

PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA COMO BIOINDICADOR DE RECUPERAÇÃO EM PLANTIO ADENSADO DE REVEGETAÇÃO¹

Murilo Rezende Machado², Fátima C.M. Piña Rodrigues³ e Marcos Gervasio Pereira⁴

RESUMO – A análise do padrão de deposição de serapilheira foi empregada como bioindicador para comparar diferentes estádios de regeneração de floresta secundária, capoeira e pasto e um modelo de plantio adensado de revegetação. Coletores de serapilheira cônicos de 0,25 m² foram utilizados, obtendo-se uma produção total de biomassa de 10,17 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ para a floresta secundária similar ao terço médio da área revegetada (8,98 Mg ha⁻¹ ano⁻¹). Para os terços inferior (5,85 Mg ha⁻¹ ano⁻¹) e superior (5,81 Mg ha⁻¹ ano⁻¹) e capoeira (5,63 Mg ha⁻¹ ano⁻¹), os dados foram similares aos obtidos em florestas alteradas. Apesar da necessidade de formulação de mais variáveis comparativas, a deposição de serapilheira pode ser usada como bioindicador de recuperação ambiental.

Palavras-chave: Floresta estacional decidual, Floresta Atlântica e restauração.

LITTER DEPOSITION AS BIOINDICATOR OF RESTORATION IN A DENSE REVEGETATION SYSTEM

ABSTRACT – Litter deposition pattern was applied as bioindicator to compare sites at different successional stages with a dense restoration plantation. Litter traps (0.25 m²) were used and a production of 10.17 Mg ha⁻¹ year⁻¹ was obtained for secondary forest similar to a medium sector in the restoration area (8.98 Mg ha⁻¹ year⁻¹). Lower (5.85 Mg ha⁻¹ year⁻¹), upper (5.81 Mg ha⁻¹ year⁻¹), and bush (5.63 Mg ha⁻¹ year⁻¹) land production were similar to litter deposition values obtained from disturbed forests. Despite the need of more comparative parameters, litter deposition can be applied as restoration bioindicator.

Keywords: Deciduous forest, Atlantic Forest and restoration.

1. INTRODUÇÃO

Com a diminuição da Floresta Atlântica devido à sua exploração e à redução da diversidade (INPE, 1989) surgiu a necessidade de se implementarem projetos de revegetação para a recomposição da paisagem (ARAÚJO, 2002). No entanto, a efetividade dos reflorestamentos utilizados para a recomposição de áreas degradadas carece de variáveis para avaliar a

sua eficiência e o restabelecimento dos processos ecológicos (SOUZA, 2000).

Bioindicadores são empregados para monitorar alterações ambientais (KLUMPP, 2001) e, por serem capazes de determinar o grau de degradação ou recuperação de um ecossistema, podem ser utilizados na comparação de diferentes sistemas de revegetação (RODRIGUES e GANDOLFI, 2000; KLUMPP, 2001). A

¹ Recebido em 24.06.2006 e aceito para publicação em 18.12.2007.

² Programa de Pós-Graduação em Silvicultura do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. E-mail : <murilorural@yahoo.com.br>.

³ Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR), Sorocaba-SP. E-mail : <fpina@ufscar.br>.

⁴ Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica-RJ. E-mail : <gervasio@ufrj.br>.

utilização de plantas como bioindicadoras de processos ecológicos ocorre no mundo através da sistemática de dados relacionados aos fatores causadores de distúrbios ambientais (EEA, 2000). Isso permite catalogar informações para o monitoramento do efeito desses fatores sobre organismos vivos (KLUMPP, 2001).

O biomonitoramento é um método de avaliação indireta, utilizando seres vivos que respondem ao estresse a que são submetidos com alterações nos seus ciclos vitais (CARNEIRO, 2004). Vários *taxa* têm sido empregados como bioindicadores, mas, em um senso mais amplo, estes devem ser capazes de indicar modificações nos parâmetros das populações, nas suas funções ecológicas ou na estrutura das comunidades (DAVIS et al., 2001).

Apesar do grande número de modelos de revegetação no Brasil (KAGEYAMA, 1986; BARBOSA et al., 1997; GUEDES et al., 1997; PIÑA-RODRIGUES et al., 1997; KAGEYAMA e GANDARA, 2000), existem poucas pesquisas nacionais com bioindicadores para avaliar a restauração ecológica. Estudos sobre esse assunto têm envolvido a chuva de sementes (SORREANO, 2002; ARAÚJO, 2002), o banco de sementes do solo (SORREANO, 2002), a regeneração natural (NAPPO et al., 2004), a fauna do solo (CORREIA et al., 2005) e de formigas (PEREIRA et al., 2005) e a serapilheira (ARATO et al., 2003; ARAÚJO et al., 2005). No entanto, a definição de critérios para avaliar o uso desses indicadores é essencial para o estabelecimento de parâmetros para o monitoramento dos processos de sucessão e revegetação (BARBOSA et al., 2005). De modo geral, os estudos sobre serapilheira nos ecossistemas florestais nativos e plantados têm sido aplicados mais para caracterizar a dinâmica de produção e decomposição da serapilheira e o retorno de nutrientes ao solo (SOUZA e DAVIDE., 2001; TOLEDO e PEREIRA, 2004). No entanto, o seu uso específico como bioindicador ambiental é pouco aplicado para avaliação de reflorestamentos com fins de recuperação ambiental (ARATO et al., 2003; MOREIRA e SILVA, 2004; ARAÚJO et al., 2005).

Particularmente no caso da serapilheira, cuja deposição sofre influência do tipo de vegetação, estádios sucessionais, latitude, altitude, temperatura, ventos, precipitação, herbivoria, disponibilidade hídrica e estoque de nutrientes do solo (PORTES et al., 1996). A serapilheira pode ser classificada como um bioindicador de reação,

uma vez que responde com alterações em seus processos de deposição em função de alterações no meio (KLUMPP, 2001).

Este estudo teve como objetivo comparar a produção anual de serapilheira entre áreas de diferentes estádios de regeneração com um modelo de plantio adensado de revegetação, visando gerar parâmetros para a sua utilização como bioindicador de recuperação ambiental em áreas de Floresta Atlântica.

2. MATERIALE MÉTODOS

A coleta dos dados foi realizada no Município de Conceição de Macabu (RJ), no domínio da Floresta Estacional Decidual (22°30'S e 42°30'W), e caracteriza-se por apresentar declividade de 50% e altitude de 800 m. O clima apresenta temperaturas médias de 22 °C, podendo atingir até 10 °C na estação fria e precipitação média de 1.500 mm.ano⁻¹, sendo predominantemente úmido, com pouco ou nenhum déficit hídrico (IEF, 2000).

Os estudos foram conduzidos em locais contíguos, de diferentes estádios de regeneração, compreendendo: (a) floresta secundária, (b) capoeira, (c) pasto e (d) área revegetada. A floresta natural em estágio secundário, com cerca de 3 ha, apresentava-se em estado mais avançado da sucessão, com presença de *Virola oleifera* (Schott) A.C. Sm., *Mabea fistulifera* Mart, *Plathyenia foliolosa* Benth., com poucas invasoras, dossel fechado e com altura aproximada de 20 m; a capoeira, com área de 1,5 ha, caracterizou-se por uma vegetação arbustiva no sub-bosque, com *Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth., *Xylopia sericea* A. St.-Hil., *Siparuna guianensis* Aubl com altura média de 6 m e um dossel ralo. O pasto caracterizava-se pela presença de capim-gordura (*Melinis minutiflora* P. Beauv), mas com dominância de *Brachiaria decumbens* Stapf e poucos indivíduos esparsos de baixa altura (menores de 3 m) de *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman.

A área de revegetação com 2 ha foi plantada sob modelo adensado (PIÑA-RODRIGUES et al., 1997), com espaçamento de 1 m x 1 m, utilizando 23 espécies da flora local, com 5.030 mudas. As espécies foram classificadas por grupo ecológico-funcional de acordo com Piña-Rodrigues et al. (1989), aplicando-se os conceitos de Budowski (1965), Martínez-Ramos (1985) e Whitmore (1997). As pioneiras, secundárias e secundárias iniciais foram identificadas como "pioneiras" e as secundárias

tardias e clímax, como “não-pioneiras”, empregando-se 70% de mudas de “pioneiras” e 30% de “não-pioneiras”.

O plantio foi efetuado em janeiro de 1996 em sistema de linhas contínuas de pioneiras intercaladas com linhas, alternando pioneiras e não-pioneiras. A área revegetada foi dividida em três terços, o superior situado na cota mais alta, limítrofe à floresta secundária; o médio situava-se a cerca de 92 m da borda da mata e o inferior, a 152 m desta. Houve predomínio de certas espécies em cada terço, com *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan e regeneração natural de *Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth., *Xylopia sericea* A. St.-Hil. no terço inferior. No médio, observou-se abundância de *Tibouchina granulosa* (Desr.) Cogn. e, no superior, espécies da família Fabaceae com destaque para *Senna multijuga* (Rich.) H.S. Irwin e Barneby, *Plathymenia foliolosa* Benth. e *Caesalpinia ferrea* Mart.

Em cada área de estudo foi demarcada uma parcela de 30 m x 10 m, com três unidades distribuídas ao acaso de 10 m x 10 m, totalizando 300 m² por local. No centro de cada unidade, foi instalado um coletor cônico de tecido helanca® com 0,25 m² de diâmetro, a 1,30 m do solo. As coletas do material depositado foram realizadas mensalmente, no período de novembro de 2003 a outubro de 2004, sendo triado e separado nas frações folhas, ramos (incluído todo o material lenhoso), partes reprodutivas (flores e frutos) e “outros” (incluindo restos de animais, fezes e terra). Após a triagem, o material foi seco em estufa a 65 °C, durante 24 h, e pesado para avaliação da massa seca por fração

A produção de serapilheira foi estimada segundo Lopes et al. (2002), com a seguinte equação matemática: $PAS = (PS \times 10.000)/Ac$, em que:

PAS = produção média anual de serapilheira (kg ha⁻¹ ano);

PS = produção média mensal de serapilheira (kg ha⁻¹ mês); e

Ac = área do coletor (m²).

Para avaliar as diferenças de produção de serapilheira entre as áreas e meses de coleta, foi empregado o modelo geral linear (GLM) balanceado, visando à realização da análise de variância envolvendo variáveis múltiplas e dependentes, sendo a homogeneidade de variância testada pelo método de Levene, com uso do Programa

SPSS 13.0 (McCUNE e GRACE, 2002). As áreas e os meses foram avaliados como fatores fixos e as frações como variáveis dependentes, aplicando-se o teste de Tukey para a comparação das médias (ZAR, 1999).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A maior produção de serapilheira foi encontrada na floresta secundária com 10,17 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, seguida pela área de plantio do terço médio com 8,98 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, terço superior com 5,85 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ e o terço inferior com 5,81 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ e, por fim, a capoeira com 5,63 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ e o pasto, com 0,62 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. Houve diferença significativa entre as áreas em relação ao total aportado ($F = 19,7$; $p < 0,01$), em que a área revegetada, nos terços inferior e superior, e a capoeira não diferiram entre si e apresentaram menor produção quando comparadas com o terço médio e a floresta secundária, porém significativamente superior ao pasto, enquanto o terço médio não diferiu da floresta secundária (Tabela 1).

Na região foram desenvolvidos alguns ensaios de revegetação que podem ser empregados para comparar as produtividades observadas. Na Reserva Biológica de Poço das Antas, em Silva Jardim, RJ, Araújo et al. (2006) estimaram, aos 7 anos, a produção total de serapilheira de espécies nativas ($n = 23$) em 9,69 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ no sistema adensado, 10,38 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ no semi-adensado (espaçamento 1 x 1,5 m) e 9,97 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ no tradicional (2 x 2 m), corroborando os dados deste estudo para o terço médio e floresta secundária.

Em outra região do Estado do Rio de Janeiro, no entanto situada no Município de Seropédica, utilizando o mesmo sistema de plantio adensado, empregando diferentes espécies ($n = 24$), com predomínio de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. e *Leucaena leucocephala* Lam., a produção de serapilheira foi de 3,1 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ (PIÑARODRIGUES et al., 2005), enquanto em áreas de revegetação homogênea de *M. caesalpiniiifolia* Benth., na mesma idade, período e município, no espaçamento 3 x 2 m, foram obtidos 10,1 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ (COSTA et al., 1997). Outras áreas de revegetação no mesmo local apresentaram produtividade de 3,3 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ para *Gliricidia sepium* e *Acacia auriculiformis*, 8,8 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ para *M. caesalpiniiifolia* e 8,9 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ para uma capoeira (COSTA et al., 2004).

Tabela 1 – Contribuição média ($\text{Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) e percentual das frações componentes da serapilheira de cada área de estudo. As médias seguidas pela mesma letra, entre as áreas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade
Table 1 – Medium and contribution ($\text{Mg ha}^{-1} \text{year}^{-1}$) and percentile of the litter component fractions of each study area. The following averages for the same letter, among the areas, don't differ amongst themselves for the test of Tukey, to 5% of probability

Frações da serapilheira ($\text{Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$)	Área revegetada			Floresta secundária	Capoeira	Pasto
	Terço inferior	Terço médio	Terço superior			
Folhas	5,03 b (86%)	6,92 a (77,1%)	4,07 b (70,4%)	7,08 a (69,7%)	3,71 b (65,1%)	0,52 c (53,6%)
Ramos	0,58 ab (9,9%)	1,23 ab (13,7%)	1,14 ab (19,7%)	1,33 ab (13,1%)	1,49 a (26,1%)	0,04 c (4,1%)
Material reprodutivo	0,21 ab (3,6%)	0,74 a (8,2%)	0,53 ab (9,2%)	0,61 ab (6%)	0,29 ab (5,1%)	0,4 c (41,2%)
Outros	0,03 a (0,5%)	0,08 a (0,9%)	0,04 a (0,7%)	1,14 a (11,2%)	0,21 a (3,7%)	0,01 a (1%)
Total	5,89 b	8,98 a	5,81 b	10,17 a	5,63 b	0,62 c

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

Em outro local com reflorestamento de espécies nativas, distribuídas em espaçamento aleatório no Município de Limeira, SP, a deposição obtida foi de $6,6 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, em que também foi constatada deposição diferenciada nas diversas situações topográficas (topo, meio-encosta e baixada) (MOREIRA e SILVA, 2004). Esses valores foram semelhantes aos obtidos nos terços superior e inferior. Nesses dados apresentados, observou-se que, independentemente do número de mudas, de espécies ou espaçamento, a composição das espécies utilizadas e suas características ecológicas podem ter sido importante fator na quantidade de serapilheira.

O sistema adensado baseia-se na utilização de alta diversidade de espécies e densidade de plantas (PIÑA-RODRIGUES et al., 1997). Em plantios de revegetação, esperava-se que o maior número de espécies, ou diversidade, atue no aumento da deposição de matéria orgânica, pois, conforme Domingos et al. (1997), a produção de serrapilheira é diretamente afetada pela simplificação da estrutura da vegetação. Apesar disso, plantios homogêneos aos 43 anos, realizados com *Trema micrantha* L., produziram $43 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (CHEROBINI et al., sd), enquanto aos três anos a também pioneira *Acacia mearnsii* De Wild. produziu $5,85 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (SCHUMACHER et al., 2003) e diversas espécies de eucalipto entre $3,1$ e $7,2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (SCHUMACHER, 1992). Segundo Carpanezzi (1997), a idade, além da própria espécie, também pode interferir na quantidade de serapilheira depositada.

Em relação às áreas naturais situadas na mesma região deste estudo, a produção obtida na floresta

secundária foi similar aos $9,5 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ encontrados por Mazurec e Villela (1998) e próximos aos $12,2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, obtidos por Araújo et al. (2006) (Quadro 1). Nessas pesquisas, os valores observados pelos autores foram muito superiores ao total de material decíduo da capoeira e pasto e aos obtidos na revegetação nos terços inferior e superior. Entretanto, excetuando-se apenas o pasto, os dados encontram-se dentro da faixa observada por Borém (1998) em Silva Jardim, RJ, sob áreas de floresta estacional perturbada, variando de $5,58$ a $14,4 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, enquanto na mesma tipologia, porém em florestas menos perturbadas, foram de $5,9$ a $8,1 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Contudo, Louzada et al. (1995), em áreas de Mata Atlântica com diferentes graus de ação antrópica, verificaram maior produção de serapilheira para a capoeira ($9 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) do que para a de floresta secundária “antiga” ($8,3 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$).

De modo geral, o plantio adensado proporcionou aporte de material decíduo em escala igual ou superior a outros sistemas de revegetação, em especial no terço médio. Nessa condição, o arranjo de espécies pode ter sido propício à maior deposição de serapilheira, com valores similares aos da floresta secundária (Tabela 1) e a outras formações florestais estacionais mais conservadas. Entretanto, nos terços superior e inferior os valores assemelharam-se aos menores obtidos em áreas de florestas alteradas. Isso pode representar que, nesses locais, o processo de restauração ainda não permitiu o retorno das taxas de deposição de serapilheira a condições de áreas mais conservadas, mas foram próximas às observadas em florestas secundárias.

No que se refere às frações, a maior contribuição foi do componente foliar (Tabela 1) padrão, semelhante a outros estudos conduzidos em florestas tropicais, situando-se em torno 60 a 80% da serapilheira total (MARTINS e RODRIGUES, 1999; ARAÚJO et al., 2005). A fração folhas apresentou padrão semelhante em todas as áreas de estudo, sendo observado o pico de deposição no mês de agosto, semelhante ao observado por Neves et al. (2001) para duas espécies florestais de Floresta Ombrófila Densa. A maior produção para o terço médio na área revegetada pode ser atribuída à presença de *Tibouchina granulosa* (Desr.) Cogn., aportando grande quantidade de folhas (Tabela 1).

Quanto à sazonalidade, foi possível observar um pico de produção para as áreas no mês de agosto (Figura 1), com exceção apenas da floresta secundária, com picos em agosto e outubro. Diferentes fatores podem estar influenciando a ocorrência desses eventos. Maior deposição ao final da estação seca, correspondente na região ao mês de agosto, também foi observada em outros estudos na Floresta Atlântica (WERNECK et al., 2001; ARAÚJO, 2002; TOLEDO e PEREIRA, 2004). Segundo Dias et al. (2002), o maior aporte de serapilheira no final da estação seca pode ser ocasionado pelo estresse hídrico ocorrido nos meses anteriores, promovendo o aumento nos níveis endógenos dos promotores da senescência, etileno e ácido abscísico, resultando na queda das folhas.

Esse baixo conteúdo de água no solo acarreta dessa forma, aumento na deposição de matéria orgânica (MARTINS e RODRIGUES, 1999). No entanto, a maior deposição na área de floresta, no início do período úmido na região (outubro), pode ter ocorrido pelos impactos mecânicos da chuva, semelhante ao observado por Leitão Filho et al. (1993), em floresta estacional, na região de Cubatão (SP). O fato de plantios realizados em áreas contíguas apresentarem comportamentos distintos em relação à sazonalidade dos eventos indica que outros fatores, além do déficit hídrico, podem estar envolvidos no processo de aporte de matéria orgânica na serapilheira. Considerando isso, o comportamento sazonal de deposição pode ter sido influenciado pela densidade e composição de espécies e sua deciduidade, assim como fatores relativos à competição intra-específica por água e nutrientes. Esses resultados corroboram a afirmação de Vogt et al. (1986), segundo os quais a produção de serapilheira pode estar relacionada com o comportamento perene ou decíduo das árvores e nem sempre com fatores climáticos.

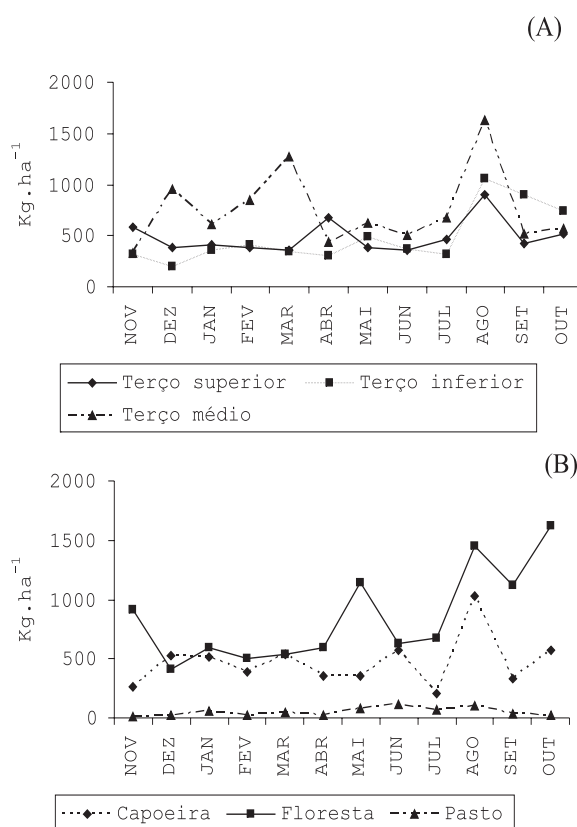


Figura 1 – Deposição sazonal de serapilheira total (kg.ha⁻¹) por área entre o período de novembro de 2003 a outubro de 2004. (A) Dados referentes às amostras de área revegetada e (B) de área de capoeira, floresta secundária e pasto.

Figure 1 – Litter seasonal deposition (kg.ha⁻¹) per area from November 2003 to October 2004.

O maior valor da fração ramos na área de capoeira (Tabela 1) pode ser atribuída à maior influência da ação dos ventos, por se encontrar circundada por pastagens. Apesar disso, os valores encontrados nas diferentes áreas foram inferiores aos verificados em estudos conduzidos em áreas revegetadas, como também em áreas naturais da Mata Atlântica (OLIVEIRA e LACERDA, 1993; LOUZADA et al., 1995). O seu pico de produção em quase todas as áreas (à exceção do pasto) foi observado entre os meses de outubro e janeiro. Esse resultado se assemelha ao de Dias e Oliveira-Filho (1997), que observaram o pico de desrama entre dois e quatro meses após o fim da estação seca.

A fração material reprodutivo apresentou maior produção no terço médio da área revegetada, porém

sem diferir das demais, com exceção apenas do pasto. Nessa área, a presença de *Tibouchina granulosa* (Desr.) Cogn. contribuiu com florescimento em março e frutificação em abril e maio. Nas demais áreas, a produção foi pouco variável, com aumento na floresta secundária e no terço inferior, entre setembro e outubro. Nas áreas de floresta revegetada (terços médio e inferior), a produção de material reprodutivo foi similar à relatada por Araújo (2002). Já a fração “outros” apresentou maior produção na floresta secundária, porém sem diferença significativa das demais. Os dados para a floresta foram superiores aos de outros estudos (BARBOSA, 2000; ARAÚJO et al., 2005) e foi ocasionada pela presença de insetos e material inerte nos coletores, depositados por formigas *Atta* (saúvas), abundantes na área. No entanto, nas áreas revegetadas os valores foram similares aos de Araújo et al. (2005), entre 36,2 e 44,1 kg ha⁻¹.ano⁻¹.

O pico de deposição foi obtido entre abril e junho, na floresta secundária, e em agosto nas demais áreas, coincidindo com a estação seca, que pode gerar maior mortalidade dos artrópodes (DIAS e OLIVEIRA-FILHO, 1997). A quantidade de serapilheira depositada pode variar dentro de um mesmo tipo de vegetação, dependendo do grau de perturbação das áreas (MARTINS e RODRIGUES, 1999). Segundo Markert et al. (2003), um bioindicador deve ser: sensível às alterações ambientais, de fácil amostragem, baixo custo e comparável. Apesar de essas qualidades poderem ser atribuídas ao uso da serapilheira no monitoramento da recuperação ambiental, no entanto, ainda é necessário que sejam desenvolvidos novos parâmetros, no que se refere à comparação entre povoamentos distintos. A análise dos dados de aporte de serapilheira refletiu tanto os diferentes estádios sucessionais quanto permitiu distinguir diferenças de composição florística entre os locais estudados, indicando sua sensibilidade a alterações no meio, especialmente nas áreas revegetadas, bem como em pesquisas realizadas também em floresta estacional.

Gondim (2005) constatou que a deposição de serapilheira não foi eficiente para comparar fragmentos em diferentes estádios de degradação, enquanto Araújo et al. (2006) e Piña-Rodrigues et al. (2005) observaram a sua eficiência como bioindicador da restauração de áreas degradadas. Assim, para obter sucesso na aplicação desse bioindicador em projetos de revegetação, deve-se procurar definir parâmetros que permitam comparar o comportamento das espécies dentro de um ecossistema

estável e conservado, primordiais para se estabelecerem critérios e monitorar programas de recuperação de áreas degradadas.

4. CONCLUSÕES

O sistema de plantio adensado de revegetação proporcionou, no terço médio, produção semelhante à de outras áreas reflorestadas e de floresta nativa em melhor estado de conservação. Já nos terços superior e inferior o comportamento foi similar ao de áreas de florestas degradadas.

O aporte da serapilheira funcionou como bom indicador ambiental, sendo eficiente e sensível para detectar e comparar as diferentes quantidades de biomassa aportadas em cada área de estudo com outras formações florestais.

5. REFERÊNCIAS

- ARATO, H. D.; MARTINS, S. V.; FERRARI, S. H. S. Produção e decomposição de serapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em Viçosa-MG. **Revista Árvore**, v.27, n.5, p.715-721, 2003.
- ARAÚJO, R. S. **Chuva de sementes e deposição de serrapilheira em três sistemas de revegetação de áreas degradadas na Reserva Biológica de Poço das Antas (RJ)**. 2002. 92f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2002.
- ARAÚJO, R. S. et al. Aporte de serapilheira e nutrientes ao solo em três modelos de revegetação na Reserva Biológica de Poço das Antas, Silva Jardim, RJ. **Revista Floresta e Ambiente**, v.12, n.2, p.16-24, 2005.
- BARBOSA, J. H. C. **Dinâmica da serrapilheira em estágios sucessionais de Floresta Atlântica (Reserva Biológica de Poço das Antas- RJ)**. 2000. 110f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2000.
- BARBOSA, L. M.; ASPERTI, L. M.; SANTOS, M. R. Estudo comparativo do comportamento de comunidades florestais implantadas com espécies nativas em três modelos de plantio. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., 1997, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: SOBRADE, 1997. p.377-383.

- BARBOSA, L. M. et al. Estabelecimento de parâmetros de avaliação e monitoramento para reflorestamentos induzidos visando o licenciamento ambiental. In: SIMPÓSIO NACIONAL E LATINO-AMERICANO SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 4., 2005, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SOBRADE, 2005. p.221-233.
- BORÉM, R. A. T. **Estudo da relações solo x vegetação em toposequências de áreas de domínio da Mata Atlântica.** 1998. 165f. Tese (Doutorado em Produção vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 1998.
- BUDOWSKI, G. Distribution of tropical american rain forest species in the light of successional processes. **Turrialba**, v.15, n.1, p.40-42, 1965.
- CARNEIRO, R. M. A. **Bioindicadores vegetais de poluição atmosférica: uma contribuição para a saúde da comunidade.** 2004. 146f. Dissertação (Mestrado em Enfermagem e Saúde Pública) - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2004.
- CARPANEZZI, A. A. **Banco de sementes e deposição de folheto e seus nutrientes em povoamentos de Bracatinga (*Mimosa scabrella* Bentham) na região metropolitana de Curitiba-PR.** 1997. 177f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1997.
- CHEROBINI, A.; BORGES, P. A. P.; COELHO, G. C. **Modelagem matemática da deposição e acúmulo de serapilheira em cultivo florestal.** Rio Grande do Sul: UNIJUI. (http://200.231.172.253/cnmac/storal2/arlete_cherobini_ST17.pdf)
- CORREIA, M. E. F. et al. Fauna edáfica como indicadora da recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita, em Porto Trombetas (PA). In: SIMPÓSIO NACIONAL E LATINO-AMERICANO SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 4., 2005, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SOBRADE, 2005. p.13-25.
- COSTA, G. S.; ANDRADE, A. G.; FARIA, S. M. Aporte de nutrientes pela serrapilheira de *Mimosa caesalpinifolia* (Sabiá) com seis anos de idade. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., 1997, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: SOBRADE, 1997. p.344-349.
- COSTA, G. S. et al. Aporte de nutrientes pela serapilheira em uma área degradada e revegetada com leguminosas arbóreas. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.28, p.919-927, 2004.
- DAVIS, A. et al. Dung beetles as indicators of change in the forests of northern Borneo. **Journal of Applied Ecology**, v.38, p.593-616, 2001.
- DIAS, H. C. T. et al. Variação temporal de nutrientes na serapilheira de um fragmento de floresta estacional semidecidual montana em Lavras, MG. **Revista Cerne**, v.8, n.2, p.1-16, 2002.
- DIAS, H. C. T. & OLIVEIRA-FILHO, A. T. Variação temporal e espacial da produção de serapilheira em uma área de floresta estacional semidecidual montana em Lavras-MG. **Revista Árvore**, v.21, n.1, p.11-26, 1997.
- EUROPEAN ENVIRONMENT - AGENCY EEA. Europe's environment: The second assessment. Oxford: Elsevier, EUROBIONET, 2000.
- GONDIM, F. R. **Aporte de serrapilheira e chuva de sementes como bioindicadores de recuperação ambiental em fragmentos de Floresta Atlântica.** 2005. 83f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2005.
- GUEDES, M. C. et al. Seleção de espécies para recuperação de áreas degradadas por meio de formação de ilhas de vegetação. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., 1997, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: SOBRADE, 1997. p.276-282.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTA - IEF. **Reserva da biosfera da Mata Atlântica**, 2000.

- INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Evolução dos remanescentes florestais e ecossistemas associados do domínio da Mata Atlântica**. São Paulo: SOS Mata Atlântica e Instituto de Pesquisas Espaciais, 1989.
- KAGEYAMA, P. Y. **Estudo para implantação de matas ciliares de proteção na bacia hidrográfica do Passo Cinco, visando à utilização para abastecimento público**. Piracicaba: DAEE/USP/FEALQ, 1986. 235p. (Relatório Técnico)
- KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B. Recuperação de áreas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO-FILHO, H. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP, 2000. p.249-269.
- KLUMPP, A. Utilização de bioindicadores de poluição em condições temperadas e tropicais. In: MAIA, N. B.; MARTOS, H. L.; BARRELLA, W. (Eds.). **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo: EDUC/COMPED/INEP, 2001. p.77-94.
- LEITÃO-FILHO, H. F. et al. **Ecologia da Mata Atlântica em Cubatão**. São Paulo: EDUSP, 1993. 184p.
- LOPES, M. I. S.; DOMINGOS, M.; STRUFFALDI-DE VUONO, Y. Ciclagem de nutrientes minerais. In: SYSLVESTRE, L. S.; ROSA, M. M. T. **Manual metodológico para estudos botânicos na mata atlântica**. Seropédica: EDUR – UFRRJ, 2002. p.72-102.
- LOUZADA, M. A. P.; QUINTELA, M. F. S.; PENNA, L. P. S. Estudo comparativo de produção de serapilheira em áreas de Mata Atlântica: a floresta secundária “antiga” e uma floresta secundária (capoeira). **Oecologia Brasiliensis I: ecologia, funcionamento e manejo de ecossistemas**. Rio de Janeiro, Universidade federal Rural do Rio de Janeiro, 1995, p.61-74.
- MARKERT, B. A.; BREURE, A. M.; ZECHMEISTER, H. G. **Bioindicators and Biomonitoring: principles, concepts and applications**. London: Elsevier, 2003. 907p.
- MARTINEZ-RAMOS, M. Claros, ciclos vitales de los arboles tropicales y regeneración natural de las selvas altas perennifolias. In: GOMEZPOMPA, A.; AMO, S. R. (Eds.). **Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Vera Cruz, México**. México: Editorial Alhambra Mexicana, 1985. p.191-239.
- MARTINS, S. V.; RODRIGUES, R. R. Produção de serrapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v.22, n.3, p.405-412 1999.
- MAZUREC, A. P.; VILLELA, D. M. Produção e camada de serrapilheira em uma Mata Atlântica na serra do Imbé, norte fluminense, em diferentes altitudes. In: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS BRASILEIRO, 4., 1998, Águas de Lindóia. **Anais... Águas de Lindóia: ACIESP**, 1998. p.36-41.
- MCCUNE, B.; GRACE, J. B. **Analysis of ecological communities**. Oregon: MjM Software Design, Gleneden Beach, 2002.
- MOREIRA, P. R.; SILVA, O. A. Produção de serapilheira em área reflorestada. **Revista Árvore**, v.28, n.1, p.49-59, 2004.
- NAPPO, M. E. et al. Dinâmica da estrutura fitossociológica da regeneração natural em sub-bosque de *Mimosa scabrella* Benth em área minerada, em Poços de Caldas, MG. **Revista Árvore**, v.28, n.6, p.811-829, 2004.
- NEVES, E. J. M.; MARTINS, E. G.; REISSMANN, C. B. Deposição de serapilheira e de nutrientes de duas espécies da Amazônia. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n.43, p.47-60, 2001.
- 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.
- PEREIRA, M. P. S. et al. Fauna de formigas no biomonitoramento de ambientes de área de empréstimo em reabilitação na Ilha da Madeira, RJ. In: SIMPÓSIO NACIONAL E LATINO-AMERICANO SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 6., 2005, Curitiba. **Anais... Curitiba: SOBRAGE**, 2005. p.5-13.

- PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. et al. Deposição sazonal de serrapilheira em sistema de recuperação ambiental. **Acta Botanica Brasilica**, 2005. (submetido).
- PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; REIS, L. L.; MARQUES, S. S. Sistemas de plantio adensado para a revegetação de áreas degradadas da Mata Atlântica: bases ecológicas e comparações de custo-benefício com o sistema tradicional. **Revista Floresta e Ambiente**, v.4, p.30-41, 1997.
- PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; COSTA, L. G. S.; REIS, A. Estratégias de estabelecimento de espécies arbóreas e o manejo de floretas tropicais. **Silvicultura**, v.3, p.672-690, 1989.
- PORTES, M. C. G. O.; KOEHLER, A.; GALVÃO, F. Variação sazonal de deposição de serapilheira em uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana no morro do Anhangava- PR. **Floresta**, v.26, n.1/2, p.3-10, 1996.
- RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, F. Conceito, tendência e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO-FILHO, H. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP, 2000. p.233-247.
- SCHUMACHER, M. V. **Aspectos da ciclagem de nutrientes e do microclima em talhões de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* F. Muell.** 1992. 87f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1992.
- SCHUMACHER, M. V. et al. Retorno de nutrientes via deposição de serapilheira em um povoamento de acácia-negra (*Acacia mearnsii* de wild.) no estado do rio grande do sul. **Revista Árvore**, v.27, n.6, p.791-798, 2003.
- SORREANO, M. C. M. **Avaliação de aspectos da dinâmica de florestas restauradas, com diferentes idades.** 2002. FOLHAS Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2002.
- SOUZA, F. M. **Estrutura e dinâmica do estrato arbóreo e da regeneração natural em áreas restauradas.** 2000. 78f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2000.
- SOUZA, J. A.; DAVIDE, A. S. Deposição de serapilheira e nutrientes em uma mata não minerada e em plantações de Bracatinga (*Mimosa scabrella*) e de Eucalipto (*Eucalyptus saligna*) e em áreas de mineração de bauxita. **Revista Cerne**, v.7, n.1, p.101-113, 2001.
- TOLEDO, L. O.; PEREIRA, M. G. Dinâmica da deposição de serapilheira em florestas secundárias do município de Pinheiral, RJ. **Revista Floresta e Ambiente**, v.11, n.1, p.39-46, 2004.
- VOLGT, K. A.; GRIEL, C.; VOLGT, D. J. Production, turnover, and nutrient dynamics of above and below ground detritus of world forests. **Advances in Ecological Research**, v.15, p.303-377, 1986.
- WERNECK, M. S.; PEDRALLI, G.; GIESEKE, L. F. Produção de serrapilheira em três trechos de uma floresta semidecidual com diferentes graus de perturbação na Estação Ecológica de Tripuí, Ouro Preto, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, v.24, n.2, p.195-198, 2001.
- WHITMORE, T. C. Tropical forest disturbance, disappearance, and species loss. In: W. F. Laurance, W. F.; Bierregaard, R. O. (Eds.), **Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities**. Chicago: University of Chicago Press, 1997.
- ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. New Jersey: Prentice Hall-Upper Saddle River, 1999. 275p.