à densidade, conforme Miller, (1966), no laboratório de Física do Solo do Departamento de Recursos Naturais e Proteção Ambiental da UFSCAR/Araras-SP. A identificação da cor foi feita em confronto com a tabela de Munsell (1975).

As características químicas do solo, como pH, matéria orgânica, acidez potencial (H+Al), fósforo, potássio, cálcio, magnésio e nitrogênio total, foram determinadas no mesmo laboratório, conforme método desenvolvido por Raij et al. (1983).

2.4. Produção de Serapilheira

Para estimar a quantidade de serapilheira produzida foram distribuídos, aleatoriamente, 21 coletores de fibra de vidro de 50 cm de lado e altura de 15 cm, com fundo de tela de náilon de 1 mm de malha, distantes 15 cm da superfície do solo, colocados ao longo de uma trilha, sendo 7 em cada uma das situações topográficas verificadas, distanciados entre si de 10 m, abrangendo uma área amostral de 1.500 m².

O material interceptado de cada coletor foi recolhido mensalmente, de novembro de 1997 a outubro de 1998, levado para o laboratório, onde foi separado em duas frações, folhas e outros tecidos e, ou, órgãos (ramos, flores, frutos e cascas), e mantidas em estufa a 60 °C até peso constante. A partir dos valores de peso seco, foram calculadas as médias mensais em kg/ha, como também seus respectivos desvios-padrão.

Quadro 1 – Relação de espécies arbóreas da área reflorestada
Table 1 – Tree species in the reforested area

| Nome Comum | Nome Científico | Família | Nº de Plantas | E.S. |
|------------------------|--|------------------------------|---------------|---------|
| Açaí (palmito) | <i>Euterpe oleracea</i> Mart. | Palmae | 5 | P |
| Amora | <i>Morus nigra</i> L. | Moraceae | 10 | P |
| Angico-da-mata | <i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan | Leguminosae Mimosoideae | 10 | Si |
| Bico-de-pato | <i>Machaerium nyctians</i> (Vell.) Benth. | Leguminosae Papilionoideae | 8 | P |
| Cabreúva-vermelha | <i>Myroxylon peruiferum</i> L. f. | Leguminosae - Papilionoideae | 32 | St |
| Cajueiro | <i>Anacardium occidentale</i> L. | Anacardiaceae | 5 | P |
| Calabura | <i>Muntingia calabura</i> L. | Elaeocarpaceae | 5 | |
| Canela | <i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez | Lauraceae | 1 | St |
| Canela batalha | <i>Cryptocarya aschersontiana</i> Mez | Lauraceae | 10 | Si a St |
| Canela-sassafrás | <i>Ócotea odorifera</i> (Vell.) Rohwer | Lauraceae | 14 | C |
| Caroba | <i>Jacaranda micrantha</i> Cham. | Bigoniaceae | 42 | St |
| Castanha-de-macaco | <i>Sterculia striata</i> A. St.-Hil. & Naud. | Sterculiaceae | 2 | Si |
| Cedro-rosa | <i>Cedrela fissilis</i> Vell. | Meliaceae | 18 | St a C |
| Cereja-do-rio grande | <i>Hexachlamys edulis</i> (Berg) Kaus. & Legrand | Myrtaceae | 10 | Si |
| Chapéu-de-sol | <i>Terminalia catappa</i> L. | Combretaceae | 18 | P |
| Dedaleiro | <i>Lafoensia pacari</i> A. St.- Hil. | Lythraceae | 4 | p |
| Embaúba | <i>Cecropia pachystachya</i> Trécul | Cecropiaceae | 50 | P |
| Embira-de-sapo | <i>Lonchocarpus muehlbergianus</i> Hassl. | Leguminosae Papilionoideae | 4 | P |
| Fruta-do-conde | <i>Annona squamosa</i> L. | Annonaceae | 5 | |
| Goiabeira | <i>Psidium guajava</i> L. | Myrtaceae | 10 | P |
| Graviola | <i>Annona muricata</i> L. | Annonaceae | 5 | St |
| Grumixama | <i>Eugenia brasiliensis</i> Lam. | Myrtaceae | 15 | C |
| Guabiju | <i>Myrcianthes pungens</i> (Berg) Legrand | Myrtaceae | 3 | Si |
| Guaiuvira | <i>Patagonula americana</i> L. | Boraginaceae | 5 | P |
| Guapeva ou Abiu-piloso | <i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk. | Sapotaceae | 20 | St |
| Guapuruvu | <i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake | Leguminosae Caesalpinioideae | 4 | P |
| Guarantã | <i>Esenbeckia leiocarpa</i> Engl. | Rutaceae | 10 | C |
| Guariroba | <i>Syagrus oleracea</i> (Mart.) Becc. | Palmae | 20 | Si |
| Guaritá | <i>Astronium graveolens</i> Jacq. | Anacardiaceae | 1 | St |
| Guatambu-amarelo | <i>Aspidosperma ramiflorum</i> Müll. Arg. | Apocynaceae | 1 | C |
| Ingá | <i>Inga uruguensis</i> Hook. & Arn. | Leguminosae Mimosoideae | 10 | Pi |
| Ipê-amarelo | <i>Tabebuia chrysostricha</i> (Mart. ex DC.) Standl. | Bigoniaceae | 30 | St |
| Ipê-roxo | <i>Tabebuia heptaphylla</i> (Vell.) Toledo | Bigoniaceae | 155 | St |
| Ipê-roxo | <i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart.) Standl. | Bigoniaceae | 26 | St |
| Jacarandá-mimoso | <i>Jacaranda mimosaeifolia</i> D. Don | Bigoniaceae | 32 | SI |
| Jambolão | <i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels | Myrtaceae | 10 | |
| Jaqueira | <i>Artocarpus integrifolia</i> L.f. | Moraceae | 15 | |
| Jatobá | <i>Hymenaea courbaril</i> L. vax. | Leguminosae Caesalpinioideae | 50 | St a C |
| Jenipapo | <i>Genipa americana</i> L. | Rubiaceae | 5 | St |
| Jequitibá-branco | <i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze | Lecythidaceae | 126 | Si a C |
| Jequitibá-rosa | <i>Cariniana legalis</i> (Mart.) Kuntze | Lecythidaceae | 4 | Si a St |
| Massaranduba | <i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk. | Sapotaceae | 20 | Si a St |
| Oiti | <i>Licania tomentosa</i> (Benth.) Fritsch. | Chrysobalanaceae | 10 | St |
| Paineira | <i>Chorisia speciosa</i> A. St.- Hil. | Bombacaceae | 23 | Si a St |
| Pata-de-vaca | <i>Bauhinia forficata</i> Link | Leguminosae Caesalpinioideae | 10 | Si |
| Pau -ferro | <i>Caesalpinia leiostachya</i> (Benth.) Ducke | Leguminosae Caesalpinioideae | 110 | Si |
| Pau-brasil | <i>Caesalpinia echinata</i> Lam. | Leguminosae Caesalpinioideae | 5 | C |
| Pau-de-angu | <i>Machaerium aculeatum</i> Raddi | Leguminosae – Papilionoideae | 5 | P |
| Pau-de-viola | <i>Citharexylum myrianthum</i> Cham. | Verbenaceae | 5 | P |
| Pau-d'óleo | <i>Copaifera langsdorffii</i> Desf. | Leguminosae Caesalpinioideae | 15 | St |
| Pau-formiga | <i>Triplaris brasiliata</i> Cham. | Polygonaceae | 15 | Si a St |
| Pau-pólvora | <i>Trema micrantha</i> (L.) Blume | Ulmaceae | 5 | P |
| Peroba-poca | <i>Aspidosperma cylindrocarpum</i> Müll. Arg. | Apocynaceae | 35 | Si a St |
| Pitanga | <i>Eugenia uniflora</i> L. | Myrtaceae | 5 | Si |
| Sapoti | <i>Achras sapota</i> L. | Sapotaceae | 2 | |
| Sibipiruna | <i>Caesalpinia peltophoroides</i> Benth. | Leguminosae Caesalpinioideae | 7 | Si a St |
| Tamarindo | <i>Tamarindus indica</i> L. | Leguminosae Caesalpinioideae | 1 | Si |
| Tamboril | <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong | Leguminosae Mimosoideae | 2 | Si |
| Tipuana | <i>Tipuana tipu</i> (Benth.) Kuntze | Leguminosae Papilionoideae | 1 | Si |
| Uvaia | <i>Eugenia pyriformis</i> Cambess. | Myrtaceae | 5 | Si |

E.S. = estágio de sucessão ecológico; Si = secundária inicial; St = secundária tardia; C = clímax; e P = pioneira.

A estimativa da produção mensal de serapilheira foi comparada mês a mês, por meio do teste de Tukey, para amostras pareadas. Empregou-se a análise de variância, usando-se o delineamento inteiramente casualizado pelo sistema estatístico SAS, versão 6.12, para fazer as comparações entre a produção de serapilheira de cada uma das situações topográficas (sítio 1 topo; sítio 2 meia-encosta; e sítio 3 baixada), encontradas na área.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Clima

No resultado do balanço hídrico de 1997 a 1998 do município de Limeira, assim como o do período de 1931 a 1970 (Figura 1), pode-se constatar que as condições climáticas que influenciam diretamente o balanço hídrico da área não se afastaram acentuadamente da média característica para a região, com pequenos desvios da normal no início de 1997. O armazenamento mínimo, em torno de 60 mm, nos meses de abril, outubro e agosto, não foi suficiente para comprometer o crescimento no que diz

respeito ao estresse hídrico. No Quadro 2 está uma resenha climatológica, incluindo dados de temperatura e

Quadro 2 – Dados meteorológicos registrados no período 1997 – 1998 e 1931 – 1970 (Normal), respectivamente, segundo CESET – UNICAMP-Limeira (Rolim et al., 1998), para o município de Limeira-SP

Table 2 – Meteorological data during 1997-1998 and 1931-1970 (Normal), for CESET UNICAMP-Limeira (Rolim et al., 1998). Limeira, SP

| Temperatura (°C) | 1997 –1998 | 1931 - 1970 |
|-------------------------|------------|-------------|
| Média | 23,30 | 21,40 |
| Mínima Média | 12,50 | 11,00 |
| Máxima Média | 32,50 | 31,00 |
| Mínima Absoluta | 5,00 | -3,00 |
| Máxima Absoluta | 37,00 | 35,00 |
| Precipitação | | |
| Média Anual (mm) | 1404 | 1278 |
| Total Mensal Média (mm) | 117 | 106,5 |
| Máxima em 24 horas | 73,4 | |
| Umidade Relativa (%) | | |
| Média Anual | 79 | 69 |
| Mínima Absoluta | 40 | 30 |

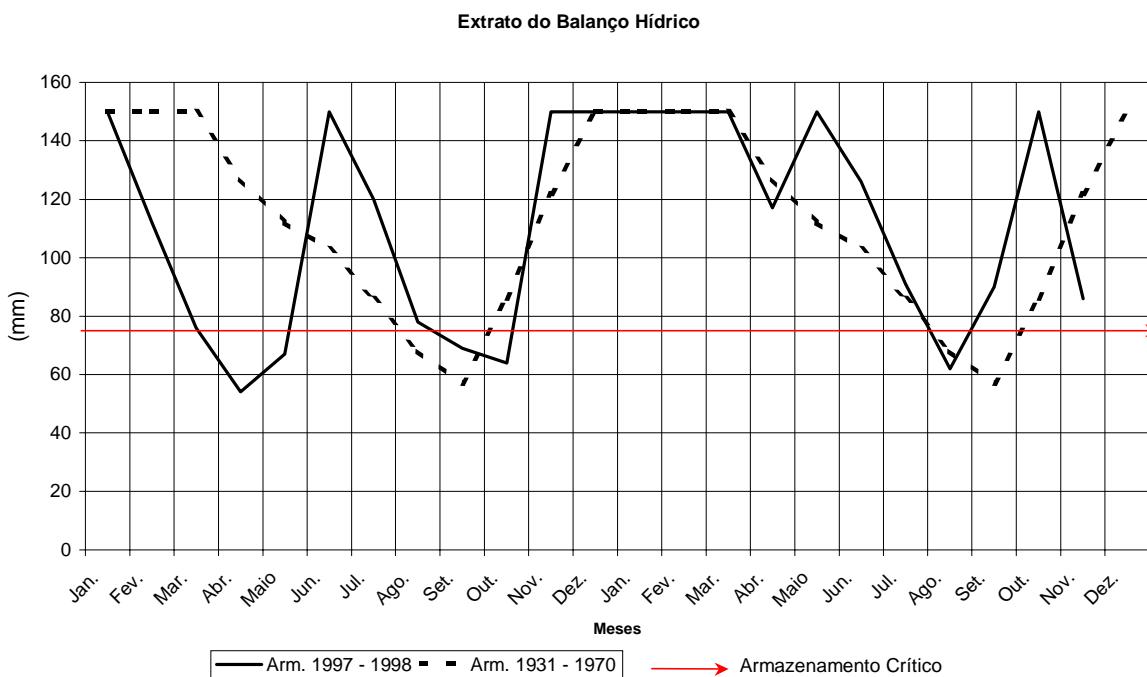


Figura 1 – Valores do armazenamento mensal (ARM) ocorridos no período de jan 1997/nov 1998 e 1931- 1970 (normal), segundo cálculo do balanço hídrico (Tornthwaite & Mather, 1955) – 300 mm, para o município de Limeira-SP.

Figure 1 – Monthly storage (ARM) values during Jan. 1997/Nov. 1998 and 1931-1970 (normal), based on the hidryc balance calculation (Tornthwait & Matter, 1955), in Limeira, SP.

precipitação dos dados relativos à época em que foi realizado o experimento, comparando-os com os dados obtidos no período de 1931 a 1970 (Normal climatológica).

3.2. Solo

As características físicas e químicas dos solos, nos diferentes horizontes, estão apresentadas nos Quadros 3 e 4.

Observa-se que a argila e a areia são as principais frações granulométricas em todos os horizontes nos perfis analisados nos sítios 1 e 2, com valores que variam de 20 a 44% para argila e 64 a 30% no tocante à areia. Somente no sítio 3 a fração silte, nos dois primeiros horizontes, foi ligeiramente superior à fração argila. De modo geral, os horizontes argílicos Bt (B textural) de cada perfil foram os que apresentaram os maiores teores de argila, variando de 32 a 46%. Quanto aos nutrientes, verifica-se que existem concentrações crescentes nos sítios 2, 1 e 3, respectivamente. Os níveis de fósforo (P) nos horizontes superficiais variaram de 8 mg/dm³ para o sítio 1 a 1 mg/dm³ para o sítio 2. Estes valores decresceram nos horizontes mais profundos, com exceção do sítio 2, onde ocorreu situação inversa. De acordo com Raij et al. (1996), esse mineral mostrou-se com níveis entre muito baixo a médio no solo sob floresta. Os níveis de potássio (K) + magnésio (Mg), CTC; a soma de bases (Ca+Mg+K) = S; e a porcentagem de saturação de bases (V%) seguem o mesmo comportamento.

Segundo Lopes (1989), a porcentagem de saturação de bases (V%) é o fator que indica os pontos potenciais de troca de cátions, do complexo coloidal do solo, que estão ocupados por base, em comparação com aqueles ocupados por H⁺ e Al³⁺. Os valores obtidos em todos os horizontes analisados (Ap, Bt e E) variaram de 66% no horizonte Bt do sítio 3 a 27% no horizonte Bt do sítio 1. Os valores mostram que o solo da área varia de eutrófico a distrófico, o que Raij et al. (1996) consideram como parâmetro para separação de solos férteis (V% > 50) daqueles de menor fertilidade (V% < 50).

A maior deposição de serapilheira proporcionou maior concentração e acúmulo de matéria orgânica nos horizontes superficiais do solo, em especial no sítio 1. Os valores de fósforo no horizonte superficial do sítio 1, de acordo com Raij et al. (1996), encontram-se próximos daqueles preconizados para solos sob florestas nativas.

3.3. Produção de Serapilheira

Ocorreram dois picos de produção de serapilheira, um em abril e outro em agosto/setembro de 1998, sendo ambos na estação seca. Nos demais meses, tanto na estação seca como na estação úmida, as produções se equivaleram.

A média da produção de serapilheira obtida na estação seca (697,56 kg/ha) foi superior à média obtida na estação úmida (407,73 kg/ha). Os desvios-padrão representam a ocorrência de variações na produção de

Quadro 3 - Resultados das análises granulométricas do solo nas diferentes profundidades/horizontes de cada trincheira, nos três sítios. Valores em porcentagem de terra fina seca ao ar. As amplitudes das classes de diâmetro são expressas em milímetro

Table 3 - Granulometric soil analysis results in different depths/horizonta in each trench of the three sites. Values in percentage of dry thin soil in the air. Diameter class amplitudes are expressed in millimeters

| Identificação | Profundidade Horizonte (cm) | Areia Grossa 2,0-0,25 | Areia Fina 0,25-0,05 | Areia Total 2-0,05 | Silte 0,05-0,002 | Argila < 0,002 | Classe Textural |
|---------------|-----------------------------|-----------------------|----------------------|--------------------|------------------|----------------|-----------------|
| Sítio 1 | 0-17 Ap | 41 | 23 | 64 | 1 | 35 | Média/argilosa |
| | 17-46 Bt | 39 | 15 | 54 | 2 | 44 | |
| | 46-69 Cr | 40 | 14 | 54 | 1 | 45 | |
| | 69-100 Rr | 20 | 30 | 50 | 14 | 36 | |
| Sítio 3 | 0-24 Ap | 36 | 22 | 58 | 20 | 22 | Média/argilosa |
| | 24-60 E | 33 | 24 | 57 | 13 | 27 | |
| | 60-100 Bt | 18 | 33 | 51 | 3 | 46 | |
| Sítio 4 | 0-23 Ap | 26 | 24 | 50 | 28 | 22 | Média/argilosa |
| | 23-53 E | 18 | 27 | 45 | 32 | 20 | |
| | 53-100 Bt | 6 | 25 | 31 | 30 | 39 | |

Quadro 4 - Resultado da análise química do solo nos respectivos horizontes nos diferentes sítios da área de estudo. S = soma de bases ($\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} + \text{K}^+$), CTC = capacidade de troca catiônica ($\text{S} + \text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$), V% = porcentagem de saturação de bases (100 S/T) e N (nitrogênio expresso em porcentagem)

Table 4 - Results of chemistry analyses of soil in the respective horizons in different sites of the studied area. S=base sum ($\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} + \text{K}^+$); CTC = cationic exchange capacity ($\text{S} + \text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$); V%:base saturation percentage (100 S/T) and N (nitrogen percentage)

| Identificação (Topografia) | Horizonte | Prof. | pH CaCl_2 | Matéria Orgânica | P | N | K^+ | Ca^{+2} | Mg^{+2} | $(\text{H}^+ + \text{Al}^{+3})$ | S | CTC | V |
|----------------------------|-----------|--------|--------------------|----------------------------|-----------------------------|------|---------------------|------------------|------------------|---------------------------------|------|------|-----|
| | | (cm) | | (g/dm^3) | (mg/dm^3) | (%) | Mmol/ dm^3 | | | | | | (%) |
| Sítio 1 (topo) | Ap | 0-17 | 4,8 | 38 | 7 | 0,14 | 3,2 | 34 | 11 | 33 | 48,2 | 81,2 | 59 |
| | Bt | 17-56 | 4,1 | 14 | 3 | 0,14 | 2,1 | 13 | 4 | 52 | 19,1 | 71,1 | 27 |
| | Cr | 56-69 | 5,3 | 17 | 3 | 0,12 | 3,3 | 47 | 10 | 29 | 60,3 | 89,3 | 68 |
| | Rr | 69-100 | 4,1 | 3 | 3 | 0,07 | 0,5 | 40 | 2 | 47 | 6,5 | 53,5 | 12 |
| Sítio 2 (meia encosta) | Ap | 0-24 | 4,8 | 17 | 1 | 0,20 | 2,9 | 26 | 9 | 28 | 65,9 | 65,9 | 58 |
| | E | 24-60 | 4,8 | 17 | 2 | 0,15 | 2,1 | 19 | 6 | 26 | 53,1 | 53,1 | 51 |
| | Bt | 60-100 | 5,3 | 6 | 2 | 0,10 | 1,7 | 30 | 16 | 18 | 65,7 | 65,7 | 73 |
| Sítio 3 (baixada) | Ap | 0-23 | 4,9 | 16 | 3 | 0,16 | 3,2 | 25 | 10 | 22 | 38,2 | 60,2 | 63 |
| | E | 20-53 | 4,6 | 5 | 2 | 0,10 | 2,0 | 14 | 6 | 17 | 22,0 | 39,0 | 56 |
| | Bt | 53-100 | 4,5 | 8 | 2 | 0,12 | 3,1 | 48 | 14 | 34 | 65,1 | 99,1 | 66 |

serapilheira entre os diferentes pontos que se localizavam os coletores, ou seja, a deposição da serapilheira não foi distribuída uniformemente em toda área reflorestada.

Os resultados da análise de variância descritos no Quadro 5 mostram que o sítio 1 teve maior produção de serapilheira, comparado com os demais. O coeficiente de variação também apresentou valor elevado para os três sítios. De acordo com Schilltler et al. (1993), a topografia e a latitude também podem condicionar a produção de serapilheira, porém os autores, estudando três ecótopos considerados na Floresta Estacional Semidecidual (baixada, topo e vertente), encontraram valores mais elevados de deposição de material orgânico na baixada. Esta diferença quantitativa na produção entre as três situações indica que elas, embora semelhantes quanto à estrutura e dinâmica, estão sujeitas a diferentes fatores do meio, tanto bióticos quanto abióticos.

A produção mensal de serapilheira durante o período de novembro/1997 a outubro/1998 também apresentou diferença significativa, quando comparada à obtida mês a mês. Ao longo do período de observações, a produção de serapilheira mostrou variação entre os meses, havendo maior intensidade de deposição nos meses de abril, agosto e setembro, que corresponde ao início do outono e final do inverno. Neste período, que representou a estação seca, foram observados os menores valores médios de precipitação do ano em estudo.

A produção de serapilheira seguiu um padrão sazonal, em que o maior valor de deposição de serapilheira foi obtido durante o mês de abril (1.009,50 kg/ha), seguido de valores próximos nos meses de agosto e setembro (948,00 e 832,00 kg/ha, respectivamente). A produção média de serapilheira (Quadro 6) foi estimada em 6.636,00 kg/ha.ano, onde a fração folhas contribuiu com a maior porcentagem (80%).

Esse comportamento é semelhante ao encontrado por Oliveira (1997) para produção de serapilheira em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, no município de Piracicaba, Estado de São Paulo. Entretanto, confrontando os resultados obtidos pela autora durante o mês de abril com os resultados obtidos no presente estudo, constata-se que a deposição de serapilheira não foi elevada nesse período, fato que talvez seja explicado em função de uma maior deficiência hídrica ocorrida em abril de 1997, no município de Limeira-SP (Figura 1).

Entretanto Schlittler et al. (1993), em um estudo sobre ciclagem de nutrientes na Floresta do Morro do Diabo, no Pontal do Paranapanema, verificaram que a produção de serapilheira seguiu uma distribuição sazonal, com maior deposição de material orgânico nos meses mais secos, o que também foi verificado no presente estudo.

Trabalhando em Floresta Estacional Semidecidual, na Serra do Japi, município de Jundiá, Estado de São

Paulo, Morellato (1992) verificou um pico de deposição nos meses de agosto e setembro, final da estação seca. Pagano (1989) afirmou que o pico da deposição em área de Floresta Estacional Semidecidual no município de Rio Claro também ocorreu em agosto/setembro, enquanto Oliveira & Lacerda (1993), em seu estudo na Floresta da Tijuca, no município do Rio de Janeiro, obtiveram valores máximos de deposição de fitomassa nos meses de dezembro, fevereiro, julho, novembro e abril.

O fato de a maior produção de serapilheira ter ocorrido na estação seca e as condições climáticas locais durante o período do estudo não diferirem significativamente das normais climatológicas da região pode ser

explicado pela redução da precipitação, somada à redução do fotoperíodo, com a hipótese de que esta formação florestal sofre estresse hídrico na seca, respondendo com maior queda de folhas e proporcionando elevada produção de serapilheira nesta estação.

Apesar da diferença entre a produção anual total de serapilheira entre os sítios, os resultados da produção anual total de serapilheira encontram-se com valores médios próximos daquele obtido em fragmentos de Florestas Estacionais Semidecíduais no Estado de São Paulo, nos municípios de Rio Claro (Pagano, 1989), Jundiá, (Morellato, 1992), Anhembi (Cesar, 1993), Teodoro Sampaio (Schlittler, 1993), Bofete (Gabriel, 1997)

Quadro 5 – Análise de variância para produção de serapilheira considerando três sítios (topo, meia-encosta e baixada) e 12 meses, usando o sistema estatístico SAS versão 6.12

Table 5 – Variance analysis of the litter production considering three sites (peak, half slope and depression areas) over 12 months, using the SAS v.6.12 statistical system

| CV | GL | SG | QM | F | PR> F |
|----------------|------|-------------------|-----------------|-------|----------|
| Sítio | 2 | 695125.19134342 | 347562.59567171 | 3,23 | 0,0133** |
| Meses | 11 | 13758426.51591770 | 1250766.0469016 | 11,62 | 0,0001** |
| Sítio x Meses | 22 | 1701839.64567148 | 77356.34753052 | 0,72 | 0,8178 |
| Erro | 210 | 22599806.26190470 | 107618.12505669 | | |
| Total | 245 | 38755197.61483740 | | | |
| R ² | CV | Raiz MSE | Prod. Ser. | | |
| 0,42 | 59,2 | 328.05201578 | 552,7 | | |

Há diferença significativa a 5% de probabilidade entre tratamentos e meses e não ocorre diferença significativa (n.s.) em nível de 5% entre a interação sítio e os meses para o parâmetro estudado produção de serapilheira.

| Tukey | | |
|-------------|--------|---|
| tratamentos | Média | Tratamento (situação topografica e tipo de solo) |
| A | 609,32 | Topo |
| B | 571,56 | Baixada |
| B | 485,03 | Meia-Encosta |

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

| Tukey mês | | |
|-----------|----------|-----------|
| | Média | Mês |
| A | 1.009,50 | abril |
| AB | 948,00 | agosto |
| B | 832,00 | setembro |
| C | 516,28 | março |
| C | 483,81 | novembro |
| C | 479,00 | maio |
| C | 470,91 | junho |
| C | 445,95 | julho |
| C | 426,00 | dezembro |
| C | 372,62 | fevereiro |
| C | 367,67 | janeiro |
| C | 280,00 | outubro |

As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

e Piracicaba (Oliveira, 1997), com uma produção média mais elevada quando comparada aos valores encontrados em áreas reflorestadas com essências nativas em Assis-SP (Garrido, 1981). Entretanto, a média de produção de serapilheira foi inferior às obtidas na floresta da Tijuca-RJ (Oliveira & Lacerda, 1993) e no campo experimental da CNPAB-Embrapa-RJ (Costa et al., 1997), Quadro 7.

Quadro 6 - Produção mensal de serapilheira durante o período de novembro/97 a outubro/98, em kg/ha, na área de estudo

Table 6 - Litter monthly production from November/1997 to October/1998, in kg/ha, in the study area

| Mês | Folha | Outros | Total |
|-----------|----------|----------|----------|
| Novembro | 387,05 | 96,76 | 483,81 |
| Dezembro | 327,71 | 81,93 | 426,00 |
| Janeiro | 293,82 | 73,45 | 367,27 |
| Fevereiro | 298,09 | 74,52 | 372,67 |
| Março | 412,80 | 103,46 | 516,26 |
| Abril | 807,60 | 201,90 | 1.009,50 |
| Mai | 398,16 | 81,54 | 479,70 |
| Junho | 292,59 | 78,32 | 470,91 |
| Julho | 356,80 | 89,20 | 446,00 |
| Agosto | 758,66 | 189,66 | 948,33 |
| Setembro | 665,60 | 166,40 | 832,00 |
| Outubro | 224,00 | 56,00 | 280,00 |
| Total | 5.242,88 | 1.388,32 | 6.632,00 |

De todos os valores de deposição de serapilheira dos estudos relacionados no Quadro 7, verifica-se que a idade, a topografia do terreno, o estágio da sucessão ecológica, a espécie plantada, a floresta natural, o plantio misto e o plantio homogêneo mostram-se com valores distintos. Esse fato não ocorre com a mesma diferença quando são confrontados os dados de produção de serapilheira com áreas de plantios puros e, ou, pouco diversificados (áreas reflorestadas da região de Assis-SP), com topografias semelhantes (Serra do Japi e Morro do Diabo), e com as formações naturais de Floresta Estacional Semidecidual do Estado de São Paulo.

Os valores descritos no Quadro 7 estão em conformidade com o que relatam Szott et al. (1994), de que existem diferenças na produção de serapilheira entre as diferentes espécies em um mesmo plantio, entre plantios diferentes e entre esses e uma floresta natural.

Os valores encontrados para produção de serapilheira (Quadro 7) é um indicativo de que a vegetação da área de estudo está evoluindo para o equilíbrio ecológico, mostrando que a ciclagem de nutrientes está presente, corroborando com as afirmações feitas por Las Salas (1987) e Poggiani & Shumacher (2000). Porém, isto não deve ser analisado de modo isolado, mas juntamente com outras características que também foram observadas no ecossistema, como: presença de plântulas e plantas jovens de algumas espécies introduzidas, ocorrência de

Quadro 7 - Produção anual de serapilheira em formações de Florestas Estacionais Semidecíduas do Estado de São Paulo e em algumas áreas reflorestadas com essências nativas no Brasil em t/ha.ano

Table 7 - Litter annual production in Mesophyllous Semideciduous Forest in São Paulo State and some areas reforested with native species in Brazil in t/ha/year

| Floresta/Localização | Serapilheira | Referência |
|--|--------------|---------------------------|
| Floresta Estacional Semidecídua - Piracicaba-SP | 14,7 | Oliveira (1997) |
| Floresta Estacional Semidecídua - Jundiá-SP | 8,6 | Morellato (1992) |
| Floresta Estacional Semidecídua - Anhembi-SP | 8,8 | Cesar (1991) |
| Floresta Estacional Semidecídua - Bofete-SP | 7,9 | Gabriel (1997) |
| Floresta Estacional Semidecídua - Teodoro Sampaio-SP | 7,6 | Schilitter et al. (1993) |
| Floresta Estacional Semidecídua - Rio Claro-SP | 8,6 | Pagano (1989) |
| Área reflorestada com <i>Anadenanthera falcata</i> - angico, Assis-SP (folheda) - idade 7 anos | 4,4 | Garrido (1981) |
| Área refloresta com <i>Myracrodruon urundeuva</i> - aroeira, Assis-SP (folheda) - idade 7 anos | 4,8 | Garrido (1981) |
| Área reflorestada com <i>Gochnatia polymorfa</i> - camarã, Assis-SP (folheda) - idade 7 anos | 0,71 | Garrido (1981) |
| Área reflorestada com <i>Tabebuia impetiginosa</i> - ipê-roxo, Assis-SP (folheda) - idade 7 anos | 0,99 | Garrido (1981) |
| Área reflorestada com 5 espécies nativas, Assis-SP (folheda) - idade 7 anos | 2,6 | Garrido (1981) |
| Área reflorestada com <i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> - sabiá, Embrapa-RJ - idade 6 anos | 10,2 | Costa et al. (1997) |
| Área reflorestada (Floresta da Tijuca) - Riode Janeiro-RJ - idade > 100 anos | 8,9 | Oliveira & Lacerda (1993) |
| Área reflorestada com 60 espécies - Limeira-SP - idade 6 anos | 6,6 | Presente estudo |

Rhizobium sp. no sistema radicular da *Caesalpinia leiostachya* e alguns tipos de fungos, mais conhecidos como cogumelos da classe dos basidiomicetos observados no piso florestal sobre a serapilheira.

4. CONCLUSÃO

As hipóteses testadas no presente estudo foram confirmadas, ou seja, a produção de serapilheira é distinta nas três situações topográficas (topo, meia-encosta e baixada) e apresenta sazonalidade ao longo do ano, sendo a maior produção no período de abril a setembro (estação seca). Além disto, ficou evidenciada a importância de considerar a produção de serapilheira como indicador do estágio de regeneração da área de estudo.

5. AGRADECIMENTO

À FAPESP (proc. 00/503-2), pela bolsa e pelos auxílios concedidos para realização de trabalhos relativos ao mestrado.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BUDOWSK, G. Distribution of the tropical American rain forest species in the light of successional process. *Turrialba*, v. 15, p. 40-42, 1965.
- CARPANEZZI, A. A. **Banco de sementes e deposição de folheto e seus nutrientes em povoamentos de bracinga (*Mimosa scabrella* Benth) na região metropolitana de Curitiba-PR.** 1997. 177 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1997.
- CESAR, O. Produção de serapilheira na mata mesófila semi decídua da fazenda Barreiro Rico, município de Anhembi, SP. *Revista Brasileira de Biologia*, v. 53, n. 4, p. 671-681, 1991.
- COSTA, G. S.; ANDRADE, A. G.; FARIA, S. M. Aporte de nutrientes pela serapilheira de *Mimosa caesalpinifolia* (Sabiá) com seis anos de idade. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., 1997, Ouro Preto. *Anais...* Viçosa: SOBRAD/UFV, 1997. p. 344-349.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro, 1999. 411 p.
- GARRIDO, A. O. **Caracteres silviculturais e conteúdo de nutrientes no folheto de alguns povoamentos puros e misto de espécies nativas.** 1981. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1981.
- GORHAM, E; VITOUSEK, P. M.; REINERS, W. A. The regulation of chemical budgets over the course of terrestrial ecosystem succession. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v. 10, p 53-84, 1979.
- GROHMAN, F.; RAIJ, B. van. Influência dos métodos de agitação na dispersão da argila do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 14., Santa Maria, 1973. *Anais...* Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1974. p. 123-132.
- HAY, J. D. **Ciclagem de nutrientes no ecossistema de restinga.** In: LACERDA, L. D.; ARAÚJO, D. S. D.; CERQUEIRA, B. et al.. (Orgs.) **Restingas, origem, estrutura e processos.** Niterói: Universidade Federal Fluminense, CUFF, 1984. p. 461-475.
- JORDAN, C. F.; KLINE, J. R. Mineral cycling: some basic concepts and their application in a tropical rain forest. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v. 3, p. 33-50, 1972.
- LAS SALAS, G. **Suelos y ecosistemas forestales;** con énfasis en América tropical. San José: IICA. 1987. 445 p.
- LOPES, A. S. **Manual de fertilidade do solo.** São Paulo: ANDA/POTAFOS, 1989.
- MILLER, W. F. Volume changes in bulk density samples. *Soil Science*, v. 102, p. 300-304, 1966.
- MORELLATO, P. C. Sazonalidade e dinâmica de ecossistemas florestais na Serra do Japi. e In: MORELLATO, L. P. C. (Ed.) **História natural da Serra do Japi - ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil.** Campinas: UNICAMP, 1992. p. 98-109.
- MUNSELL COLOR COMPANY. Munsell color charts. Baltimore: Maryland. 1975. 16 p.
- OLIVEIRA, R. E. **Dinâmica de um fragmento florestal em Piracicaba-SP:** Silvigênese e ciclagem de nutrientes. 1997. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1997
- OLIVEIRA, R. R.; LACERDA, L. D. Produção e composição química da serapilheira na floresta da Tijuca (RJ). *Revista Brasileira de Botânica*, v. 16, n. 1, p. 93-99, 1993.
- OLIVEIRA, J. B.; ROTTA, C. Levantamento pedológico detalhado da estação experimental de Limeira, SP. *Bragantia*, v. 32, p. 1-60, 1973.

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

POGGIANI, F.; SHUMACHER, M. Ciclagem de nutrientes em florestas nativas. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Orgs.) **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 287-308.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: IAC, 1983. 21 p. (IAC Boletim Técnico, 51).

RAIJ, B. van.; CAMTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1996. 283 p. (I A C. Boletim Técnico, 100).

RODRIGUES, R. R. Restauração de florestas tropicais indicadores de avaliação e monitoramento vegetal. In: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS BRASILEIROS, 4., 1998, Águas de Lindóia. **Anais...** São Paulo: Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 1998. v. 5. p. 179-183.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERE, V. Planilhas no ambiente excel para cálculos de balanços hídricos , normal, seqüencial, de cultura e de evapotranspiração real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 6, n. 1, p.133-137, 1998.

SCHLITTLER, F. H. M.; DE MARINES, G.; CESAR, O. Produção de serapilheira na floresta do morreo do diabo, Pontal do Paranapanema-SP. **Naturalia São Paulo**, v. 18, p. 135-147, 1993.

SZOTT, L. T.; PALM, C. A.; DARVEY, C. B. Biomass and litter accumulation under managed and natural tropical fallows. **Forest Ecology and Management**, v. 67, p.177-190, 1994.

TORNTHWAITE, C. W.; MATTER, J. R. **The water balance**. Centerton, N. J. Drexel Institute of Technology, 1955. 104 p.

VITOUSEK, P. M.; SANFORD JR., R. L. Nutrient cycling in moist tropical forest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 17, p. 137-167, 1986.