



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

MARILIA ALVES GRUGIKI

**CICLAGEM DE NUTRIENTES EM COBERTURAS FLORESTAIS NO SUL DO
ESPIRITO SANTO**

JERONIMO MONTEIRO - ES
MAIO - 2011

MARILIA ALVES GRUGIKI

**CICLAGEM DE NUTRIENTES EM COBERTURAS FLORESTAIS NO SUL DO
ESPIRITO SANTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Felipe Vaz Andrade
Coorientador: Prof. Dr. Renato Ribeiro Passos

JERONIMO MONTEIRO - ES

MAIO - 2011

Aos meus pais, Lucinéia e Sebastião

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelo seu infinito amor e misericórdia.

A toda minha família: pais, irmãos, tios, tias, primos e primas pela torcida e orações. Em especial, agradeço ao meu amado sobrinho Arthur que mesmo sem entender as loucuras deste mundo me deu força e entusiasmo pela vida em diversos momentos desde o seu nascimento.

Ao professor Felipe Vaz Andrade pela orientação, pelo apoio, pela compreensão nos momentos em que precisei e pela cobrança séria e profissional durante o curso.

Ao professor Renato Ribeiro Passos pela co-orientação, apoio e pela prontidão no atendimento.

Ao professor Adésio Ferreira pela valiosa ajuda nas análises estatísticas.

Ao professor Marcus Vinícius Caldeira pelas sugestões e amizade.

Ao Incaper, especialmente ao engenheiro florestal Paulo Seringueira, pela oportunidade de desenvolver o experimento na Fazenda Experimental do Incaper.

À técnica e amiga Soninha, pelos ensinamentos e ajuda durante a execução do experimento, e ao funcionário e amigo Marcelo pela ajuda nas análises de laboratório.

Aos amigos, Paulo André, Silvânia, Ana Paula e Rogério por tornarem esses dois anos de mestrado mais agradáveis.

Aos amigos Marlice, Marília, Mangaravite e Luiz Felipe pela ajuda na execução do experimento.

Aos amigos Ranusa, Isabel, Felipe, Maria da Penha e Alessandro pela motivação e estímulo; amigos de longe, mas que estão sempre por perto.

Agradeço à Ufes, em especial ao laboratório de Física do Solo, pelo espaço e equipamentos utilizados durante as análises.

Agradeço a Fibría e a Capes, pela concessão da bolsa de estudos.

BIOGRAFIA

MARILIA ALVES GRUGIKI, filha de Sebastião Arildo Grugiki e Lucinéia da Penha Alves Grugiki, nasceu em Colatina, ES, em 16 de novembro de 1984.

Em outubro de 2007, graduou-se em Engenharia Florestal pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ.

Em outubro de 2007 ingressou no Programa de Residência em Engenharia Florestal sendo responsável técnica pelo Projeto de Recomposição Florestal da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu.

Em março de 2009, ingressou no Programa de Mestrado em Ciências Florestais na Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro – ES, concentrando seus estudos na linha de pesquisa Silvicultura e Solos Florestais, submetendo-se a defesa de dissertação em maio de 2011.

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	viii
GENERAL ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	7
CAPÍTULO 1 – DEPOSIÇÃO E ACÚMULO DE MATÉRIA SECA E NUTRIENTES EM SERAPILHEIRA EM COBERTURAS FLORESTAIS NO SUL DO ESPÍRITO SANTO	9
RESUMO	10
ABSTRACT	11
1. INTRODUÇÃO	12
2. MATERIAL E MÉTODOS	14
2.1. ÁREA DE ESTUDO.....	14
2.2. AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS DO SOLO.....	16
2.3. DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA – PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA, TEORES E ACÚMULOS DE NUTRIENTES.....	17
2.4. ACÚMULO DE SERAPILHEIRA – PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA, TEORES E ACÚMULOS DE NUTRIENTES.....	17
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
3.1. ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO.....	18
3.2. DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA.....	19
3.2.1 Produção de matéria seca	19
3.2.2 Teores e acúmulos de nutrientes	26
3.3. ACÚMULO DE SERAPILHEIRA.....	28
3.3.1 Produção de matéria seca	28
3.3.2 Acúmulos de nutrientes	30
4. CONCLUSÕES	32
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
CAPÍTULO 2 – DECOMPOSIÇÃO, LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES E ATIVIDADE MICROBIANA DA SERAPILHEIRA EM COBERTURAS FLORESTAIS NO SUL DO ESPÍRITO SANTO	37
RESUMO	38
ABSTRACT	39
1. INTRODUÇÃO	40
2. MATERIAL E MÉTODOS	41
2.1. ÁREA DE ESTUDO.....	41
2.2. AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS DO SOLO.....	43
2.3. DECOMPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA – TAXA DE DECOMPOSIÇÃO (K) E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES.....	44
2.4. DETERMINAÇÃO DO CARBONO MINERALIZÁVEL.....	45
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
3.1. ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO.....	47
3.2. DECOMPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA – TAXA DE DECOMPOSIÇÃO (K) E MATÉRIA SECA REMANESCENTE.....	48
3.3. DECOMPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA – LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES.....	51
3.4. AVALIAÇÃO DO CARBONO MINERALIZÁVEL.....	52
4. CONCLUSÕES	57
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

RESUMO GERAL

GRUGIKI, Marilia Alves. **Ciclagem de nutrientes em coberturas florestais no sul do Espírito Santo**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre - ES. Orientador: Prof. Dr. Felipe Vaz Andrade. Coorientador: Prof. Dr. Renato Ribeiro Passos.

Este trabalho teve como objetivo geral avaliar a dinâmica de nutrientes e sua relação com o aporte, decomposição e mineralização da serapilheira nas coberturas florestais de floresta secundária, *Sapindus saponaria*, *Acacia mangium* e *Hevea brasiliensis* na região sul do estado do Espírito Santo. A deposição da serapilheira foi quantificada instalando 3 coletores (50 x 50 cm), em cada cobertura florestal. O material interceptado pelos coletores foi mensalmente coletado durante o período de janeiro a outubro de 2010. Para a quantificação do acúmulo de serapilheira no solo foi utilizado um gabarito de 0,33 x 0,33 m nos meses de novembro/2009, março/2010, junho/2010 e novembro/2010. Tanto no estudo de deposição de serapilheira como no de acúmulo, as amostras de serapilheira coletadas foram levadas para laboratório onde foram secas em estufa e pesadas, sendo em seguida determinados os teores e estoques de Ca, Mg, P e K. A decomposição da serapilheira foi quantificada através de *litter bags* coletados em cada cobertura florestal. O material remanescente em cada *litter bags* foi coletado em diferentes períodos de tempo onde foram pesados para obtenção da matéria seca. Para a avaliação da atividade microbiana, procedeu-se a quantificação do CO₂ (C mineralizável). Os resultados experimentais mostraram que as coberturas florestais se comportaram de forma diferenciada quanto à deposição e acúmulo de serapilheira, com destaques para a *Acacia mangium* que, na época seca, proporcionou maior deposição de serapilheira total e para a seringueira, que dentre as coberturas florestais, foi a que apresentou desempenho inferior tanto para a deposição quanto para o acúmulo de serapilheira. Dentre os nutrientes avaliados na serapilheira depositada e acumulada, o teor de fósforo não variou entre as coberturas florestais, o mesmo ocorrendo para o teor de potássio na fração folhas e de magnésio na fração não-folhas da serapilheira depositada. O acúmulo de nutrientes foi mais influenciado pela produção de serapilheira do que pelos teores de nutrientes na serapilheira. A *Acacia mangium*, juntamente com a floresta secundária, apresentaram, de maneira geral, valores superiores e a seringueira, os menores valores. Quanto à decomposição, os resultados experimentais mostraram que as coberturas florestais se comportaram de forma diferenciada quanto à decomposição e atividade microbiana, com destaques para a *Sapindus saponaria* que, apresentou maior velocidade de decomposição de serapilheira total e para a seringueira, que dentre as coberturas florestais, foi a que apresentou velocidade de decomposição inferior em relação às outras coberturas. O conteúdo de nutrientes liberados na decomposição da serapilheira apresentou comportamento decrescente ao decorrer dos dias. A cobertura de *Sapindus saponaria*, apresentou para as duas profundidades, quantidades acumuladas de CO₂ superiores em relação às outras coberturas florestais. A cobertura de *Acacia mangium* apresentou os menores valores de CO₂ acumulado. Para este estudo, dentre os parâmetros avaliados, o acúmulo de nutrientes e a produção de serapilheira acumulada e

depositada mostraram-se como importantes indicadores para avaliação de ciclagem de nutrientes em coberturas florestais.

Palavras-chave: Produção de serapilheira, decomposição, carbono mineralizável.

GENERAL ABSTRACT

GRUGIKI, Marília Alves. **Nutrient cycling in forest cover in the south the Espírito Santo.** 2011. Dissertation (Master's degree on Forest Science) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre - ES. Adviser: Prof. Dr. Felipe Vaz Andrade. Co-adviser: Prof. Dr. Renato Ribeiro Passos.

This study aimed to assess the overall nutrient dynamics and their relationship with the input, decomposition and mineralization of litter in the forest canopy of secondary forest, *Sapindus saponaria*, *Acacia mangium* and *Hevea brasiliensis* in the southern state of Espírito Santo. The deposition of litter was measured by installing three collectors (50 x 50 cm) in each forest cover. The material was intercepted by collectors collected monthly during the period from January to October 2010. To quantify the accumulation of litter in the soil was used a template 0.33 x 0.33 m in the months of November/2009, March/2010, November/2010 and June/2010. Both the study of deposition of litter accumulation as in the samples of litter were taken to the laboratory where they were oven dried and weighed, and then determined the levels and stocks of Ca, Mg, P and K. The decomposition of leaf litter was measured using litter bags collected in each forest cover. The remaining material in each litter bags were collected at different periods of time they were weighed to obtain dry matter. For the assessment of microbial activity, proceeded to quantify the CO₂ (mineralizable C). The experimental results showed that the forest cover behaved differently regarding the deposition and accumulation of litter, with emphasis on *Acacia mangium* that, in the dry season, provided greater total litter deposition and rubber, that among the forest canopy, showed the lower performance for both the deposition and to the accumulation of litter. Among the nutrients in litterfall and accumulated phosphorus content did not vary between forest cover, and so on for the potassium content in leaves and magnesium fraction in the fraction of non-leaf litterfall. The accumulation of nutrients was more influenced by litter production than by the nutrient content in the litter. *Acacia mangium*, together with the secondary forest showed, in general, higher values and rubber, the lowest values. As for the decomposition, the experimental results showed that the forest cover behaved differently in terms of decomposition and microbial activity, with highlights for *Sapindus saponaria* that had a higher rate of decomposition of total litter and rubber, that among the forest cover, showed the lower rate of decomposition in relation to other coverage. The content of nutrients released in the decomposition of litter produced the downward trend over the day. The coverage of *Sapindus saponaria* presented for two depths, higher amounts of CO₂ accumulated in relation to other forest cover. Coverage of *Acacia mangium* showed the lowest values accumulated CO₂. For this study, among the parameters evaluated, the accumulation of nutrients and the production of litter accumulated and deposited proved as important indicators for assessing nutrient cycling in forest cover.

Keywords: Decomposition, litter production, mineralizable carbon.

1. INTRODUÇÃO GERAL

Em geral, os solos brasileiros são considerados ácidos e pobres em nutrientes essenciais ao crescimento e desenvolvimento das espécies, sendo um fator limitante na implantação de povoamentos florestais e culturas agrícolas.

A aplicação de insumos agrícolas, como fertilizantes, tem sido a alternativa para a resolução deste problema, porém, a utilização desses insumos torna-se a produção mais onerosa devido ao seu alto custo, principalmente para o pequeno produtor.

Uma alternativa para a resolução parcial deste problema é a utilização de fragmentos orgânicos advindos dos componentes da parte aérea das plantas, que formam uma camada chamada de serapilheira, compreendendo folhas, galhos, flores e frutos. Esta camada orgânica tem sido considerada a responsável pela ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais tropicais.

A liberação dos nutrientes contidos na serapilheira ocorre por meio do processo de decomposição da mesma, sendo regulada pela ação da fauna edáfica, que se encontra inteiramente envolvida nos processos de fragmentação da serapilheira e estimulação da comunidade microbiana do solo.

Por meio da quantificação das reservas minerais e orgânicas e a determinação das transferências dessas reservas entre os compartimentos do ecossistema, é possível compreender e comparar os diferentes ecossistemas e suas relações com o meio.

A ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais, naturais ou plantados, vem sendo estudada com o objetivo de obter maior conhecimento da dinâmica dos nutrientes nesses ecossistemas visando não só o entendimento do seu funcionamento, mas para adquirir informações para a utilização adequada das práticas de manejo florestal. A manutenção dos resíduos de colheita na área, por exemplo, é uma prática de manejo que favorece a ciclagem de nutrientes nessa área, ou seja, a manutenção desses resíduos constitui a principal forma de devolução dos constituintes minerais da vegetação para o solo.

A comparação do processo de ciclagem de carbono e nutrientes em florestas plantadas com o de floresta natural permite avaliar possíveis alterações decorrentes de técnicas de manejo aplicadas e inferir sobre a sustentabilidade dos povoamentos florestais.

Há, portanto, a necessidade de buscar maiores informações que possam elucidar os mecanismos de ciclagem de nutrientes em comunidades florestais 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 povoamentos florestais.

O presente estudo, portanto, se propõe a contribuir para o conhecimento dos processos de ciclagem de nutrientes das coberturas florestais nas condições edafoclimáticas estudadas e, deste modo, contribuir com subsídios técnicos para o adequado manejo em relação à ciclagem de nutrientes dessas formações florestais.

O objetivo geral foi avaliar a dinâmica de nutrientes e sua relação com o aporte, decomposição e mineralização da serapilheira nas coberturas florestais de floresta secundária, *Acacia mangium*, *Sapindus saponaria* e *Hevea brasiliensis* na região sul do estado do Espírito Santo.

Os objetivos específicos foram: (i) caracterizar as propriedades químicas e físicas do solo; (ii) estimar a produção, o acúmulo e a decomposição de serapilheira; (iii) determinar a quantidade de nutrientes e a taxa de transferências desses nutrientes para o solo por meio da serapilheira produzida e (iv) quantificar e avaliar a dinâmica do carbono mineralizável nas quatro coberturas florestais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Um ecossistema pode ser definido como um sistema processador de energia e regenerador de nutrientes dividido em duas classes principais: uma biótica e outra abiótica. A biótica abrange todos os organismos vivos que formam a comunidade. A parte abiótica compreende o ambiente físico com os quais os organismos vivos interagem, sendo que ambas as partes trocam energia e materiais. Os ecossistemas são constituídos basicamente por três componentes: os produtores, os consumidores (incluindo decompositores) e a matéria inorgânica e orgânica (SMITH, 1996).

Há uma interação intensa, em uma comunidade florestal, entre a vegetação e o solo que ela ocupa. Essa interação se expressa no processo cíclico de entrada e saída de matéria do solo: a ciclagem de nutrientes (QUEIROZ, 1999).

Segundo LEITÃO FILHO *et al.* (1993) a ciclagem de nutrientes em um ecossistema consiste no fluxo desses nutrientes entre os reservatórios e nas transferências entre um ecossistema e outro, sendo que a manutenção desses ecossistemas florestais depende da capacidade em circular e acumular os nutrientes existentes nos diferentes compartimentos.

Cada ecossistema tem sua forma característica de armazenar e de reciclar os nutrientes entre os seus compartimentos (POGGIANI, 1992).

O padrão de ciclagem de nutrientes nos trópicos úmidos é diferente do padrão de áreas temperadas. Nas regiões frias, uma grande parcela da matéria orgânica e dos nutrientes permanece no solo e sedimentos, enquanto que, nos trópicos, uma percentagem muito maior está na biomassa, sendo reciclada dentro das estruturas orgânicas do sistema. Além disso, a taxa de ciclagem, ou seja, a velocidade com que os nutrientes se movimentam entre e dentro dos compartimentos, é muito mais rápida numa floresta tropical do que em uma temperada (ODUM, 1988).

A manutenção das florestas naturais ou plantadas, para fins conservacionistas ou econômicos, é obtida através da dinâmica da serapilheira e de seus nutrientes, representada pela entrada via deposição e saída via decomposição ou mineralização do material orgânico que cai sobre o solo (BALIEIRO *et al.*, 2004).

Segundo Souza e Davide (2001) a ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais plantados ou naturais, tem sido estudada para se obter maior conhecimento da dinâmica dos nutrientes, não só para o entendimento do funcionamento dos ecossistemas, mas também buscando informações para o estabelecimento de práticas de manejo florestal, recuperação de áreas degradadas e manutenção da produtividade de sítios degradados em recuperação.

A manutenção da produtividade das florestas naturais e mesmo das plantadas, quando bem manejadas, está intimamente relacionada com eficiência nos processos de ciclagem de nutrientes (POGGIANI, 1985).

Há freqüentes questionamentos a respeito de possíveis impactos ambientais, como consumo de água e perda de solos e nutrientes, causados pela implantação de florestas plantadas, principalmente, as de rápido crescimento. Sabe-se que nas plantações florestais de rápido crescimento os nutrientes contidos no solo são absorvidos e translocados intensamente para a fitomassa arbórea e, posteriormente, estes nutrientes farão parte da serapilheira (VIEIRA, 1998).

Segundo Melo *et al.*, (1995), em florestas plantadas, como as de eucalipto, a quantidade de nutrientes existentes no solo e a exportada durante a exploração florestal são de grande importância na definição do balanço de nutrientes e da eventual necessidade de aplicação de fertilizantes. A quantidade de nutrientes a ser reposta via fertilizante será menor se durante uma exploração florestal, deixarem-se a casca e os componentes da copa, retirando-se somente a madeira.

Florestas naturais, que não sofreram perturbações, normalmente encontram-se em equilíbrio dinâmico, que reduz ao mínimo a perda de nutrientes devido a interação solo-planta. Essas florestas não perturbadas possuem grande estabilidade no sentido de que todos os elementos que entram no ecossistema, tanto pela precipitação quanto pelo intemperismo, apresentam-se em equilíbrio com a saída pela rede de drenagem (POGGIANI, 1982).

Os estudos de ciclagem de nutrientes, portanto, são importantes tanto para preservação dos sistemas naturais e sua sustentabilidade, quanto para a implantação de novos povoamentos florestais e a avaliação de impactos

causados ao ambiente. Para isso, torna-se necessário, a compreensão dos diversos processos que regulam a ciclagem de nutrientes nestes ecossistemas, como a quantificação das reservas minerais e orgânicas e suas transferências entre compartimentos são de extrema importância para compreender e comparar os diferentes ecossistemas e suas relações com o meio.

Os processos que regulam a ciclagem de nutrientes como a produção de serapilheira, seu acúmulo e sua decomposição são de suma importância, pois irão influenciar, entre outros fatores, na sustentabilidade dos ecossistemas florestais.

A quantidade de nutrientes retornados ao solo florestal é sempre uma função da quantidade de serapilheira produzida e da concentração desses nutrientes no material analisado (KOEHLER e REISSMANN, 1992).

Algumas espécies têm sido utilizadas com sucesso em projetos de recuperação de áreas degradadas por apresentarem características favoráveis para a restauração destes ecossistemas. Entre essas espécies, podem-se citar a *Acacia mangium* Wild., a *Sapindus saponaria* L. e a *Hevea brasiliensis*.

A espécie *Acacia mangium* é uma leguminosa pioneira, originária da Austrália e amplamente utilizada pela rusticidade, rapidez de crescimento e, principalmente, por ser espécie nitrificadora. De acordo com Baliero *et al.*, (2004), sua ampla capacidade de adaptação é advinda de características como o rápido crescimento, baixo requerimento nutricional, tolerância a acidez do solo e compactação e a elevada taxa de fixação de N₂, quando em simbiose com bactérias diazotróficas, que resultam em produções elevadas de biomassa e entrada de nutrientes, via serrapilheira, em áreas degradadas, podendo favorecer a sucessão vegetal nessas áreas. Os valores expressivamente altos de serapilheira que esta espécie pode depositar no solo permitem a formação de reservatório de matéria orgânica e de nutrientes, essencial para o processo de revegetação (MARINHO *et al.*, 2004).

A *Sapindus saponaria* L. pertence à família Sapindaceae, conhecida vulgarmente por saboneteira, é uma árvore nativa pioneira utilizada em paisagismo e em modelos de recuperação de áreas degradadas. É uma planta rústica e de crescimento moderado, indispensável para a composição de reflorestamento heterogêneos destinados a áreas degradadas de preservação permanente (LORENZI, 1992).

A espécie *Hevea brasiliensis* pertence à família Euphorbiaceae sendo uma espécie secundária, de ciclo perene, de origem tropical, cultivada e utilizada de modo extrativo, com a finalidade de produção de borracha natural (CAMPELO JÚNIOR, 2000). Em estudo realizado por CUNHA *et al.*, (2000), foi observado que a seringueira é uma espécie exigente em propriedades físicas do solo, requerendo solos profundos, porosos, bem drenados, de textura argilosa e com boa retenção de umidade. As condições físico-hídricas são de extrema importância, considerando que a planta necessita retirar do solo uma grande quantidade de água para suportar uma produção de látex que chega a conter 68% de água.

A produtividade e a fertilidade do solo de um determinado ecossistema são fortemente condicionadas pela dinâmica da serapilheira. Isso porque ela é a principal via de transferência de matéria orgânica para o solo, e possibilita o reaproveitamento dos nutrientes pela biota. Este processo de reaproveitamento, ciclagem de nutrientes, que é regulada através da deposição, acúmulo e decomposição da serapilheira, desempenha importante papel na produção e sustentabilidade dos ecossistemas florestais.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALIEIRO, F. de C.; DIAS, L. E.; FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C.; FARIA, S. M. de. Acúmulo de nutrientes na parte aérea, na serapilheira acumulada sobre o solo e decomposição de filódios de *Acacia mangium* Willd. **Ciência Florestal**, v.14, n.1, p. 59-65, 2004.

CAMPELO JÚNIOR, J. H. Estimativa da transpiração em seringueira. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.8, n.1, p. 35-42, 2000.

CUNHA, T. J. F.; BLANCANEUX, P.; BRAZ, C. F.; SANTANA, C. C. A. F.; PINHEIRO, G. N. C. P; BEZERA, L. E. M. Influência da diferenciação pedológica no desenvolvimento da seringueira no município de Oratórios, MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.145-155, 2000.

KOEHLER, C. W.; REISSMANN, C. B. Macronutrientes retornados com a serapilheira *Araucaria angustifolia* em função do sítio. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992, São Paulo: **Revista do Instituto Florestal**, v. 4, p. 645-648, 1992. (Edição Especial).

LEITÃO FILHO, H. F.; TIMONI, R.; PAGANO, S. N.; CESAR, O. **Ecologia da Mata Atlântica em Cubatão**. Editora UNESP, Editora UNICAMP, São Paulo, 1993. 184p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. São Paulo: Plantarium, 1992. 382p.

MARINHO, N. F.; CAPRONI, A. L.; FRANCOLL, A. A.; BERBARAL, R. L. L. Respostas de *Acacia mangium* Willd e *Sclerolobium paniculatum* Vogel a fungos micorrízicos arbusculares nativos provenientes de áreas degradadas pela mineração de bauxita na Amazônia. **Revista Acta Botânica Brasileira** vol.18 no.1 São Paulo Jan./Mar. 2004.

MELO, V. F.; BARROS, N. F.; COSTA, L. M.; NOVAIS, R. F.; FONTES, M. P. F. Formas de potássio e de magnésio em solos do Rio Grande do Sul, e sua relação com o conteúdo na planta e com a produção em plantios de eucalipto. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 165-171, maio/ago. 1995.

ODUM, E. P. **Ecologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988. 434 p.

POGGIANI, F. Ciclagem de nutrientes e manutenção da produtividade das florestas plantadas. In: FUNDAÇÃO CETEC. Gaseificação da madeira e carvão vegetal. Belo Horizonte, 1982, p. 25 - 33.

POGGIANI, F. **Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de plantações florestais de *Eucalyptus* e *Pinus*. implicações silviculturais**. 1985. 211 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1985.

POGGIANI, F. Alterações dos ciclos biogeoquímicos em florestas. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992, São Paulo. Anais. São Paulo: Instituto Florestal, 1992, p.734-739.

QUEIROZ, A. F. **Dinâmica da ciclagem de nutrientes contidos na serapilheira em um fragmento de mata ciliar no Estado de São Paulo.** 1999. 93 f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP.

SMITH, R. L. **Ecology and field biology.** Menlo Park: Addison-wesley Educational, 1996. 740 p.

SOUZA, J. A.; DAVIDE, A. C. Deposição de serrapilheira e nutrientes em uma mata não minerada e em plantações de bracatinga (*Mimosa scabrella*) e de eucalipto (*Eucalyptus saligna*) em áreas de mineração de bauxita. **Rev. Cerne**, Lavras, v. 7, n. 1, p. 101-113. 2001.

VEIGA, R. A. A.; CARVAIHO, C. M.; BRASIL, M. A. M. Determinação de equações de volume para árvores de *Acacia mangium* **Cerne**, V.6, N.1, P.103-107, 2000.

VIEIRA, S. A. **Efeito das plantações florestais (*Eucalyptus* sp.) sobre a dinâmica de nutrientes em região de cerrado do Estado de São Paulo.** 1998. 73 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1998.

CAPÍTULO I

DEPOSIÇÃO E ACÚMULO DE MATÉRIA SECA E NUTRIENTES EM SERAPILHEIRA EM COBERTURAS FLORESTAIS NO SUL DO ESPÍRITO SANTO

DEPOSIÇÃO E ACÚMULO DE MATÉRIA SECA E NUTRIENTES EM SERAPILHEIRA EM COBERTURAS FLORESTAIS NO SUL DO ESPÍRITO SANTO

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a deposição e o acúmulo de matéria seca e determinar o teor e o acúmulo de nutrientes em serapilheira em cobertura de floresta secundária, de *Acacia mangium*, *Sapindus saponaria* e *Hevea brasiliensis* no sul do Espírito Santo. A deposição da serapilheira foi quantificada instalando coletores (50 x 50 cm), em cada cobertura florestal. O material interceptado pelos coletores foi mensalmente coletado durante o período de janeiro a outubro de 2010. Para a quantificação do acúmulo de serapilheira no solo foi utilizado um gabarito de 0,33 x 0,33 m, nos meses de novembro/2009, março/2010, junho/2010 e novembro/2010. Tanto no estudo de deposição de serapilheira como no de acúmulo, as amostras de serapilheira coletadas foram levadas para laboratório onde foram secas em estufa e pesadas, e após determinados os teores e acúmulos P, K Ca e Mg. Os resultados experimentais mostram que as coberturas florestais se comportaram de forma diferenciada quanto à deposição e acúmulo de serapilheira, com destaques para a *Acacia mangium* que, na época seca, proporcionou maior deposição de serapilheira total e para a seringueira, que dentre as coberturas florestais, foi a que apresentou desempenho inferior tanto para a deposição quanto para o acúmulo de serapilheira. Dentre os nutrientes avaliados na serapilheira depositada e acumulada, o teor de fósforo não variou entre as coberturas florestais, o mesmo ocorrendo para o teor de potássio na fração folhas e de magnésio na fração não-folhas da serapilheira depositada. O acúmulo de nutrientes foi mais influenciado pela produção de serapilheira do que pelos teores de nutrientes na serapilheira. A *Acacia mangium*, juntamente com a floresta secundária, apresentaram, de maneira geral, valores superiores e a seringueira, os menores valores de teores de nutrientes em sua serapilheira. Para este estudo, dentre os parâmetros avaliados, o acúmulo de nutrientes e a produção de serapilheira acumulada e depositada mostraram-se como importantes indicadores para avaliação de coberturas florestais.

Palavras-chave: Acúmulo de serapilheira, coberturas florestais, deposição de serapilheira.

DEPOSITION AND ACCUMULATION OF DRY MATTER AND NUTRIENTS IN LITTER IN FOREST COVER IN THE SOUTH OF THE ESPÍRITO SANTO

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the deposition and accumulation of dry matter and determine the content and accumulation of nutrients in litter in secondary forest cover, *Acacia mangium*, *Sapindus saponaria* and *Hevea brasiliensis*, in the south of the Espírito Santo. The deposition was quantified installing litter traps (50 x 50 cm) in each forest cover. The material was intercepted by collectors collected monthly during the period from January to October 2010. To quantify the accumulation of litter in the soil was used a template 0.33 x 0.33 m, in the months of November/2009, March/2010, November/2010 and June/2010. Both the study of deposition of litter accumulation as in the samples of litter were taken to the laboratory where they were oven dried and weighed, and after certain levels and accumulations P, K, Ca and Mg. The experimental results show that forest cover behaved differently regarding the deposition and accumulation of litter, with highlights including *Acacia mangium* that, in the dry season, provided greater total litter deposition and rubber, that among the forest canopy, showed the lower performance for both the deposition and to the accumulation of litter. Among the nutrients in litterfall and accumulated phosphorus content did not vary between forest cover, and so on for the potassium content in leaves and magnesium fraction in the fraction of non-leaf litterfall. The accumulation of nutrients was more influenced by litter production than by the nutrient content in the litter. *Acacia mangium*, together with the secondary forest showed, in general, higher values and rubber, the lowest levels of nutrients in their litter. For this study, among the parameters evaluated, the accumulation of nutrients and the production of litter accumulated and deposited proved as important indicators for assessing forest cover.

Keywords: Accumulation of litter, forest covers, litterfall deposition.

1. INTRODUÇÃO

A serapilheira teve sua importância reconhecida desde o século XIX, onde se observou uma diminuição gradual na produtividade de florestas de coníferas, que tiveram sua serapilheira removida para uso de cama de animais (PRITCHETT, 1979). Esta camada é definida como sendo um material biológico depositado sobre o solo, em vários estados de decomposição, representando uma fonte potencial de energia para as espécies consumidoras.

A serapilheira é constituída por folhas, ramos, caules, flores, frutos, cascas, além de dejetos e restos de animais (LEITÃO-FILHO, 1993). De acordo com Figueiredo Filho *et al.* (2003), de maneira geral, a serapilheira é composta de 60 a 80% de folhas, 1 a 15% de ramos e 1 a 25% de casca.

Segundo Portes (2000), 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 pode ser explicado por meio do pequeno período de permanência das folhas nas árvores quando comparada a outros órgãos vegetais, além das mesmas serem mais facilmente decompostas.

Em florestas tropicais, a contribuição da produção de serapilheira está em torno de 62,4% da produção total de serapilheira (BRAY e GORHAM, 1964). A produção de serapilheira em florestas tropicais úmidas pode variar de 6000 e 12000 kg ha⁻¹ ano⁻¹ (BRAY e ORHAM, 1964; GOLLEY *et al.*, 1978).

Segundo Leitão Filho *et al.*, (1993), as variações na produção de serapilheira são provocadas por diversos fatores, como: clima, composição florística, estágio sucessional, condições do solo e altitude, assim como a ocorrência de seca, geada, poluição e queimadas.

Dentre esses fatores, Mason (1980) e Bray e Gorham (1964) destacaram o clima como sendo o mais importante. De acordo com Bray e Gorham (1964), temperaturas elevadas, maior duração de fotoperíodo no período de crescimento e maior quantidade de insolação constituem-se os fatores climáticos mais relevantes para a produção da serapilheira.

Para Leitão Filho *et al.*, (1993), o estágio sucessional da formação vegetal influi diretamente na produção de serapilheira. Como exemplo tem-se as florestas secundárias que se caracterizam por apresentar menor produção

de serapilheira que florestas em início de regeneração, já que estas últimas apresentam dominância de espécies pioneiras.

As espécies pioneiras, como a *Acacia mangium* e a *Sapindus saponaria*, apresentam um importante papel na produção de serapilheira por terem rápido crescimento e ciclo de vida curto, produzindo elevada quantidade de biomassa em curto espaço de tempo. As espécies secundárias crescem de forma mais lenta, contribuindo de maneira menor e mais regular para a produção de folheto.

Segundo Proctor *et al.* (1983), estudos sobre a dinâmica da serapilheira são importantes, pois possibilitam estimar um índice de produtividade do ecossistema, fornecem informações sobre a taxa de decomposição do material decíduo, permitem quantificar o teor de nutrientes que retornam ao solo e fornecem também informações importantes sobre o ciclo fenológico das plantas.

A camada de serapilheira sobre o solo depende, além da produção de biomassa, da velocidade de decomposição da matéria orgânica, que varia conforme a composição do substrato, da atividade dos decompositores e das condições ambientais, particularmente, temperatura, umidade e propriedades físicas do solo (SPAIN, 1984). Esta camada é importante na ciclagem de nutrientes, pois possuem diversas funções, como: reservatório de nutrientes, recurso e habitat de organismos decompositores (MELLO, 1995).

Avaliando-se a produção de matéria seca das diferentes partes do vegetal e seu teor de nutrientes, pode-se calcular o estoque de nutrientes dos vários componentes da biomassa vegetal. Estudos de ciclagem normalmente são dados da vegetação (queda de folhas, massa de liteira, massa de raízes, etc.), incluindo conteúdo de nutrientes nesses compartimentos. Essa informação é fundamental para avaliações da ciclagem de nutrientes e para dimensionamentos de exploração de ecossistemas produtivos, onde se pode conhecer qual a quantidade de elementos está sendo mantida no sistema e qual está sendo exportada através da retirada de produtos, como madeira e frutos, entre outros (ANDRADE, 1997).

Schumacher e Caldeira (2001) mostraram a variabilidade da concentração de nutrientes nas diferentes frações que compõem a serapilheira, enfatizando que a quantidade de nutrientes transferidos ao solo por meio da

decomposição também está condicionada a proporção referente de cada componente, conforme sua produção e sua taxa de decomposição.

Golley *et al.* (1978) estudaram a variação do teor de nutrientes nos solos de uma floresta no Panamá, verificando que a concentração de Ca e Mg na vegetação estava altamente correlacionada com a concentração desses elementos no solo.

Para Lopes *et al.* (2002), o estudo da ciclagem de nutrientes deve ser realizado por meio da quantificação de nutrientes que entram no ecossistema em relação aos que saem, daqueles que permanecem estocados nos diversos compartimentos do ecossistema e dos fluxos de transferência entre compartimentos.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a deposição e o acúmulo de biomassa aérea (frações folha e não-folhas), assim como quantificar os teores e estoque de nutrientes aportados via deposição e acúmulo, em quatro coberturas vegetais (floresta secundária, *Acacia mangium* Willd., *Sapindus saponaria* L. e *Hevea brasiliensis*), na região sul do estado do Espírito Santo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi conduzido na Fazenda Experimental do Incaper, Distrito de Pacotuba que dista cerca de 30 km da cidade de Cachoeiro de Itapemirim, estado do Espírito Santo. As coordenadas da área são 20°45'S e 41°17'W, com altitude de 100m.

O clima da região é do tipo Cwa, apresentando chuva mal distribuída ao longo do ano, com verão chuvoso e inverno seco de acordo com a classificação de Köpen. A temperatura média do mês mais frio é inferior a 20 °C e do mês mais quente superior a 27 °C (OLIVEIRA, 2007). A região apresenta sazonalidade climática, sendo que as estações de baixas e altas pluviosidades estão bem definidas, corroborando com a classificação climática de Köpen. A estação seca ocorre entre os meses de abril e outubro, sendo que os meses de junho, julho e agosto são os de menor precipitação pluviométrica (Figura 1).

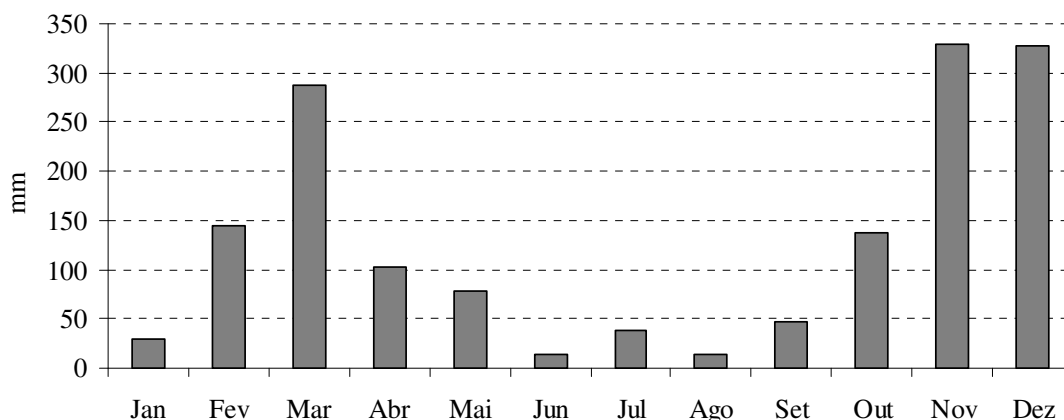


Figura 1. Precipitação pluviométrica (mm) no ano de 2010 para a localização da Fazenda Experimental Bananal do Norte, pertencente ao Incaper, no sul do estado do Espírito Santo.

O período de maior índice pluviométrico inicia-se aproximadamente na segunda quinzena de outubro e se prolonga até a primeira quinzena de março, sendo os meses de novembro e dezembro os mais chuvosos (OLIVEIRA, 2007).

O relevo local caracteriza-se como uma região com feições do tipo “Mar de Morros”, com relevo ondulado a forte ondulado e cobertura vegetal natural de Floresta Estacional Semidecidual Submontana, em cotas que variam de 100 a 150 m de altitude.

Para o estudo foram selecionadas quatro áreas com as seguintes coberturas florestais: *Acacia mangium* Willd., *Sapindus saponaria* L., *Hevea brasiliensis* e floresta secundária.

As áreas com *Acacia mangium* e *Sapindus saponaria* faziam parte do Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas com Espécies Florestais, desenvolvido pelo Incaper e implantado no ano de 1994. Anteriormente, a área era ocupada por pastagem. Os dois plantios possuem uma área de 20 x 30 m e espaçamento de 2,0 x 2,5 m. Nestes plantios foram utilizados 150 gramas de superfosfato simples na cova, não sendo feita gradagem e nem aração antes do plantio.

A área com *Hevea brasiliensis* possui aproximadamente 3 ha e foi implantada em dezembro de 2003 e anteriormente encontrava-se sob pastagem. Foi utilizado um espaçamento de 8,0 x 2,5 m sendo uma área de experimentação utilizando o clone Fx 3864. Na sua implantação foram

utilizados 150 gramas de P_2O_5 , 300 gramas de calcário dolomítico e 10 litros de esterco bovino por cova. Atualmente, esta área recebe tratamentos culturais como a aplicação de herbicidas para o controle de plantas invasoras.

Na área sob floresta secundária é encontrada a dominância das espécies arbóreas das famílias Fabaceae, Sapotaceae, Euphorbiaceae, Myrtaceae e Meliaceae (OLIVEIRA, 2007).

Para a realização do estudo foi considerada uma área de 20 x 30 m para cada cobertura florestal.

O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico de textura argilosa (EMBRAPA, 1999).

2.2. AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS DO SOLO

A coleta das amostras de solo foi feita na instalação do experimento, nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, sendo coletada 3 amostras simples em cada cobertura. As amostras foram secas ao ar, destorroadas e peneiradas, para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA).

Na TFSA foram analisados: pH em água, utilizando as proporções 1:2,5 (v/v) de solo:solução; potássio e sódio trocáveis por fotometria de chama, após extração com extrator Mehlich -1; cálcio e magnésio trocáveis por extração com cloreto de potássio 1 mol L⁻¹ e determinação por espectrometria de absorção atômica; alumínio trocável por extração com cloreto de potássio 1 mol L⁻¹ e titulação; pH 7,0 e titulação; acidez potencial (H + Al) por extração com acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹, pH 7,0 e titulação; fósforo por colorimetria, após extração com extrator de Mehlich -1 (EMBRAPA, 1997); carbono orgânico, através da oxidação por dicromato de potássio e ácido sulfúrico, com aquecimento externo, e titulação com sulfato ferroso amoniacal e indicador ferroin, conforme método proposto por Yeomans e Bremner (1988);

Foi feita caracterização física do solo onde se determinou a textura pelo método da pipeta segundo EMBRAPA (1997), densidade do solo, pelo método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997) e densidade de partícula pelo método do balão volumétrico (EMBRAPA, 1997).

2.3. DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA - PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA, TEORES E ACÚMULOS DE NUTRIENTES

Para quantificar a deposição da serapilheira foram instalados três coletores em cada cobertura florestal. Cada coletor apresenta área de 50 x 50 cm e altura de 75 cm do solo. O material interceptado pelos coletores (folhas e não folhas) foi mensalmente coletado durante o período de janeiro a outubro de 2010, sendo os dados agrupados em estações secas e chuvosas.

No laboratório, o material coletado foi separado em fração folhas e não-folhas (galhos finos, galhos grossos, flores e frutos). Em seguida, o material foi seco em estufa a 65° C por 72 horas e pesado, obtendo-se assim, a matéria seca (MS) de cada fração. A massa seca foi moída e submetida à digestão nitroperclórica (TEDESCO *et al.*, 1995). Na alíquota obtida da digestão foram determinados os teores de Ca e Mg pelo espectrofotômetro de absorção atômica, K pelo fotômetro de chama e P pelo espectrofotômetro de absorção visível, conforme EMBRAPA (1997).

Com base na biomassa de serapilheira e nos teores de nutrientes, foram calculados os acúmulos de cada nutriente no estoque de serapilheira (kg ha⁻¹).

2.4. ACÚMULO DE SERAPILHEIRA – PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA, TEORES E ACÚMULO DE NUTRIENTES

Para a quantificação do acúmulo de serapilheira no solo foram realizadas quatro coletas em épocas distintas (novembro/2009, março/2010, junho/2010 e novembro/2010), com o auxílio de um gabarito de 0,33 x 0,33 m, com três repetições em cada cobertura florestal estudada. O gabarito foi lançado aleatoriamente sobre a cobertura florestal, sendo retirado a serapilheira contida em sua área.

As amostras de serapilheira coletadas foram levadas para laboratório onde foram secas em estufa a 65° C por 72 horas e pesadas posteriormente, obtendo-se o peso da matéria seca (MS). Em seguida a MS foi moída e obteve-se uma amostra que foi submetida à digestão nitroperclórica (TEDESCO *et al.*, 1995). Na alíquota obtida da digestão foram determinados os teores de Ca e

Mg pelo espectrofotômetro de absorção atômica, K pelo fotômetro de chama e P pelo espectrofotômetro de absorção visível, conforme EMBRAPA (1997).

Os dados de deposição e acúmulo de serrapilheira obtidos, assim como os teores e acúmulos de nutrientes aportados via serrapilheira (depositados e acumulados) para as diferentes coberturas florestais estudadas foram avaliados pelo teste t, utilizando o software estatístico GENES.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO

Os atributos químicos e físicos do solo das coberturas florestais estudadas são apresentados, respectivamente, nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Atributos químicos do solo coletado nas profundidades de 0 a 10 e 10 a 20 cm para cada cobertura florestal estudada (Floresta secundária, *Acacia mangium*, *Sapindus saponaria* e *Hevea brasiliensis*) na região sul do Espírito Santo

Atributos ¹	Floresta Secundária		<i>Sapindus saponaria</i>		<i>Acacia mangium</i>		<i>Hevea brasiliensis</i>	
	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20
	----- Profundidade (cm) -----							
pH (H ₂ O)	6,2	5,9	6,0	5,9	5,9	6,0	5,0	5,0
P (mg dm ⁻³)	18,8	9,0	12,0	6,4	12,2	11,5	13,9	7,5
K ⁺ (mg dm ⁻³)	165	109	47	33	97,0	67	118,0	33
Ca ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	6,55	3,37	5,01	3,37	6,38	4,81	1,88	1,79
Mg ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	3,54	2,60	2,78	2,22	2,84	2,50	2,63	1,77
Na ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,18	0,12	0,15	0,14	0,16	0,16	0,15	0,15
Al ⁺³ (cmol _c dm ⁻³)	0,27	0,15	0,25	0,19	1,10	0,05	0,62	0,36
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	3,19	2,70	2,86	3,14	5,06	3,47	4,13	3,41
C.O. (dag kg ⁻¹)	2,14	1,34	1,72	1,41	2,43	1,65	1,39	1,16
M.O. (dag kg ⁻¹)	3,69	2,31	2,97	2,43	4,19	2,84	2,40	2,00
CTC (cmol _c dm ⁻³)	13,60	9,07	10,92	8,96	14,69	11,12	9,15	7,21
SB (cmol _c dm ⁻³)	10,41	6,37	8,06	5,82	9,63	7,65	5,02	3,80
V (%)	76,55	70,24	73,81	64,95	65,55	68,79	54,84	52,73

Tabela 2. Atributos físicos do solo coletado nas profundidades de 0 a 10 e 10 a 20 cm para cada cobertura florestal estudada (Floresta secundária, *Acacia mangium*, *Sapindus saponaria* e *Hevea brasiliensis*) na região sul do Espírito Santo

Cobertura Florestal	Ds	Dp	Areia	Silte	Argila
	---- kg dm ⁻³ ----		-----g kg ⁻¹ -----		
----- 0 – 10 cm -----					
Floresta Secundária	1,15	2,52	495	54	451
<i>Sapindus saponaria</i>	1,23	2,64	491	70	439
<i>Acacia mangium</i>	1,22	2,62	426	56	518
<i>Hevea brasiliensis</i>	1,23	2,59	491	44	465
----- 10 a 20 cm -----					
--					
Floresta Secundária	1,21	2,62	467	54	479
<i>Sapindus saponaria</i>	1,17	2,70	417	64	519
<i>Acacia mangium</i>	1,10	2,68	366	64	570
<i>Hevea brasiliensis</i>	1,19	2,55	380	52	568

Sendo: Ds = densidade do solo; Dp = densidade de partículas.

3.2. DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA

3.2.1. Produção de matéria seca

Na Tabela 3 são apresentados os valores de produção de matéria seca de serapilheira depositados pelas coberturas florestais nas frações folhas e não folhas e o total (folhas + não folhas), em kg ha⁻¹, durante a estação chuvosa (outubro a março) e seca (abril a setembro).

Observou-se para todas as coberturas florestais, o predomínio na produção de matéria seca da fração folhas quando comparada à produção da fração não folhas (Tabela 3). Esse comportamento também foi observado por Figueiredo Filho *et al.* (2003), que afirmam que, de maneira geral, a serapilheira é composta por mais de 50% de folhas. Zimmermann *et al.* (2002) ressaltam que as folhas são o componente principal da serapilheira e sua fração depende, principalmente, do cultivo formado, da estrutura do local e da idade das árvores.

Tabela 3. Produção de matéria seca de serapilheira depositada nas frações folha, não-folhas e total, em kg ha⁻¹, para as coberturas florestais estudadas (floresta secundária, *Sapindus saponaria*, *Acacia mangium* e *Hevea brasiliensis*) na região sul do Espírito Santo, durante a estação chuvosa e seca do ano de 2010

Coberturas Florestais	Folhas	Não folhas	Total
	----- kg ha ⁻¹ -----		
	Estação chuvosa		
Floresta Secundária	699,83 a	361,58 a	1.061,41 a
<i>Sapindus saponaria</i>	752,50 a	211,83 a	964,36 a
<i>Acacia mangium</i>	795,50 a	191,08 a	986,75 a
<i>Hevea brasiliensis</i>	153,41 b	75,66 b	228,91 b
	Estação seca		
Floresta Secundária	415,11 b	77,22 b	492,44 b
<i>Sapindus saponaria</i>	305,11 c	58,88 b	364,16 c
<i>Acacia mangium</i>	566,27 a	148,72 a	715,11 a
<i>Hevea brasiliensis</i>	145,66 d	30,38 b	176,05 d

Valores seguidos da mesma letra, na coluna, para cada estação, não diferem estatisticamente entre si pelo teste t a 5 % de probabilidade.

Os percentuais da fração folha depositados pelas coberturas floresta secundária, *Sapindus saponaria*, *Acacia mangium* e *Hevea brasiliensis* foram 71,7%, 79,6%, 80,0% e 73,8%, respectivamente.

Andrade *et al.* (2000) estudando a deposição de serapilheira, verificaram que a deposição da fração folhas foi de 70% para *Acacia mangium* e 64% para *Acacia holosericea*.

Observa-se que houve diferença na produção das frações folha e não folha entre a *Hevea brasiliensis* (seringueira) e as demais coberturas estudadas na estação chuvosa (Tabela 3). Esse comportamento pode ser explicado por diversos fatores, entre eles, a classificação da *Acacia mangium* e a *Sapindus saponaria* (saboneteira) como espécies pioneiras e a idade mais nova do plantio de seringueira em relação às demais coberturas florestais.

Borém e Ramos (2002), avaliando o estoque de serapilheira em florestas tropicais, verificaram estoque de serapilheira entre 2100 e 38000 kg ha⁻¹ ano⁻¹. A análise desses trabalhos demonstra grande magnitude de variação no aporte de serapilheira em ecossistemas florestais.

Os valores de serapilheira encontrados por Andrade *et al.* (2000) em povoamentos de *Mimosa caesalpinifolia*, *Acacia mangium* e *Acacia holosericea*, com 4 anos de idade, foram, respectivamente, de 10.160; 9.130 e 9.060 kg ha⁻¹ ano⁻¹. Já Costa (2004), em área reflorestada com *Mimosa caesalpinifolia*, *Acacia auriculiformes* e *Gliricidia sepium*, verificou que deposição de serapilheira variou de 5.700 a 11.200 kg ha⁻¹ ano⁻¹.

Durante a estação chuvosa, não houve diferença na produção de serapilheira entre as coberturas florestais floresta secundária e as florestas plantadas de acacia mangium e saboneteira, porém essas diferiram estatisticamente da seringueira. Na estação seca, observou-se diferença na deposição da fração folhas entre as coberturas florestais, sendo que a espécie que produziu maior quantidade de serapilheira foi acacia mangium, seguida pela floresta secundária (Tabela 3). Para a fração não folhas, a espécie que depositou maior quantidade de serapilheira foi a acacia mangium diferindo da deposição das outras espécies.

Este resultado pode estar relacionado ao fato de nestas coberturas ocorrer deposição contínua de serapilheira devido às características ecológicas destas coberturas (perenifólias). A mesma justificativa cabe para as espécies saboneteira e seringueira que são semidecídua e decídua, respectivamente.

A cobertura florestal de seringueira apresentou a menor deposição para todas as frações e épocas (Tabela 3). Uma possível explicação para a menor deposição de serapilheira da seringueira em relação às espécies estudadas pode estar relacionada ao estágio juvenil em que a mesma se encontra, uma vez que o plantio de seringueira é mais novo que os das demais coberturas.

Outra possível explicação pode estar relacionada às diferenças no espaçamento dessas coberturas. A cobertura seringueira apresenta um maior espaçamento o que desfavorece a desrama natural. Além disso, a utilização de maiores espaçamentos diminui o número total de árvores por área. Schlitter *et al.* (1993) também verificaram que a produção de serapilheira era superior nos trechos com árvores mais espessas, maior volume de madeira e que tiveram um dossel mais fechado.

Em estudo comparando a deposição de serapilheira entre clones de seringais e fragmentos florestais no Vale do Ipiranga em MG, Kindel *et al.*,

(2004) encontrou a percentagem de 66% para a produção de folhas dos seringais. No mesmo estudo, a quantidade depositada de serapilheira foi semelhante entre os dois clones, sendo de 1.400 e 1.700 kg ha⁻¹ ano⁻¹, enquanto na mata o valor é de 3.200 kg ha⁻¹ ano⁻¹.

Para as coberturas floresta secundária e saboneteira, observaram-se diferenças significativas na produção de serapilheira das frações folhas, não folhas e total, em kg ha⁻¹, entre as estações chuvosa e seca (Tabela 4).

Para as coberturas de *Acacia mangium* e *Hevea brasiliensis* não houve diferença na deposição de serapilheira para as frações entre a estação chuvosa e seca (Tabela 4).

Em florestas naturais a deposição de serapilheira é de forma contínua, porém este resultado pode estar relacionado ao fato de ocorrer nas estações chuvosas, maior incidência de chuvas e ventos, o que favorece a queda de folhas e galhos. Já a saboneteira (*Sapindus saponaria*) é uma espécie semidecídua, perdendo suas folhas em uma época do ano, geralmente na estação seca. Porém, neste estudo, observou-se que a maior deposição de serapilheira pela espécie saboneteira ocorreu na estação chuvosa.

Tabela 4. Produção de matéria seca de serapilheira depositada nas frações folha, não-folhas e total, em kg ha⁻¹, para as coberturas florestais estudadas (floresta secundária, *Sapindus saponaria*, *Acacia mangium* e *Hevea brasiliensis*) na região sul do Espírito Santo, entre a estação chuvosa e seca do ano de 2010

Estação	Folhas	Não-folhas	Total
----- kg ha ⁻¹ -----			
		Floresta secundária	
Chuvosa	699,83 a	361,58 a	1.061,41 a
Seca	415,11 b	77,22 b	492,44 b
		<i>Sapindus saponaria</i>	
Chuvosa	752,50 a	211,83 a	964,33 a
Seca	305,11 b	58,88 b	364,16 b
		<i>Acacia mangium</i>	
Chuvosa	795,50 a	191,08 a	986,75 a
Seca	566,27 a	148,72 a	715,11 a
		<i>Hevea brasiliensis</i>	
Chuvosa	153,11 a	75,66 a	228,91 a
Seca	145,60 a	30,38 a	176,05 a

Valores seguidos da mesma letra, na coluna, para cada estação, não diferem estatisticamente entre si pelo teste t a 5 % de probabilidade.

Paula *et al.* (2009) estudando a deposição de serapilheira em três fragmentos florestais, verificaram que no período onde houve precipitação mais acentuada, no mês de janeiro, observou-se uma maior deposição de serapilheira, havendo correlação significativa entre esses parâmetros.

A produção de serapilheira contínua da *Acacia mangium* pode estar relacionada ao fato desta espécie ser perenifólia. Já a seringueira (*Hevea brasiliensis*) é classificada como caducifólia, porém, não houve diferença na produção de serapilheira entre a estação seca e chuvosa (Tabela 4).

Em estudo realizado por Gama-Rodrigues *et al.* (2000) em três áreas com diferentes coberturas vegetais, observou-se que a maior diferença encontrada entre as duas estações (seca e chuvosa) foi de 104,1% para a seringueira, onde a mesma caracterizou-se por apresentar total desfolhamento nos meses de maio e junho.

Em estudo conduzido por Leitão Filho (1993) para floresta atlântica em São Paulo, o pico máximo de produção de serapilheira foi em dezembro, que corresponde a um período de alta precipitação e temperaturas mais elevadas. De acordo com Bray e Gorham (1964), temperaturas elevadas, maior duração no período de crescimento e maior quantidade de insolação constituem-se nos fatores climáticos mais relevantes para a produção da serapilheira.

A influência do clima sobre a deposição de serapilheira para as coberturas florestais pode ser melhor visualizado relacionando-se a deposição total mensal de serapilheira com a precipitação pluviométrica (Figura 2). Para floresta secundária, observa-se que a deposição de serapilheira segue a mesma tendência para as taxas de precipitação, ou seja, há maior deposição quando há maior precipitação. O mesmo comportamento é observado para a saboneteira. Observa-se que no período chuvoso houve maior deposição de serapilheira.

Para a acacia mangium e seringueira, a relação entre a deposição de serapilheira e precipitação pluviométrica é menos expressiva, sendo observada produção contínua de serapilheira em todas as estações (Figura 2). Em estudos sobre a deposição de serapilheira em ecossistemas florestais, alguns autores encontraram comportamento diferente ao encontrado neste trabalho em relação à época de maior deposição. Morellato e Leitão Filho (1995); Rodrigues *et al.* (2000) e Vital *et al.* (2004) registram máxima produção de

serapilheira no período de seca. Esta diferença entre os resultados pode estar relacionada às diferenças edafoclimáticas entre as áreas dos estudos, assim como as espécies estudadas e a idade dos povoamentos.

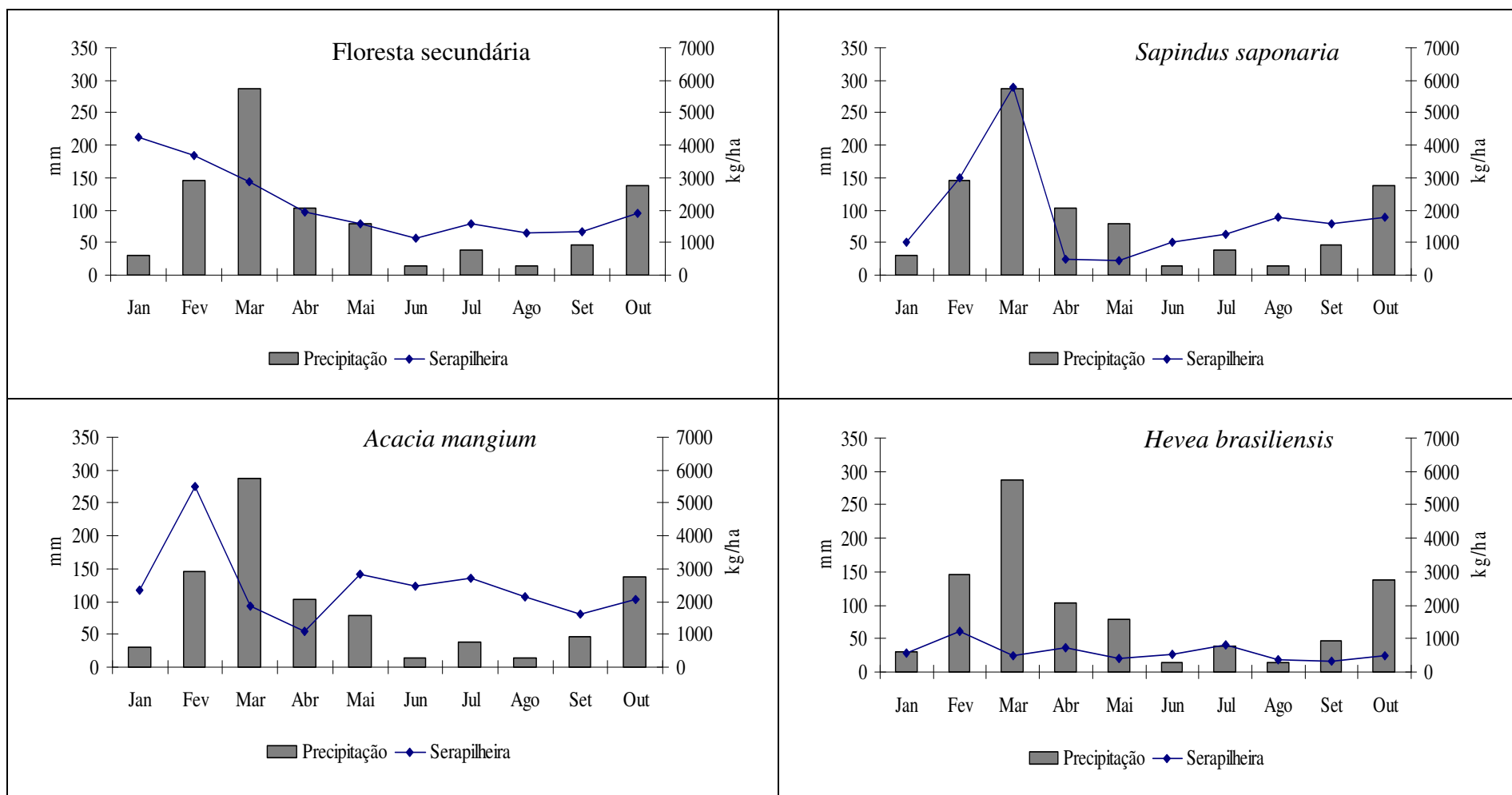


Figura 2. Comportamento da deposição total mensal de serapijeira (kg ha^{-1}) das coberturas florestais: floresta secundária, *Sapindus saponaria*, *Acacia mangium* e *Hevea brasiliensis* em relação à precipitação pluviométrica (mm) na região sul do Espírito Santo.

3.2.2. Teores e acúmulos de nutrientes

Em relação aos teores de nutrientes encontrados na serapilheira das coberturas florestais estudadas, observou-se para o P que não houve diferença significativa nos teores entre as coberturas florestais, tanto para a fração folha quanto para a não folhas (Tabela 5). Comportamento semelhante foi observado para o K nas folhas da serapilheira depositada, enquanto que os teores de K encontrados na fração não-folhas da seringueira foram significativamente superiores aos observados para a floresta secundária. Os valores encontrados para ambos nutrientes estão abaixo do mínimo estabelecido para a planta completar seu ciclo, de acordo com Malavolta, 1980.

Tabela 5. Teores médios de macronutrientes nas frações de serapilheira para as coberturas florestais estudadas (floresta secundária, *Acacia mangium*, *Sapindus saponaria* e *Hevea brasiliensis*) na região sul do Espírito Santo

Cobertura Florestal	P	K	Ca	Mg
----- g kg ⁻¹ -----				
Folhas				
Floresta Secundária	0,77 a	6,85 a	6,24 a	0,89 a
<i>Sapindus saponaria</i>	0,67 a	4,16 a	5,01 ab	0,80 ab
<i>Acacia mangium</i>	0,75 a	6,34 a	5,17 ab	0,81 ab
<i>Hevea brasiliensis</i>	0,88 a	5,55 a	4,05 b	0,68 b
Não Folhas				
Floresta Secundária	0,37 a	2,73 b	5,78 a	0,72 a
<i>Sapindus saponaria</i>	0,47 a	4,01 ab	6,11 ab	0,82 a
<i>Acacia mangium</i>	0,32 a	4,42 ab	4,24 b	0,64 a
<i>Hevea brasiliensis</i>	0,35 a	7,13 a	4,81 ab	0,76 a

Valores seguidos da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste t a 5 % de probabilidade.

Para Ca e Mg não foi observada grande variação entre os teores encontrados para as coberturas florestais. Segundo Malavolta (1980), os teores para Ca na planta variam de 5 a 80 g kg⁻¹ e os teores para Mg variam de 1 a 10 g kg⁻¹, valores Foram observados para Ca na cobertura de seringueira, valores inferiores ao estipulado por Malavolta (1980), já para Mg todas as coberturas apresentaram valores inferiores.

O acúmulo médio de nutrientes via deposição de serapilheira, que poderão retornar ao solo é apresentado na Tabela 6.

A fração folhas, devido à sua predominância na matéria seca, contribui em maior escala para a ciclagem de nutrientes em todas as coberturas florestais. A fração não folhas apresenta baixa contribuição em nutrientes retornados ao solo, em virtude de sua biomassa ser inferior à folha (Tabela 3).

A maioria dos nutrientes concentra-se nas estruturas mais novas da planta. Essa tendência é relatada por Haag (1985) em diferentes ecossistemas florestais naturais, que explicam que isso ocorre pelo fato de que, nas folhas há uma maior atividade metabólica, necessitando, dessa forma, de maior disponibilidade de nutrientes.

Tabela 6. Acúmulos de P, K, Ca e Mg em kg ha⁻¹ pelas diferentes frações formadoras da serapilheira total para as coberturas florestais estudadas (floresta secundária, *Acacia mangium*, *Sapindus saponaria* e *Hevea brasiliensis*) na região sul do Espírito Santo

Cobertura Florestal	P	K	Ca	Mg
-----kg ha ⁻¹ -----				

Folhas				
Floresta Secundária	0,86 a	7,64 a	6,96 a	0,99 a
<i>Sapindus saponaria</i>	0,71 b	4,40 a	5,30 a	0,85 a
<i>Acacia mangium</i>	1,02 a	8,63 a	7,04 a	1,10 a
<i>Hevea brasiliensis</i>	0,26 c	1,66 b	1,21 b	0,20 b
Não Folhas				
Floresta Secundária	0,16 a	1,20 ab	2,54 a	0,32 a
<i>Sapindus saponaria</i>	0,13 a	1,09 ab	1,65 b	0,22 ab
<i>Acacia mangium</i>	0,11 a	1,50 a	1,44 b	0,22 ab
<i>Hevea brasiliensis</i>	0,04 b	0,76 b	0,51 c	0,08 c

Valores seguidos da mesma letra, na coluna, para as diferentes frações formadoras da serapilheira, não diferem estatisticamente entre si pelo teste t a 5 % de probabilidade.

Outro fator, segundo Ferri (1985), é que a maioria dos nutrientes possui mobilidade de média a alta dentro da planta e, dessa forma, tendem a se concentrar nos órgãos mais novos.

Dentre todos os nutrientes, o K e o Ca foram os fornecidos em maior quantidade ao solo pela serapilheira depositada das coberturas florestais (Tabela 6), em virtude dos maiores teores dos mesmos encontrados na serapilheira (Tabela 5).

A magnitude média de transferência de nutrientes ao solo para cada cobertura florestal foi: floresta secundária: $Ca > K > Mg > P$; saboneteira: $Ca > K > Mg > P$; Acacia mangium: $K > Ca > Mg > P$ e seringueira: $K > Ca > Mg > P$.

Em trabalho realizado por Schumacher *et al.* (2003), um povoamento de acacia negra observou-se diferente magnitude no retorno de nutrientes, sendo encontrada a seguinte relação: $Ca > K > Mg > P$. A mesma seqüência foi encontrada por Bertalot (2004), avaliando o retorno de nutrientes para o solo via serapilheira para quatro espécies de leguminosas arbóreas. Em estudos sobre nutrição mineral da seringueira, Gener e Serve (1984) encontraram a seguinte ordem: $K > Ca > Mg > P$.

A quantidade de cada elemento encontrada na serapilheira é dependente de diversos fatores, principalmente da fração que está sendo aportada em cada momento, ou seja, dependendo do estágio de desenvolvimento em que se encontra a planta, determinado elemento pode ser encontrado em maior ou menor quantidade na serapilheira desta espécie. Por exemplo, o K é encontrado em maior quantidade na serapilheira de determinada espécie quando a mesma está em floração, onde há maior aporte da fração na serapilheira.

3.3. ACÚMULO DE SERAPILHEIRA

3.3.1. Produção de matéria seca

Na primeira coleta (novembro de 2009), o acúmulo total de serapilheira da floresta secundária não diferiu estatisticamente das coberturas de acacia mangium e saboneteira. A única diferença encontrada no acúmulo de serapilheira foi entre a seringueira e as demais coberturas florestais (Tabela 7).

Tabela 7. Produção de matéria seca de serapilheira acumulada, em Mg ha⁻¹, para as coberturas florestais estudadas (floresta secundária, *Acacia mangium*, *Sapindus saponaria* e *Hevea brasiliensis*) na região sul do Espírito Santo para as coletas realizadas

Cobertura Florestal	Matéria seca (MS) de serapilheira			
	Nov/09	Mar/10	Jul/10	Nov/10
	----- Mg ha ⁻¹ -----			
Floresta Secundária	5,812 a	2,354 b	3,003 a	5,503 a
<i>Sapindus saponaria</i>	4,042 a	2,525 b	1,782 ab	4,354 a
<i>Acacia mangium</i>	5,729 a	4,423 a	3,747 a	5,657 a
<i>Hevea brasiliensis</i>	1,618 b	2,191 b	1,000 b	1,591 b

Valores seguidos da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste t a 5 % de probabilidade.

Na segunda coleta (março de 2010), observou-se diferença significativa entre a cobertura de acacia mangium e as demais coberturas, a qual apresentou produção de matéria seca significativamente superior às demais coberturas florestais (Tabela 7).

Para a terceira coleta (julho de 2010), a produção de matéria seca da serapilheira acumulada da floresta secundária não diferiu das coberturas florestais saboneteira e acacia mangium, porém a floresta secundária e acacia mangium apresentaram acúmulos de serapilheira estatisticamente superiores à seringueira (Tabela 7).

Já para a quarta coleta (novembro de 2010), observou-se diferença na produção de matéria seca de serapilheira acumulada entre a seringueira e as demais coberturas florestais, apresentando a seringueira menor acúmulo de serapilheira (Tabela 7), efeito semelhante ao observado na coleta realizada no ano anterior.

Os menores valores de produção de matéria seca de serapilheira acumulada observados para a seringueira, independentemente da época da coleta, podem estar relacionados ao fato desta cobertura florestal possuir maior espaçamento e também receber frequentemente tratamentos culturais, o que pode desfavorecer o acúmulo de serapilheira. Um fator favorável ao maior acúmulo de serapilheira na cobertura de acacia mangium é sua classificação como pioneira e perenifólia.

Os resultados mostraram que, de maneira geral, a cobertura de acacia mangium apresentou maiores valores de produção de matéria seca de serapilheira acumulada, o que de acordo com Machado *et al.* (2001) acarreta uma maior cobertura do solo, protegendo o solo do impacto direto das gotas de chuva. Segundo Cardoso *et al.* (2004), esse impacto causa desagregação e selamento da superfície, reduzindo a capacidade de infiltração da água, aumentando as chances de escoamento superficial e, conseqüentemente, perda de solo por erosão laminar.

Em estudo realizado em plantio puro de *Acacia mangium* aos 5 anos de idade sobre um Argissolo, em Seropédica – RJ, Balieiro *et al.* (2004a) encontraram 12,7 Mg ha⁻¹ de estoque de serapilheira. Por sua vez, Cunha Neto (2010) encontrou 6,85 Mg ha⁻¹ de serapilheira em um plantio de acacia mangium em Além Paraíba, MG, no mesmo trabalho, foram encontrados valores de serapilheira de 13,42 Mg ha⁻¹ para eucalipto e 4,71 Mg ha⁻¹ para floresta secundária.

3.3.2. Acúmulo de nutrientes

O acúmulo de nutrientes na serapilheira acumulada durante as coletas realizadas está expresso na Tabela 8.

Observou-se diferença no acúmulo de P para as coberturas estudadas entre as coletas. Em todas as coletas, as coberturas de floresta secundária e *Acacia mangium* apresentaram maiores estoques de P (Tabela 8).

A cobertura que apresentou o menor acúmulo para os nutrientes foi a seringueira. Isto pode ser explicado principalmente pelo fato da mesma ter menores quantidades de serapilheira acumulada em todas as coletas quando comparada com as outras coberturas. Além disso, podem-se correlacionar os baixos estoques dos nutrientes com as características intrínsecas desta espécie. Por exemplo, para Murbach *et al.* (2003), o P na seringueira apresenta altas taxas de restranslocação, o que pode justificar seu baixo estoque na serapilheira desta espécie.

Outro aspecto a considerar é a maior demanda de P pelo solo do que pela planta.

Tabela 8. Acúmulo médio de nutrientes na serapilheira em kg ha⁻¹, para as coberturas florestais estudadas (floresta secundária, *Acacia mangium*, *Sapindus saponaria* e *Hevea brasiliensis*) na região sul do Espírito Santo, nas coletas realizadas

Coleta	Coberturas	P	K	Ca	Mg
		----- kg ha ⁻¹ -----			
Nov/09	Floresta Secundária	0,87 a	9,39 a	38,25 a	4,21 a
	<i>Sapindus saponaria</i>	0,50 b	6,06 b	24,21 bc	2,81 ab
	<i>Acacia mangium</i>	0,85 a	10,93 a	28,90 b	3,62 bc
	<i>Hevea brasiliensis</i>	0,12 c	1,61 c	8,60 d	1,12 d
Mar/10	Floresta Secundária	0,39 ab	3,58 a	13,15 c	1,62 b
	<i>Sapindus saponaria</i>	0,35 ab	6,69 b	15,10 ab	2,06 a
	<i>Acacia mangium</i>	0,54 a	4,75 c	23,53 a	2,82 ab
	<i>Hevea brasiliensis</i>	0,21 b	1,84 d	11,20 d	1,77 ab
Jul/10	Floresta Secundária	0,34 a	4,42 a	20,26 a	2,17 a
	<i>Sapindus saponaria</i>	0,26 a	3,10 a	10,05 b	1,24 b
	<i>Acacia mangium</i>	0,39 a	5,80 a	19,18 a	2,93 a
	<i>Hevea brasiliensis</i>	0,13 b	1,20 b	5,77 c	0,87 c
Nov/10	Floresta Secundária	0,42 ab	9,35 a	28,43 a	3,41 ab
	<i>Sapindus saponaria</i>	0,53 ab	7,83 b	10,22 b	2,48 b
	<i>Acacia mangium</i>	0,55 a	8,48 ab	33,91 a	4,94 a
	<i>Hevea brasiliensis</i>	0,09 b	3,06 c	9,85 b	1,57 b

Valores seguidos da mesma letra, na coluna, para cada época de coleta, não diferem estatisticamente entre si pelo teste t a 5 % de probabilidade.

Em relação ao acúmulo de K, as coberturas que apresentaram maiores valores foram as de acacia mangium e floresta secundária. A exemplo do P, a seringueira apresentou baixos valores de acúmulo de K em todas as coletas realizadas. Segundo Murbach *et al.*, (2003), além de apresentar altas taxas de restranslocação, assim como o P, o K é o nutriente mais exportado pela borracha seca, sendo esta quantidade maior que a reciclada ao solo pelas folhas da serapilheira.

Para os nutrientes Ca e Mg, semelhantemente ao observado para o P e K, verifica-se que os menores acúmulos foram encontrados na serapilheira de seringueira. Golley *et al.*, (1978) estudaram a causa da variação do teor de nutrientes nos solos de uma floresta no Panamá, e verificam que a

concentração de Ca e Mg na vegetação está altamente correlacionadas com a concentração desses elementos no solo. No presente estudo, o solo com a cobertura de seringueira foi o que apresentou os menores teores de Ca e Mg, sendo que os de acácia mangium e floresta secundária apresentaram os maiores teores para estes nutrientes. Resultados semelhantes foram obtidos por Golley *et al.* (1978).

4. CONCLUSÕES

As coberturas florestais se comportaram de forma diferenciada quanto à deposição de serapilheira. Destaques para a *Acacia mangium* que, na época seca, proporcionou maiores valores de serapilheira depositada e para a seringueira, que dentre as coberturas florestais, foi a que apresentou desempenho inferior tanto no período seco quanto no período chuvoso. Em relação à quantidade de serapilheira acumulada no solo, em geral, não se observou diferença nas coletas entre as florestas plantadas com a floresta secundária, exceto para a cobertura de seringueira.

Dentre os nutrientes avaliados na serapilheira depositada, o teor de fósforo não variou entre as coberturas florestais, o mesmo ocorrendo para o teor de potássio na fração folhas e de magnésio na fração não-folhas.

O acúmulo de nutrientes foi mais influenciado pela produção de serapilheira do que pelos teores de nutrientes na serapilheira. A acácia mangium, juntamente com a floresta secundária, apresentaram, de maneira geral, valores superiores e a seringueira, os menores valores. Para este estudo, dentre os parâmetros avaliados, o acúmulo de nutrientes e a produção de serapilheira acumulada e depositada mostraram-se como importantes indicadores para avaliação de ciclagem de nutrientes em coberturas florestais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ANDRADE, A. G.; COSTA, G. S.; FARIA, S. M. Deposição e decomposição da serapilheira em povoamentos de *Mimosa caesalpinifolia*, *Acacia mangium* e *Acacia holosericea* com quatro anos de idade em planossolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 777-785, 2000.

BERTALOT, M. J. A. Retorno de nutrientes ao solo via deposição de serapilheira de quatro espécies leguminosas arbóreas na região de Botucatu – São Paulo, Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 65, p. 219-227, jan./jun. 2004.

BORÉM, R. A.T.; RAMOS, D. P. Variação estacional e topográfica de nutrientes na serapilheira de um fragmento de Mata Atlântica. **CERNE**, v. 8, n.2, p. 42-59, 2002.

BRAY, J. R., GORHAM, E. Litter production in forests of the world. **Advances in Ecological Research**, London, **2**: 101-157. 1964.

COSTA, G. S. Aporte de nutrientes pela serapilheira em uma área degradada e revegetada com leguminosas arbóreas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n. 3, v. 28, p. 919-927, 2004.

CURVELO, K.; REGO, N. A. C.; LOBÃO, D. E.; SODRÉ, G. A.; PEREIRA, J. M.; MARROCOS, P. C. L.; BARBOSA, J. W.; VALLE, R. R. Aporte de nutrientes na serapilheira e na água do solo em cacauabruca, floresta secundária e pastagem. **Agrotropica**. 21: 57-66, 2009

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2 ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa, 1999. 412p.

FIGUEIREDO FILHO, A., MORAES, G.F., SCHAAF, L.B. e FIGUEIREDO, D.J. Avaliação estacional da deposição de serrapilheira em uma floresta ombrófila mista localizada no sul do Estado do Paraná. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.13, n.1, p.11-18. 2003.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; COSTA, G. S.; ZAIA, F. C. Biomassa de serapilheira de diferentes coberturas florestais na Região Norte Fluminense. **Fertbio 2000**. Santa Maria- RS. CD-ROM.

GENER, P.; SERVE, M. Nutricion de la Hévée. In: MARTIN-PREVEL, P.; GAGNARD, J.; GAUTIER, G. L'analyse dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales. Paris: Lavoisier, 1984. p. 511-524.

GOLLEY, F. B.; MCGINNIS, J. T.; CLEMENTS, R. G.; CHILD, G. I.; DUERVER, M. J.. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida**. São Paulo, EPUEDUSP. 1978. 256p.

HAAG, H. P. A nutrição mineral e o ecossistema. In: CASTRO, P. R. C.; FERREIRA, S. O.; YAMADA, T. In: **Ecosfisiologia da produção agrícola**. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p.49-52, 1987.

LEITÃO-FILHO, H. F. **Ecologia da mata Atlântica em Cubatão**. São Paulo. Ed. UNESP Universidade Estadual Paulista, Editora da Universidade de Campinas. 1993.18 p.

LEITÃO FILHO, H. F.; TIMONI, R.; PAGANO, S. N.; CESAR, O. **Ecologia da Mata Atlântica em Cubatão**. Editora UNESP, Editora UNICAMP, São Paulo, 1993. 184p.

LEITÃO FILHO, H. F. A vegetação. In Ecologia e preservação de uma floresta tropical urbana - Reserva de Santa Genebra. Campinas (H.F. Leitão Filho & L.P. Morellato, eds.). Editora da Unicamp, Campinas, p.19-29. 1995.

LOPES, M. I. S.; DOMINGOS, M.; STRUFFALDI-DE VUONO, Y.; *Ciclagem de nutrientes minerais*. In: SYLVESTRE, L. s.; ROSA M. M. T., **Manual metodológico para estudos botânicos na mata atlântica**. EDUR – UFRRJ, Seropédica, RJ, 2002, p.72-102.

KINDEL, A.; BARBOSA, P. M. S.; PÉREZ, D. V.; GARAY, I. Efeito do extrativismo seletivo de espécies arbóreas da Floresta Atlântica de Tabuleiros na matéria orgânica e outros atributos do solo. Revista Brasileira Ciência do Solo, Viçosa, v. 23, p. 465-474, 1999.

MALAVOTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas** Ceres Ed.. Agronomica E.S.A. Luiz de Queiroz,, USP, Piracicaba, SP, p114-140,1980.

MASON, C.F. **Decomposição**. São Paulo. EDUSP, 63p. 1980.

MELLO, R. S. P. **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. 1995.

MORELLATO, P. C.; LEITÃO FILHO, H.F. **Ecologia e preservação de uma floresta tropical urbana: reserva de Santa Genebra**. UNICAMP, Campinas, São Paulo. 79p. 1995.

- OLIVEIRA, R. B. **Mapeamento e correlação de atributos do solo e de plantas de café conilon para fins de agricultura de precisão**. 2007. 129 p. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre.
- PAULA, R. R.; PEREIRA, M. G.; MENEZES, L., F. T. Aporte de nutrientes e decomposição da serapilheira em três fragmentos florestais periodicamente inundados na ilha da marambaia, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria 19(2): 139-148, 2009.
- PORTES, M. C. G. O. **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. 2000.
- PRITCHETT, W. L. **Properties and management of forest soils**. John Wiley and Sons. New York, Chichester, Brisbane, Toronto. 500p. 1979.
- PROCTOR, J. 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. 1983.
- RODRIGUES, W. A.; KLINGE, H.; FITTKAU, E. J. 2000. Estrutura e funcionamento de um ecossistema florestal amazônico de terra firme junto à *Reserva Florestal Walter Egler*, município de Rio Preto da Eva, Amazonas, Brasil. *Acta Biol. Par.*, 29(1, 2, 3, 4): 219-243.
- SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Química, 1974. 56p.
- SCLITTLER, F. H. M.; MARINIS, G.; CÉSAR, O. Produção de serapilheira na floresta no Morro do Diabo, Pontal do Paranapanema, SP. **Naturalis** 18:135-147. 1993.
- SCHUMACHER, M. V.; CALDEIRA, M. V. W. Estimativa da biomassa e do conteúdo de nutrientes de um povoamento de *Eucalyptus globulus* (Labillardière) sub-espécie *maidenii*. **Ciência Florestal**, Santa Maria 11(1): 45-53, 2001.
- SPAIN, A. V. Litterfall and the standing crop of litter in three tropical Australian rainforests. **Journal of Ecology** 72(3): 947-961. 1984.
- TEDESCO, M. J., GIANELLO, C., BISSANI, C. A., BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim técnico, 5)
- VITAL, A. R. T.; GUERRINI, I. G.; FRANKEN, W. K.; Fonseca, R. C. B. 2004. Produção de serrapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. *Revista Árvore*, 28(6): 793-800.

ZIMMERMANN, S.; BRAUN, S.; CONEDERA, M.; BLASER, P. Macronutrient inputs by litterfall as opposed to atmospheric deposition into two contrasting chestnut forest stands in southern Switzerland. **Forest Ecology and Management**, v.161, p.289-302, 2002.

CAPÍTULO II

DECOMPOSIÇÃO E ATIVIDADE MICROBIANA DA SERAPILHEIRA EM COBERTURAS FLORESTAIS NO SUL DO ESPIRITO SANTO

DECOMPOSIÇÃO E ATIVIDADE MICROBIANA DA SERAPILHEIRA EM COBERTURAS FLORESTAIS NO SUL DO ESPIRITO SANTO

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a decomposição, a liberação de nutrientes e a atividade microbiana da serapilheira em coberturas florestais de floresta secundária, *Acacia mangium*, *Sapindus saponaria* e *Hevea brasiliensis* no sul do Espírito Santo. A decomposição da serapilheira foi quantificada por meio de litter bags coletados em cada cobertura florestal. O material remanescente em cada litter bag foi coletado em diferentes períodos de tempo onde foram pesados para obtenção da matéria seca. Para a avaliação da atividade microbiana, procedeu-se a quantificação do CO₂ (C mineralizável). Os resultados experimentais mostraram que as coberturas florestais se comportaram de forma diferenciada quanto à decomposição e atividade microbiana, com destaques para a *Sapindus saponaria* que, apresentou maior velocidade de decomposição de serapilheira total e para a seringueira, que dentre as coberturas florestais, foi a que apresentou velocidade de decomposição inferior em relação às outras coberturas. O conteúdo de nutrientes liberados na decomposição da serapilheira apresentou comportamento decrescente ao decorrer dos dias. A cobertura de *Sapindus saponaria*, apresentou para as duas profundidades, quantidades acumuladas de CO₂ superiores em relação às outras coberturas florestais. A cobertura de *Acacia mangium* apresentou os menores valores de CO₂ acumulado. Para este estudo, dentre os parâmetros avaliados, a decomposição de serapilheira e a quantificação da atividade microbiana mostraram-se como importantes indicadores para avaliação de coberturas florestais.

Palavras-chave: *Acacia mangium*, litter bags, microrganismos.

DECOMPOSITION AND MICROBIAL ACTIVITY IN LITTER OF FOREST COVER IN THE SOUTH OF THE ESPÍRITO SANTO

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the decomposition, nutrient release and microbial activity of litter from a forest canopy of secondary forest, *Acacia mangium*, *Sapindus saponaria* and *Hevea brasiliensis* in the south of the Espírito Santo. The decomposition of litter was measured using litter bags collected in each forest cover. The remaining material in each litter bag was collected at different periods of time they were weighed to obtain dry matter. For the assessment of microbial activity, proceeded to quantify the CO₂ (mineralizable C). The experimental results showed that the forest cover behaved differently in terms of decomposition and microbial activity, with highlights for *Sapindus saponaria* that had a higher rate of decomposition of total litter and rubber, that among the forest canopy, which was showed lower rates of decomposition in relation to other coverage. The content of nutrients released in the decomposition of litter produced the downward trend over the day. The coverage of *Sapindus saponaria* presented for two depths, higher amounts of CO₂ accumulated in relation to other forest cover. Coverage of *Acacia mangium* showed the lowest values accumulated CO₂. For this study, among the parameters evaluated, the decomposition of leaf litter and quantification of microbial activity proved to be as important indicators for assessing forest cover.

Keywords: *Acacia mangium*, litter bags, microorganisms.

1. INTRODUÇÃO

A serapilheira é constituída de folhas, galhos mortos, cascas e árvores que morrem durante o desenvolvimento da floresta. Este material depositado sobre o solo contribui para melhorar as condições de retenção de umidade, e em solos tropicais, manter a ciclagem dos nutrientes de forma a evitar a saída destes nutrientes do sistema.

A adição e decomposição dos restos vegetais e animais, sob a atuação do clima e dos organismos presentes no solo, exercem grande influência no ambiente e são considerados elementos chaves na manutenção da qualidade do ecossistema (ANDRADE *et al.*, 1999). Para Montagnini e Jordan (2002), a decomposição dos resíduos orgânicos que formam a serapilheira é o principal processo de ciclagem de nutrientes em ecossistema florestal.

O processo de decomposição é de fundamental importância na manutenção dos ecossistemas, pois resulta na mineralização dos nutrientes incorporados à matéria orgânica, de modo a torná-los novamente disponíveis para os seres vivos. Deste modo, o fluxo de energia pode ser limitado pelo tempo de permanência dos elementos no compartimento de serapilheira acumulada e do solo, especialmente em ecossistemas tropicais, que possuem reservatórios de nutrientes freqüentemente restritos (GRANDI *et al.*, 1992).

Em sistemas florestais, a compreensão dos fatores que regulam a taxa de decomposição da serapilheira pode assumir importante papel no manejo de plantios florestais, possibilitando a elaboração de técnicas de cultivo que melhorem a utilização de nutrientes. A taxa de decomposição da serapilheira é regulada pela interação de três grupos de variáveis: as condições físicas e químicas do ambiente, controladas pelo clima e pelas características edáficas da área; a qualidade do substrato, que determina sua degradabilidade; e a natureza da comunidade decompositora, os macro e microrganismos (CORREIA e ANDRADE, 1999).

A taxa de decomposição da serapilheira (k) indiretamente representa a velocidade com que os nutrientes contidos nela tornam-se disponíveis. A taxa de decomposição da serapilheira é considerada alta quando os valores de K são acima de 1,0 (OLSON, 1963). Desta forma, um valor de K baixo, indica uma baixa velocidade de decomposição e uma demanda maior de tempo para

que os nutrientes sejam disponibilizados para o solo e assim possam novamente ser absorvidos pelas plantas (PAGANO, 1989).

A comparação entre o processo de ciclagem de nutrientes em florestas plantadas com o da floresta natural permite avaliar possíveis alterações que ocorrem em decorrência de técnicas de manejo aplicadas e interferências sobre a sustentabilidade das plantações. Em solos de baixa fertilidade, o acúmulo e a decomposição da serapilheira podem servir como indicadores de diferenças entre ecossistemas, principalmente, no que se refere à disponibilidade de nutrientes. A mineralização dos resíduos vegetais depende da qualidade do resíduo, da temperatura, dos fatores intrínsecos do solo como sua mineralogia, presença de Al^{3+} , e acidez do solo, da atividade biológica e da disponibilidade de nutrientes (TÖNNISSEN *et al.*, 2000).

Segundo Andrade (1997), os três principais métodos que têm sido utilizados para estimar a decomposição da serapilheira são (i) a respiração microbiana do solo (que avalia a evolução do CO_2 produzido pela decomposição), (ii) o valor K, que é a relação entre a quantidade de material que cai do dossel e a que está depositada sobre o solo, e (iii) avaliações diretas através de medidas da perda de massa em sacos denominados litter bags.

Valores mais elevados de respiração microbiana implicam em maior atividade biológica, que está diretamente relacionada com a disponibilidade de C do solo e da biomassa microbiana (MERCANTE *et al.*, 2004).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a decomposição da serapilheira, a liberação de nutrientes e, quantificar e avaliar a dinâmica do carbono mineralizável em quatro coberturas florestais (*Acacia mangium* Willd., *Sapindus saponaria* L., *Hevea brasiliensis* e floresta secundária), na região sul do estado do Espírito Santo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi conduzido na Fazenda Experimental do Incaper, Distrito de Pacotuba que dista cerca de 30 km da cidade de Cachoeiro de Itapemirim,

estado do Espírito Santo. As coordenadas da área são 20°45'S e 41°17'W, com altitude de 100m.

O clima da região é do tipo Cwa, apresentando chuva mal distribuída ao longo do ano, com verão chuvoso e inverno seco de acordo com a classificação de Köpen. A temperatura média do mês mais frio é inferior a 20°C e do mês mais quente superior a 27°C (OLIVEIRA, 2007). A região apresenta sazonalidade climática, sendo que as estações de baixas e altas pluviosidades estão bem definidas, corroborando com a classificação climática de Köpen. A estação seca ocorre entre os meses de abril e outubro, sendo que os meses de junho, julho e agosto são os de menor precipitação pluviométrica (Figura 1). O período de maior índice pluviométrico inicia-se aproximadamente na segunda quinzena de outubro e se prolonga até a primeira quinzena de março, sendo os meses de novembro e dezembro os mais chuvosos (OLIVEIRA, 2007).

O relevo local caracteriza-se como uma região com feições do tipo “Mar de Morros”, com relevo ondulado a forte ondulado e cobertura vegetal natural de Floresta Estacional Semidecidual Submontana, em cotas que variam de 100 a 150 m de altitude.

Para o estudo foram selecionadas quatro áreas com as seguintes coberturas florestais: floresta secundária, *Acacia mangium* Willd., *Sapindus saponaria* L. e *Hevea brasiliensis*.

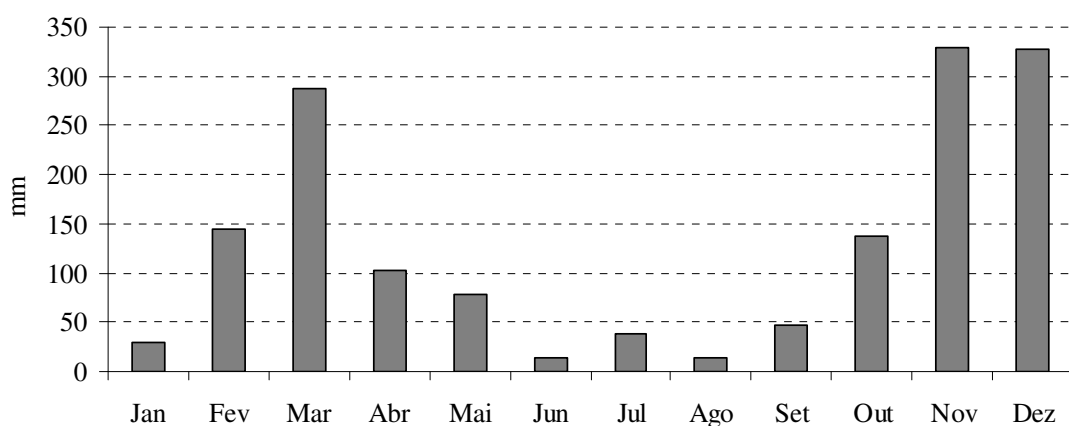


Figura 1. Precipitação pluviométrica (mm) no ano de 2010 para a localização da Fazenda Experimental Bananal do Norte, pertencente ao Incaper, no sul do estado do Espírito Santo.

As áreas com *Acacia mangium* e *Sapindus saponaria* faziam parte do Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas com Espécies Florestais, desenvolvido pelo Incaper e implantado no ano de 1994. Anteriormente, a área era ocupada por pastagem. Os dois plantios possuem uma área de 20 x 30 m e espaçamento de 2,0 x 2,5 m. Nestes plantios foram utilizados 150 gramas de superfosfato simples na cova, não sendo feita gradagem e nem aração antes do plantio.

A área com *Hevea brasiliensis* possui aproximadamente 3 ha e foi implantada em dezembro de 2003 e anteriormente encontrava-se sob pastagem. Foi utilizado um espaçamento de 8,0 x 2,5 m sendo uma área de experimentação utilizando o clone Fx 3864. Na sua implantação foram utilizados 150 gramas de P₂O₅, 300 gramas de calcário dolomítico e 10 litros de esterco bovino por cova. Atualmente, esta área recebe tratamentos culturais como a aplicação de herbicidas para o controle de plantas invasoras.

Na área sob floresta secundária é encontrada a dominância das espécies arbóreas das famílias Fabaceae, Sapotaceae, Euphorbiaceae, Myrtaceae e Meliaceae (OLIVEIRA, 2007).

Para a realização do estudo foi considerada uma área de 20 x 30 m para cada cobertura florestal.

O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico de textura argilosa (EMBRAPA, 1999).

2.2. AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS DO SOLO

A coleta das amostras de solo foi feita na instalação do experimento, nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, sendo coletada 3 amostras simples em cada cobertura. As amostras foram secas ao ar, destorroadas e peneiradas, para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA).

Na TFSA foram analisados: pH em água, utilizando as proporções 1:2,5 (v/v) de solo:solução; potássio e sódio trocáveis por fotometria de chama, após extração com extrator Mehlich -1; cálcio e magnésio trocáveis por extração com cloreto de potássio 1 mol L⁻¹ e determinação por espectrometria de absorção atômica; alumínio trocável por extração com cloreto de potássio 1 mol L⁻¹ e titulação; pH 7,0 e titulação; acidez potencial (H + Al) por extração com

acetato de cálcio $0,5 \text{ mol L}^{-1}$, pH 7,0 e titulação; fósforo por colorimetria, após extração com extrator de Mehlich -1 (EMBRAPA, 1997); carbono orgânico, através da oxidação por dicromato de potássio e ácido sulfúrico, com aquecimento externo, e titulação com sulfato ferroso amoniacal e indicador ferroin, conforme método proposto por Yeomans e Bremner (1988);

Foi feita caracterização física do solo onde se determinou a textura pelo método da pipeta segundo EMBRAPA (1997), densidade do solo, pelo método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997) e densidade de partícula pelo método do balão volumétrico (EMBRAPA, 1997).

2.3. DECOMPOSIÇÃO DE SERRAPILHEIRA - TAXA DE DECOMPOSIÇÃO (K) E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES

Para a avaliação da taxa de decomposição do material aportado ao solo para cada cobertura foram coletadas folhas senescentes que compõem cada área em estudo (floresta secundária, *Acacia mangium* Willd., *Sapindus saponaria* L. e *Hevea brasiliensis*). Após coletado, o material foi seco em estufa a 65° C , pesado (10 gramas) e colocado, separadamente, em litter bags - sacos confeccionados a partir de sombrite com 75% de sombreamento e área de 20 x 20 cm.

Os litter bags foram lançados aleatoriamente sobre a superfície do solo, para cada cobertura florestal correspondente, simulando a queda natural do material formador da serrapilheira. Para cada cobertura florestal foram realizadas três repetições.

Foram realizadas coletas aos 30, 75, 105, 135, 165 e 225 dias após o lançamento dos litter bags nas áreas. Após cada coleta, os materiais foram secos em estufa, pesados para a determinação da matéria seca e moídos para a determinação dos teores de Ca e Mg, por espectrofotometria de absorção atômica, K por fotometria de chama e P por espectrofotometria de absorção molecular.

A partir destes dados, foram determinados os percentuais de matéria seca (MS) remanescentes em relação às quantidades adicionadas inicialmente. Foram ajustados modelos para avaliar a taxa de decomposição pela equação:

$$XRt = a \exp^{(-kt)}$$

Em que XRt é o peso seco restante a um tempo t e uma constante k de decomposição. O parâmetro “ a ” corresponde ao ponto de máximo da função e representa a quantidade inicial de MS adicionada nos litter bags.

Valores baixos para a taxa k indicam uma baixa velocidade de decomposição e uma demanda maior de tempo para que os nutrientes sejam disponibilizados para o solo. O $t_{1/2}$ foi calculado através do logaritmo neperiano dividido pelo valor da taxa k .

2.4. DETERMINAÇÃO DO CARBONO MINERALIZÁVEL

A quantificação do carbono mineralizável foi realizado por meio da evolução de CO_2 produzido pela atividade microbiana, capturado em solução de NaOH $0,5 \text{ mol L}^{-1}$, segundo método proposto por Anderson (1982).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com arranjo fatorial 4×2 (quatro coberturas florestais e duas profundidades). Recipientes plásticos contendo 50 gramas de material de solo seco e passado em peneira de 2 mm e 5 gramas de matéria seca da serapilheira de cada cobertura florestal moída e peneirada em peneira de 2 mm foram umedecidos a 70% da capacidade de campo, constituindo uma unidade experimental. O estudo foi realizado com solo coletado nas profundidades de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm.

Cada recipiente recebeu 10 mL da solução de NaOH $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ acondicionada em copos plásticos de 50 mL. Esses recipientes foram hermeticamente fechados para a captura do CO_2 liberado, sendo abertos somente por ocasião da troca da solução de NaOH. As trocas das soluções de NaOH foram realizadas em intervalos distintos, de acordo com a velocidade da respiração em cada medição.

Para a quantificação do CO_2 liberado, uma alíquota de 5 mL de NaOH foi transferida para erlenmeyer de 125 mL, o qual recebeu 5 mL da solução de $BaCl_2$ $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ e três gotas de fenolftaleína 1%. A titulação foi realizada com

solução de HCl 0,25 mol L⁻¹, observando-se a mudança para incolor no ponto de equivalência (PASSOS, 2000).

A quantidade de CO₂ desprendida de cada amostra de solo, no período de monitoramento (45 dias), foi calculada pela seguinte expressão:

$$\text{CO}_2 \text{ (g/kg)} = (V_B - V_A) M \frac{V_T}{V_P} \frac{22}{m_{\text{solo}}}$$

em que

V_B: volume de HCl utilizado na titulação do branco (L);

V_A: volume de HCl utilizado na titulação da amostra (L);

M: concentração de HCl (mol/L);

V_T: volume total de NaOH usado na captura do CO₂ (L);

V_P: volume de NaOH pipetado na titulação (L);

22: g/mol_c de CO₂; e

m_{solo}: massa da amostra de solo (kg).

A curva de evolução de CO₂ (produção acumulada de CO₂) com o tempo de incubação foram ajustados na equação logística $Y = a / (1 + e^{-(b+cx)})$ (Passos, 2000), em que o coeficiente **a** é a saturação da curva, associada à máxima evolução de CO₂ e indica a quantidade de C mais facilmente mineralizável; o **b** indica o deslocamento da curva horizontalmente e quanto maior o seu valor, maior é o tempo para atingir a saturação; e o coeficiente **c** está relacionado com a taxa de crescimento da função, diretamente associado à labilidade do C na matéria orgânica. Por intermédio desses coeficientes foi possível estimar o tempo necessário para atingir a metade da produção máxima de CO₂ (t_{1/2}); seu valor permite que se faça uma inferência sobre a velocidade de mineralização da matéria orgânica do solo e, conseqüentemente, sobre sua labilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO

Os atributos químicos e físicos do solo das coberturas florestais estudadas são apresentados, respectivamente, nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Atributos químicos do solo coletado nas profundidades de 0 a 10 e 10 a 20 cm para cada cobertura florestal estudada (Floresta secundária, *Acacia mangium*, *Sapindus saponaria* e *Hevea brasiliensis*) na região sul do Espírito Santo

Atributos ¹	Floresta Secundária		<i>Sapindus saponaria</i>		<i>Acacia mangium</i>		<i>Hevea brasiliensis</i>	
	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20
	----- Profundidade (cm) -----							
pH (H ₂ O)	6,2	5,9	6,0	5,9	5,9	6,0	5,0	5,0
P (mg dm ⁻³)	18,8	9,0	12,0	6,4	12,2	11,5	13,9	7,5
K ⁺ (mg dm ⁻³)	165	109	47	33	97,0	67	118,0	33
Ca ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	6,55	3,37	5,01	3,37	6,38	4,81	1,88	1,79
Mg ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	3,54	2,60	2,78	2,22	2,84	2,50	2,63	1,77
Na ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,18	0,12	0,15	0,14	0,16	0,16	0,15	0,15
Al ⁺³ (cmol _c dm ⁻³)	0,27	0,15	0,25	0,19	1,10	0,05	0,62	0,36
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	3,19	2,70	2,86	3,14	5,06	3,47	4,13	3,41
C.O. (dag kg ⁻¹)	2,14	1,34	1,72	1,41	2,43	1,65	1,39	1,16
M.O. (dag kg ⁻¹)	3,69	2,31	2,97	2,43	4,19	2,84	2,40	2,00
CTC (cmol _c dm ⁻³)	13,60	9,07	10,92	8,96	14,69	11,12	9,15	7,21
SB (cmol _c dm ⁻³)	10,41	6,37	8,06	5,82	9,63	7,65	5,02	3,80
V (%)	76,55	70,24	73,81	64,95	65,55	68,79	54,84	52,73

Tabela 2. Atributos físicos do solo coletado nas profundidades de 0 a 10 e 10 a 20 cm para cada cobertura florestal estudada (Floresta secundária, *Acacia mangium*, *Sapindus saponaria* e *Hevea brasiliensis*) na região sul do Espírito Santo

Cobertura Florestal	Ds	Dp	Areia	Silte	Argila
	---- kg dm ⁻³ ----		-----g kg ⁻¹ -----		
	----- 0 – 10 cm -----				
Floresta Secundária	1,15	2,52	495	54	451
<i>Sapindus saponaria</i>	1,23	2,64	491	70	439
<i>Acacia mangium</i>	1,22	2,62	426	56	518
<i>Hevea brasiliensis</i>	1,23	2,59	491	44	465
	----- 10 a 20 cm -----				
Floresta Secundária	1,21	2,62	467	54	479
<i>Sapindus saponaria</i>	1,17	2,70	417	64	519
<i>Acacia mangium</i>	1,10	2,68	366	64	570
<i>Hevea brasiliensis</i>	1,19	2,55	380	52	568

Sendo: Ds = densidade do solo; Dp = densidade de partículas.

3.2. DECOMPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA - TAXA DE DECOMPOSIÇÃO (K) E MATÉRIA SECA REMANESCENTE

A porcentagem de matéria seca (MS) remanescente nas coberturas florestais ao longo de 225 dias encontra-se na Figura 3. A maior perda de MS ocorreu nos primeiros 30 dias, que de acordo com Lupwayi (2004) é o período onde ocorre a maior perda de compostos solúveis mais lábeis e de fácil decomposição (LUPWAYI *et al.*, 2004).

Após os 30 dias, 14,6% da MS da floresta secundária que estava dentro dos litter bags foram decompostas, enquanto nas coberturas saboneteira, acácia mangium e seringueira, esse valor foi de 13,4%, 13,4% e 8,0%, respectivamente. Entre 30 e 75 dias de avaliação da decomposição, observou-se baixa redução de MS, o que pode estar relacionado ao período de menor ocorrência de chuvas, uma vez que o processo de decomposição é influenciado por diversos fatores do meio, dentre os quais se destacam a temperatura e a umidade.

A perda de MS no final do experimento, aos 225 dias, foi de 34,18% na floresta secundária, 44,49% na saboneteira, 32,92% na acácia mangium e 27,08% na seringueira.

Observa-se que a serapilheira de seringueira foi a que apresentou o comportamento mais lento em relação a sua decomposição ao longo dos 225 dias de estudo. A espécie saboneteira foi a que apresentou uma decomposição mais acentuada em relação às outras coberturas florestais. Este resultado pode estar relacionado ao fato da serapilheira de seringueira ser menos lábil do que as outras coberturas florestais (Figura 2).

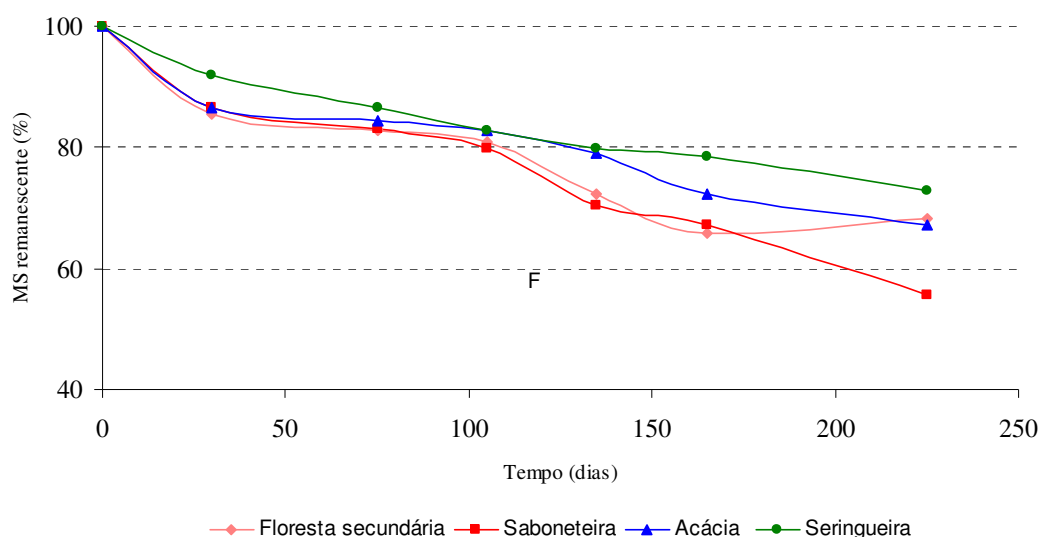


Figura 2. Curvas de decomposição da serapilheira para cada cobertura florestal estudada (Floresta secundária, *Acacia mangium*, *Sapindus saponaria* e *Hevea brasiliensis*) na região sul do Espírito Santo.

Verificou-se (Tabela 3) a menor constante k para seringueira (0,0013) que não diferenciou da taxa k para a *Acacia mangium* (0,0016). Não houve diferença entre a taxa k para floresta secundária (0,0017) e saboneteira (0,0024) indicando, portanto, que a serapilheira da saboneteira e floresta secundária apresentam velocidades de decomposição semelhantes. A taxa k para a seringueira diferiu das coberturas floresta secundária e saboneteira, apresentando menor velocidade de decomposição e, portanto, demandando maior de tempo para que os nutrientes sejam disponibilizados para o solo.

Tabela 3. Estimativa dos parâmetros (a , k) da equação de decomposição e do tempo de meia-vida ($t_{1/2}$) para cada cobertura florestal estudada (Floresta secundária, *Acacia mangium*, *Sapindus saponaria* e *Hevea brasiliensis*) na região sul do Espírito Santo

Cobertura florestal	$a^{(1)}$ (g)	$k^{(1)}$ (dia ⁻¹)	R^2	$t_{1/2}$ (dias)
MS				
Floresta Secundária	9,4352	0,0017 a	0,85	394,36 a b
<i>Sapindus saponaria</i>	9,8529	0,0024 a	0,95	292,75 b
<i>Acacia mangium</i>	9,6349	0,0016 a b	0,88	497,64 a b
<i>Hevea brasiliensis</i>	9,6830	0,0013 b	0,89	529,06 a

Valores seguidos da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste t a 5 % de probabilidade.

Cunha Neto (2010) avaliando a decomposição de espécies florestais encontrou valor de k igual a 0,0013 para a acácia mangium e de 0,0026 para floresta secundária. No mesmo estudo, os valores de $t_{1/2}$ obtidos foram de 533 dias e 266 dias para acácia mangium e floresta secundária, respectivamente.

Fernandes *et al.* (2006) verificaram que áreas com presença de leguminosas arbóreas, no caso, a serapilheira de acácia mangium e saboneteira, apresentam maior velocidade de decomposição, devido, normalmente, à maior concentração de nitrogênio em suas folhas, do que a maior parte das espécies florestais.

BALIEIRO *et al.* (2004), avaliando a decomposição de filódios (folhas modificadas) de Acácia mangium, atribuiu o grande acúmulo de serapilheira sobre o solo à baixa velocidade de decomposição dos filódios. Os autores, utilizando a mesma metodologia do presente trabalho, encontraram valores de $k = 0,0016$ e $t_{1/2} = 421$ dias, valores tão elevados quanto os encontrados no presente trabalho ($k = 0,0016$ e $t_{1/2} = 497,64$ dias).

O maior tempo de meia vida ($t_{1/2}$) obtido foi para a cobertura de seringueira (529 dias) seguida da acácia mangium (497 dias), floresta secundária (394 dias) e saboneteira (292 dias). Porém, apenas o $t_{1/2}$ para a espécie saboneteira diferiu do $t_{1/2}$ para a espécie seringueira. Estes resultados indicam que a serapilheira de seringueira precisa de mais tempo (529 dias) para se decompor, enquanto que a serapilheira de saboneteira precisa de menos tempo (292 dias) para se decompor. Estes resultados podem estar relacionados ao fato da serapilheira da seringueira possuir em sua composição química a presença de vasos lactíferos que produzem látex, o que pode torná-la menos palatável para microorganismos e resistente à decomposição.

VALENTE *et al.* (2005) constataram, avaliando diferentes plantios florestais, que os plantios que levaram *Acacia auriculiformes* e *Acacia mangium* em sua composição mostraram maior dificuldade de decomposição do material decíduo do que o plantio sem essas espécies.

3.3. DECOMPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA – LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES

A Tabela 4 apresenta os dados relativos ao conteúdo dos nutrientes remanescentes, em mg g^{-1} , por meio da decomposição da serapilheira das coberturas florestais estudadas.

Observou-se, para o P em todas as coberturas, maior liberação nos primeiros 30 dias, ocorrendo em seguida diminuição na liberação deste elemento (Tabela 4). A cobertura de seringueira apresentou uma contínua liberação de P durante a decomposição da serapilheira.

Para o Ca observou-se um comportamento similar na liberação deste nutriente para todas as coberturas florestais (Tabela 4). Em geral, a liberação de Ca aumentou com o decorrer dos dias, ou seja, com a decomposição da matéria seca, observado pela redução dos valores ao longo do tempo.

A liberação de Ca tem sido correlacionada com os teores dos constituintes da parede celular (COBO *et al.*, 2002), portanto, quanto maior a decomposição da serapilheira, principalmente de folhas, há uma maior liberação de Ca.

Observou-se que a cobertura de acacia mangium foi a que apresentou os menores valores de Ca liberados (Tabela 4). Este resultado pode estar relacionado ao fato desta serapilheira ser menos lábil dificultando assim sua decomposição. Esta característica pode ser visualizada na Tabela 3, onde a mesma apresenta o segundo menor valor para k.

Para o Mg, a cobertura que apresentou liberação contínua deste nutriente foi a seringueira (Tabela 4). Segundo Gama-Rodrigues e Barros (2002), a liberação de Mg acompanha a perda de massa, porém, observa-se que a seringueira apresentou a menor taxa k, o que indica que sua serapilheira é decomposta mais lentamente em relação às outras coberturas.

Tabela 4. Conteúdo de nutrientes (mg g^{-1}) remanescente após cada período de decomposição da serapilheira para cada cobertura florestal estudada (Floresta secundária, *Acacia mangium*, *Sapindus saponaria* e *Hevea brasiliensis*) na região sul do Espírito Santo

Cobertura Florestal	dias						
	0	30	75	105	135	165	225
	P						
Floresta Secundária	7,6 a	5,0 ab	4,7 ab	4,9 ab	4,0 b	4,3 b	3,5 b
<i>Sapindus saponaria</i>	5,4 a	4,0 a	4,5 a	4,9 a	4,0 a	4,2 a	3,7 a
<i>Acacia mangium</i>	3,8 a	2,4 ab	2,9 a	2,7 ab	2,5 ab	3,0 a	1,5 b
<i>Hevea brasiliensis</i>	6,2 a	4,2 a	4,5 a	3,9 ab	3,7 ab	3,8 ab	1,8 b
	Ca						
Floresta Secundária	6,4 a	5,2 a	5,1 a	5,2 a	1,8 b	4,4a	3,9 a
<i>Sapindus saponaria</i>	4,9 ab	5,6 ab	5,0 ab	6,2 a	4,6 ab	4,2 ab	3,5 b
<i>Acacia mangium</i>	2,6 a	4,8 a	3,3 a	4,0 a	4,1 a	3,5 a	2,7 a
<i>Hevea brasiliensis</i>	6,2 a	5,3 a	5,0 a	4,3 a	3,5 ab	4,5a	2,9 b
	Mg						
Floresta Secundária	8,4 a	6,7 a	6,5 a	6,5 a	4,3 a	5,2 a	6,0 a
<i>Sapindus saponaria</i>	7,2 a	6,2 a	5,2 a	6,1 a	5,1 a	4,5 a	5,2 a
<i>Acacia mangium</i>	4,9 a	6,3 a	4,6 a	5,3 a	5,1 a	4,3 a	3,8 a
<i>Hevea brasiliensis</i>	6,7 a	8,5 a	7,2 a	6,6 a	6,3 a	5,4 a	4,6 a
	K						
Floresta Secundária	21,3 a	15,5 a	18,0 a	15,3 a	12,9 a	15,4 a	29,9 a
<i>Sapindus saponaria</i>	13,3 b	13,3 b	12,8 b	12,3 b	13,3 b	9,1 b	29,6 a
<i>Acacia mangium</i>	15,8 b	13,4 b	13,2 b	10,6 b	13,0 b	7,3 b	32,1 a
<i>Hevea brasiliensis</i>	14,3 ab	10,4 ab	10,8 ab	7,8 b	6,8 b	7,5 b	28,8 a

Valores seguidos da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste t a 5 % de probabilidade.

Em relação ao K, observa-se para todas as coberturas o mesmo comportamento (Tabela 4). Nos primeiros dias há liberação, porém no final do período de decomposição este elemento é retido. Uma possível explicação para este comportamento, pode estar relacionada ao fato de no período em que houve menor liberação do conteúdo de K coincidir com as menores taxas de precipitação pluviométrica, já que o K não está associado a nenhum componente estrutural do tecido vegetal (TAIZ e ZEIGER, 2009), sendo, portanto facilmente lixiviável.

3.4. AVALIAÇÃO DO CARBONO MINERALIZÁVEL

Na Tabela 5 são apresentados os resultados encontrados para a produção acumulada de CO_2 aos 5, 15, 25, 35 e 45 dias de incubação nas coberturas florestais para as profundidades de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm do solo.

Observou-se variação na quantidade acumulada de CO₂, durante o período de incubação (45 dias), constatando diferenças entre as coberturas florestais. Valores mais elevados de respiração implicam em maior atividade biológica, que está diretamente relacionada com a disponibilidade de C do solo e da biomassa microbiana (MERCANTE *et al.*, 2004).

Observou-se, para as duas profundidades, que as quantidades acumuladas de CO₂ foram superiores para a cobertura de *Sapindus saponaria* (saboneteira). Este resultado pode estar relacionado à maior labilidade da serapilheira desta espécie quando comparada às outras coberturas florestais.

Por sua vez, a *Acácia mangium* foi a cobertura florestal que apresentou menor valor de produção acumulada de CO₂ total e durante os dias de incubação, indicando que esta espécie pode apresentar serapilheira mais resistente a ação de microrganismos, portanto, menor labilidade.

Esperava-se encontrar maiores valores de produção acumulada de CO₂ para a cobertura floresta secundária. Porém, estes resultados podem estar relacionados ao fato da serapilheira das coberturas florestais terem sido moídas e peneiradas, proporcionando a mesma superfície específica para todas as serapilheiras.

Tabela 5. Produção de CO₂ acumulada aos 5, 15, 25, 35 e 45 dias de incubação nas profundidades de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm, para cada cobertura florestal estudada (Floresta secundária, *Acácia mangium*, *Sapindus saponaria* e *Hevea brasiliensis*) na região sul do Espírito Santo

Cobertura Florestal	Produção acumulada de CO ₂				
	5 dias	15 dias	25 dias	35 dias	45 dias
	-----g kg ⁻¹ -----				
	----- 0 – 10 cm -----				
Floresta Secundária	1,11	2,29	3,18	3,67	4,63
<i>Sapindus saponaria</i>	1,58	3,45	4,53	5,12	6,29
<i>Acácia mangium</i>	0,83	1,95	2,58	2,92	3,67
<i>Hevea brasiliensis</i>	1,08	2,26	2,90	3,25	3,93
	----- 10 a 20 cm -----				
Floresta Secundária	0,98	2,16	2,98	3,43	4,33
<i>Sapindus saponaria</i>	1,94	4,03	5,43	6,12	7,40
<i>Acácia mangium</i>	0,67	1,72	2,40	2,78	3,59
<i>Hevea brasiliensis</i>	1,02	2,33	3,05	3,42	4,21

Os valores dos contrastes para a produção acumulada de CO₂ para as coberturas florestais podem ser visualizados na Tabela 6.

No contraste C1 (Tabela 6), para as duas profundidades, não foi observada diferença significativa entre as quantidades acumuladas de CO₂. Este resultado não era esperado já que a serapilheira de floresta secundária possui maior diversidade de material vegetal o que pode favorecer a atividade microbiana. Outro fator que poderia desfavorecer a atividade microbiana nas florestas plantadas é o manejo que as mesmas recebem.

O manejo desenvolvido nas florestas plantadas pode influenciar diretamente nos atributos do solo e, conseqüentemente, na sua atividade microbiana.

Pelo contraste C2 (Tabela 6), observou-se diferença significativa entre as quantidades acumuladas de CO₂, sendo que a maior produção acumulada de CO₂ foi observada para cobertura de saboneteira.

Não se observou diferença para a produção acumulada de CO₂ pelo contraste C3 (Tabela 6), indicando que a presença dos vasos lactíferos na serapilheira de seringueira não influenciou na produção acumulada de CO₂ comparando-se esta espécie com as espécies saboneteira e acácia mangium.

Gama-Rodrigues *et al.* (2008) trabalhando com atividade microbiana em área com *Acacia auriculiformis* encontraram valores de 0,031 g/kg para produção acumulada de CO₂ em um período de 7 dias de incubação. Porém, esses autores trabalharam apenas com solo, não incorporando a serapilheira.

Tabela 6. Contrastes das coberturas florestais nas profundidades de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm para a produção acumulada de CO₂, aos 45 dias

Contraste	Profundidade	
	0 – 10 (cm)	10 a 20 (cm)
C1	0,007 ^{ns}	2,200 ^{ns}
C2	4,993 ^{**}	7,010 ^{**}
C3	2,107 ^{ns}	2,560 ^{ns}

C1 = floresta secundária vs acácia + saboneteira + seringueira; C2 = saboneteira vs acácia + seringueira; C3 = seringueira vs acácia + saboneteira. NS = não-significativo e ** significativo a 1% de probabilidade.

No mesmo trabalho, os autores encontraram os valores 0,058 g/kg e 0,064 g/kg para pastagem e capoeira, respectivamente. Geralmente, os valores para a atividade microbiana são menores quando se trabalha apenas com o solo. Isto pode ser explicado pelo fato da presença da matéria orgânica da serapilheira favorecer o aumento a biomassa e a atividade da microbiota do solo. Outro aspecto importante a ser ressaltado é o fato que no presente estudo, a serapilheira das coberturas florestais antes de serem incorporadas ao solo para a montagem do experimento foram moídas e peneiradas em peneira de 2 mm. Este fato aumenta a superfície da serapilheira que será decomposta facilitando assim, a ação dos microrganismos.

A curva de evolução de CO₂ (produção acumulada de CO₂) com o tempo de incubação foram ajustados na equação logística (Tabela 7). Na profundidade 0 a 10 cm, a serapilheira da acácia mangium apresentou o maior valor para o coeficiente *a*, indicando que esta apresenta características que favorecem sua decomposição e, ou, maior proporção de carbono facilmente mineralizável. Porém, os resultados encontrados na decomposição da serapilheira desta espécie, mostram que a mesma possui o maior tempo de decomposição de sua serapilheira juntamente com a seringueira (Tabela 3).

Tabela 7. Coeficientes da equação logística, coeficientes de determinação e tempo estimado para atingir a metade da produção máxima de CO₂ ($t_{1/2} = -b/c$) para cada cobertura florestal (Floresta secundária, *Acácia mangium*, *Sapindus saponaria* e *Hevea brasiliensis*) na região sul do Espírito

Coberturas Florestais	a	b	c	R ²	t _{1/2} (dias)
----- 0 – 10 cm -----					
<i>Floresta Secundária</i>	3,49	-1,88	0,12	0,97	15,66
<i>Sapindus saponaria</i>	4,61	-1,81	0,11	0,98	16,45
<i>Acácia mangium</i>	6,01	-1,72	0,12	0,97	14,33
<i>Hevea brasiliensis</i>	3,74	-1,64	0,13	0,97	12,61
----- 10 a 20 cm -----					
<i>Floresta Secundária</i>	3,66	-2,16	0,13	0,98	16,61
<i>Sapindus saponaria</i>	4,38	-1,96	0,12	0,98	16,33
<i>Acácia mangium</i>	7,09	-1,73	0,12	0,98	14,41
<i>Hevea brasiliensis</i>	4,16	-1,89	0,13	0,98	14,53

Já a serapilheira encontrada na floresta secundária apresentou o menor valor para o coeficiente **a**, indicando que a mesma possui características menos favoráveis para sua decomposição. Este resultado não era esperado pelo fato desta serapilheira possuir diversificados substratos, fator que favorece a atividade microbiana e a sua decomposição. O mesmo comportamento foi observado na profundidade de 10 a 20 cm.

Observa-se que não houve grande variação nos valores encontrados para o coeficiente **b**, indicando um comportamento semelhante em todas as coberturas florestais. Porém, o menor valor para o coeficiente **b** foi encontrado para a espécie acácia, ratificando que a mesma possui serapilheira menos recalcitrante quando comparada às outras coberturas florestais.

Para as duas profundidades, a serapilheira de floresta secundária apresentou maiores valores para o coeficiente **b**, reafirmando que a mesma possui uma serapilheira mais recalcitrante, característica observada para o coeficiente **a**. Houve pequena variação entre a taxa de crescimento da função (coeficiente **c**) para as coberturas florestais estudadas.

Por meio da variável $t_{1/2}$ é possível estimar o tempo necessário para atingir a metade da produção máxima de CO_2 . Esta variável está relacionada com a velocidade de mineralização da serapilheira, ou seja, maiores valores de $t_{1/2}$ indicam menores velocidades de mineralização e, portanto, menor labilidade do material.

Na profundidade de 0 a 10 cm, o maior valor de $t_{1/2}$ foi encontrado na serapilheira de saboneteira, indicando assim, que a mesma possui menor velocidade de mineralização. Isso pode ser explicado pelo fato desta espécie possuir em sua composição química a substância saponinas, que possui propriedades detergentes e surfactantes, além de ser antifúngica, podendo dificultar a ação de microrganismos. Porém, como visto anteriormente, a serapilheira de saboneteira apresentou maior produção acumulada de CO_2 , se diferenciando significativamente em relação às outras espécies.

Para a mesma profundidade (0 - 10 cm), o menor valor de $t_{1/2}$ foi observado para a espécie seringueira, indicando que a serapilheira da mesma possui maior velocidade de mineralização. Apesar do material vegetal desta espécie ser mais 'fino', quando comparado às outras espécies, podendo facilitar sua decomposição, este resultado não era esperado já que esta

espécie possui vasos lactíferos que podem tornar o material vegetal menos palatável para os microrganismos.

Na profundidade de 10 a 20 cm, os resultados encontrados para as coberturas florestais seguiram o mesmo comportamento para a profundidade de 0 a 10 cm, ou seja, a saboneteira e a floresta secundária apresentaram maiores valores para $t_{1/2}$. Este resultado indica uma velocidade de decomposição da serapilheira mais lenta para estas espécies, enquanto que, as espécies acácia mangium e seringueira apresentaram menores valores de $t_{1/2}$, indicando que a serapilheira destas espécies são mais facilmente decompostas.

A obtenção e a interpretação destes resultados permitem avaliar a dinâmica da decomposição da serapilheira dessas espécies, informando a velocidade de decomposição das mesmas, possibilitando estimar o tempo em que os nutrientes ali presentes estarão disponíveis novamente para o sistema solo.

4. CONCLUSÕES

Dentre as serapilheiras das coberturas florestais avaliadas, a de *Sapindus saponaria* apresentou maior velocidade de decomposição e a de *Hevea brasiliensis* a menor velocidade de decomposição.

O conteúdo de nutrientes liberados, por meio da decomposição da serapilheira das coberturas florestais, apresentou, de maneira geral, valores decrescentes com o tempo.

A cobertura de *Sapindus saponaria*, apresentou para as duas profundidades, quantidades acumuladas de CO₂ superiores em relação às outras coberturas florestais, enquanto a cobertura de *Acacia mangium* apresentou os menores valores de CO₂ acumulado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, J. P. E. Soil respiration. In: Page, A.L.; Miller, R.H. & Keeney, D.R. (eds.) Methods of soil analysis. Part 2. 2 ed. Madison, Wisconsin. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, 1982. p. 831-866.

ANDRADE, A. G.; CABALLERO, S. S. U.; FARIA, S. M. **Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 22p. (Documentos, 13).

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

BALIEIRO, F. de C.; DIAS, L. E.; FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C.; FARIA, S. M. de. Acúmulo de nutrientes na parte aérea, na serapilheira acumulada sobre o solo e decomposição de filódios de *Acacia mangium* Willd. **Ciência Florestal**, v.14, n.1, p. 59-65, 2004.

CORREIA, M. E. F; ANDRADE, A.G. Formação de serrapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A; CAMARGO, F. A. de. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999. p.209-214.

CUNHA NETO, F. V. Qualidade do solo em área de *Mimosa Artemisiana* Heringer & Paula, *Acácia Mangium* Wild, *Eucalyptus Grandis* X *Eucalyptus Urophylla*, floresta secundária e pastagem, em Além Paraíba, MG. 2010. 70p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2 ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa, 1999. 412p.

FERNANDES, M. M.; PEREIRA, M. G.; MAGALHAES, L. M. S.; CRUZ, A. R.; GIACOMO, R. G. Aporte e decomposição de serapilheira em áreas de floresta secundária, plantio de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) e andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) na Flona Mário Xavier, RJ. **Ciência Florestal**, v.16, n.2, p. 163-175, 2006.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F. Ciclagem de nutrientes em floresta natural e em plantios de eucalipto e de dandá no sudeste da Bahia, Brasil. **Revista Árvore**, v.26, n.2, p.193-207, 2002.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E.; BARROS, N. F. Balanço de carbono e nutrientes em plantio puro e misto de espécies florestais nativas no sudeste da Bahia. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:1165-1179, 2008.

GRANDI, A. C.; DELITTI, W. B. C.; GRANDI, R. A. P. 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. 1992.

LUPWAYI, N. Z.; CLAYTON, G. W.; DONOVAN, J. T.; HARKER, K. N.; TURKINGTON, T. K.; RICE, W. A. Decomposition of crop residues under conventional and zero tillage. *Canadian Journal of Soil Science*, 84:403-410, 2004.

MERCANTE, F. M. et al. Parâmetros microbiológicos como indicadores da qualidade do solo sob diferentes sistemas integrados de produção agropecuária. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2004. 27 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 20).

MONTAGNINI, F.; JORDAN, C. F. Reciclaje de nutrientes. In: GUARIGUATA, M. R.; KATTAN, G. H. (Eds.). **Ecología y conservación de bosques neotropicales**. Cartago: Ediciones LUR, 2002. p. 167-191.

OLIVEIRA, R. B. **Mapeamento e correlação de atributos do solo e de plantas de café conilon para fins de agricultura de precisão**. 2007. 129 p. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre.

OLSON, J. S., 1963, Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology*, 44(2): 322-332.

PAGANO, S.N. Produção de folheto em mata mesófila semidecídua no Município de Rio Claro, São Paulo. **Revista Brasileira de Biologia**, 49:633-639. 1989.

PASSOS, R. R. Carbono orgânico e nitrogênio em agregados de um Latossolo Vermelho sob duas coberturas vegetais. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 109p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4ª ed. Artmed, Porto Alegre, 820p., 2009.

TEDESCO, M. J., GIANELLO, C., BISSANI, C. A., BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2. ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim técnico, 5)

THONNISSEN, C.; MIDMORE, D. J.; LADHA, J. K.; OLK, D. C.; SCHMIDHALTER, U. Legume decomposition and nitrogen release when applied as green manures to tropical vegetable production systems. *Agronomy Journal*, 92:253-260, 2000.

VALENTE, F. D. W.; NEVES, L. G.; TIENNE, L.; MARQUES, O.; CORTINES, E.; VALCARCEL, R. Produção e decomposição de serrapilheira em medidas biológicas de reabilitação de áreas de empréstimo na Mata Atlântica. **Revista Universidade Rural**. Série Ciências da Vida, v. 25, n. 1, p. 18-25, 2005.

