

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS –GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

DECOMPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA E APORTE DE NUTRIENTES EM
PLANTIOS PUROS E CONSORCIADOS DE *Eucalyptus grandis* Maiden,
Pseudosamanea guachapele Dugand E *Acacia mangium* Willd.

LUÍS CLÁUDIO MARANHÃO FROUFE

SOB A ORIENTAÇÃO DO PESQUISADOR
AVÍLIO ANTÔNIO FRANCO

Tese submetida como requisito
parcial para a obtenção do grau de
Magister Scientiae em Agronomia,
Área de Concentração em
Ciência do Solo.

Seropédica, RJ
Março (1999)

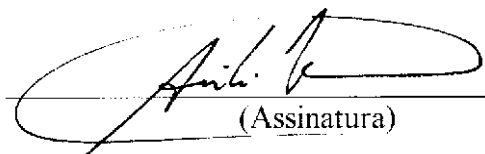
DECOMPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA E APORTE DE NUTRIENTES EM PLANTIOS PUROS E CONSORCIADOS DE *Eucalyptus grandis* Maiden, *Pseudosamanea guachapele* Dugand E *Acacia mangium* Willd.

LUÍS CLÁUDIO MARANHÃO FROUFE

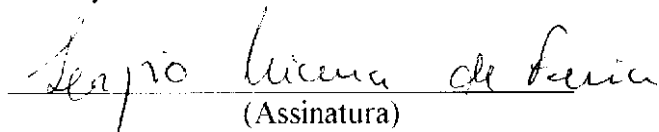
TESE SUBMETIDA E APROVADA EM: 26 / 03 / 1999

Banca Examinadora:

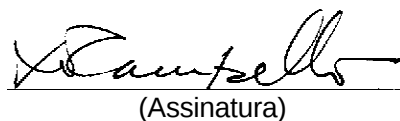
Avílio Antônio Franco
(Orientador)


(Assinatura)

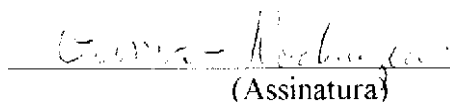
Sérgio Miana de Faria
(Embrapa - Agrobiologia)


(Assinatura)

Eduardo F. C. Campello
(Embrapa - Agrobiologia)


(Assinatura)

Antonio Carlos Gama-Rodrigues
(Professor - UENF)


(Assinatura)

Ao Deus Sol, ao Deus Chuva, ao Deus Natureza e a todos os outros Deuses
que permitiram a existência do mundo, da vida, das árvores, dos microrganismos
e do solo, sem os quais este trabalho seria impossível.

A todos estes Deuses, também, pela existência de meus pais,
Evaristo[†] e Sulamita, que me geraram e souberam,
com seu amor e dedicação, me tornar uma pessoa digna.

Às minhas irmãs, Leile e Lilian, pelo carinho constante
e por demover minha idéia absurda de abandonar a universidade.

À Anabel & Gabriela,
pelo dengo nas horas de estresse.

À Jabiraca, meu carro, que por nove meses adquiriu um leve odor de eucalipto,
pois eu não tinha onde armazenar as amostras coletadas, moídas...

À Lúcia, a doce Lucinha que eu amo,
por ser exatamente tudo o que ela é e por fazer-me tão feliz.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, por ter abrigado meu amadurecimento profissional, acadêmico e pessoal e, aos seus professores, em especial Azarias Machado de Andrade, pela dedicação, orientação e amizade demonstrada desde sua chegada a esta instituição e de cuja turma inaugural, me orgulho de ter feito parte.

Ao Dr. Avílio Antônio Franco, pela orientação prestada desde meus tempos de bolsista de aperfeiçoamento, de forma tranqüila, porém, precisa e por todas as vezes que me fez reafirmar a vontade de ser um pesquisador.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo suporte financeiro.

A todos os funcionários e pesquisadores da Embrapa Agrobiologia que, de forma direta ou indireta, tiveram participação na elaboração deste trabalho, por suas críticas e/ou sugestões.

Aos laboratoristas: Carlinhos, Altiberto, Selmo, Zé Vicente, Flávio e Adílson pela condução das análises de solos e tecidos vegetais; Fernando, pela coleta de serapilheira em períodos de congressos e simpósios, nos quais não pude fazê-las e Geraldo, pelo auxílio fotográfico.

A todos os funcionários do Terraço, Edílson, Ernâni, Paulo, Elias e Zézão, pelo auxílio nas etapas de produção e plantio das mudas e Roberto, na moagem de amostras.

Aos bolsistas e amigos Wellington, Pecin, Liamara e Suzel, pelo auxílio nas coletas de solo e serapilheira, mesmo que, para isso, tivessem que andar léguas ou ficar cobertos de lama e aos também bolsistas e amigos Fernanda, Marcelo, Fabiano e Gilmar pela troca constante de informações e a todos os outros amigos do Laboratório de Leguminosas e da própria Embrapa *Agrobiologia*: Lúcia Boddey, Fabão & Fabinho (VASCO !!!), Cláudinha, Valéria, Polidoro, Simony, Álvino, Elyson, entre tantos outros, pelo convívio sempre harmonioso.

Aos amigos da Rural, do 231, do Rio, do vôlei e do mundo (guardo-os no coração) que foram de extrema importância na realização deste trabalho.

ÍNDICE

RESUMO GERAL	ix
GENERAL ABSTRACT	x
INTRODUÇÃO GERAL	1
CAPÍTULO I	3
RESUMO	4
ABSTRACT	5
1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
2. MATERIAL E MÉTODOS	9
2.1. Descrição da área.	9
2.2. Área do experimento: preparo da área e plantio.	10
2.3. Coleta, preparação e análise das amostras	13
2.4. Planejamento e análise estatística dos dados.	14
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
3.1. Deposição mensal de estruturas decíduas formadoras da serapilheira de plantios de <i>P. guachapele</i> , <i>A. mangium</i> e <i>E. grandis</i>	16
3.2. Riqueza de nutrientes nas estruturas que formam a serapilheira de plantios de <i>P. guachapele</i> , <i>A. mangium</i> e <i>E. grandis</i>	24
3.3. Retorno dos nutrientes contidos na serapilheira aos sítios florestais de <i>P. guachapele</i> , <i>A. mangium</i> e <i>E. grandis</i>	30
4. CONCLUSÕES	34
5. BIBLIOGRAFIA	35
CAPÍTULO II	42
RESUMO	43
ABSTRACT	44
1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	45
2. MATERIAL E MÉTODOS	49
2.1. Localização, coleta e preparação das amostras de folhas.....	49
2.2. Análise dos dados.	56
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
3.1. Marcha de decomposição das amostras – perda de massa.	57
3.2. Marcha de decomposição das amostras – liberação de nutrientes.	63
4. CONCLUSÕES	67
5. CONCLUSÕES GERAIS	68
6. BIBLIOGRAFIA	69

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1: Temperatura média (°C) e precipitação total (mm) em Seropédica-RJ, de janeiro/1996 a dezembro/1998. Dados da estação meteorológica Ecologia Agrícola – PESAGRO-RJ.	10
Figura 2: Distribuição das árvores dentro das parcelas, onde B são as árvores da bordadura e X são as árvores úteis da parcela.	12
Figura 3: Contribuição relativa de folhas, estruturas lenhosas e reprodutivas, cascas e refugo na composição da serapilheira total depositada por <i>A. mangium</i> , <i>P. guachapele</i> e <i>E. grandis</i> consorciados e solteiros, aos 5 anos após o plantio.	16
Figura 4: Deposição mensal de folhas na serapilheira de plantios puros de <i>P. guachapele</i> , <i>A. mangium</i> e <i>E. grandis</i> e em consórcio 1:1 de <i>P. guachapele</i> e <i>E. grandis</i> , aos 5 anos após o plantio.	18
Figura 5: Deposição mensal de estruturas lenhosas na serapilheira de plantios puros de <i>P. guachapele</i> , <i>A. mangium</i> e <i>E. grandis</i> e em consórcio 1:1 de <i>P. guachapele</i> e <i>E. grandis</i> , aos 5 anos após o plantio.	19
Figura 6: Deposição mensal de estruturas reprodutivas na serapilheira de plantios puros de <i>P. guachapele</i> , <i>A. mangium</i> e <i>E. grandis</i> e em consórcio 1:1 de <i>P. guachapele</i> e <i>E. grandis</i> correspondentes aos 5 anos após o plantio.	20
Figura 7: Deposição mensal de cascas na serapilheira de plantios de <i>A. mangium</i> e <i>E. grandis</i> e no consórcio de <i>P. guachapele</i> e <i>E. grandis</i> , aos 5 anos após o plantio.	21
Figura 8: Deposição mensal de refugo na serapilheira dos plantios estudados, aos 5 anos após o plantio.	22

CAPÍTULO II

Figura 1: Folíolos em adiantado estado de senescência (amareladas) de <i>P. guachapele</i>	50
Figura 2: Amostras de folhas amarradas sob a forma de colares – <i>A. mangium</i>	50
Figura 3: Amostras de folhas amarradas sob a forma de colares – <i>P. guachapele</i>	51
Figura 4: Amostras de folhas amarradas sob a forma de colares – <i>E. grandis</i>	51
Figura 5: Distribuição das amostras de folhas nas parcelas – <i>P. guachapele</i> Solteira	53
Figura 6: Distribuição das amostras de folhas nas parcelas – <i>A. mangium</i>	53
Figura 7: Distribuição das amostras de folhas nas parcelas – <i>E. grandis</i>	54
Figura 8: Distribuição das amostras de folhas (pseudosamanea e eucalipto) nas parcelas consorciadas.	54

Figura 9 Marcha de decomposição de amostras de folhas senescentes em plantios de *P. guachapele* consorciada e solteira, *A. mangium* e *E. grandis* consorciado e solteiro. 58

Figura 10: Dinâmica de liberação do N_{total} presente nas folhas em decomposição nos plantios solteiros de *P. guachapele*, *E. grandis*, *A. mangium* e no consórcio das duas primeiras espécies. 63

Figura 11: Dinâmica de liberação do fósforo presente nas folhas expostas a processos de decomposição nos plantios solteiros de *P. guachapele*, *E. grandis*, *A. mangium* e no consórcio 1:1 das duas primeiras espécies. 63

Figura 12: Dinâmica de liberação do potássio presente nas folhas expostas à processos de decomposição nos plantios solteiros de *P. guachapele*, *E. grandis*, *A. mangium* e no consórcio 1:1 das duas primeiras espécies. 64

Figura 13: Dinâmica de liberação do cálcio presente nas folhas expostas à processos de decomposição nos plantios solteiros de *P. guachapele*, *E. grandis*, *A. mangium* e no consórcio 1:1 das duas primeiras espécies. 64

Figura 14: Dinâmica de liberação do magnésio presente nas folhas expostas à processos de decomposição nos plantios solteiros de *P. guachapele*, *E. grandis*, *A. mangium* e no consórcio 1:1 das duas primeiras espécies. 65

ÍNDICE DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1: Características químicas do planossolo série Ecologia, na camada de 0-20 cm de profundidade, anteriormente à implantação do experimento. 11

Tabela 2: Serapilheira total adicionada ao solo de plantios puros de *P. guachapele*, *A. mangium* e *E. grandis* e um plantio consorciado de *P. guachapele* e *E. grandis*, aos 5 anos após o plantio. 23

Tabela 3: Dados dendrométricos (DAP e altura total) referentes às árvores de *P. guachapele*, *A. mangium* e *E. grandis*, aos 5 anos após o plantio. 24

Tabela 4: Teores de nitrogênio total encontrados nas estruturas formadoras da serapilheira coletadas de plantios puros de *P. guachapele*, *A. mangium* e *E. grandis* e num consórcio 1:1 de *P. guachapele* e *E. grandis*. 25

Tabela 5: Teores de fósforo encontrados nas estruturas formadoras da serapilheira coletadas de plantios puros de *P. guachapele*, *A. mangium* e *E. grandis* e num consórcio 1:1 de *P. guachapele* e *E. grandis*. 25

Tabela 6: Teores de potássio encontrados nas estruturas formadoras da serapilheira coletadas de plantios puros de *P. guachapele*, *A. mangium* e *E. grandis* e num consórcio 1:1 de *P. guachapele* e *E. grandis*. 26

Tabela 7: Teores de cálcio encontrados nas estruturas formadoras da serapilheira coletadas de plantios puros de *P. guachapele*, *A. mangium* e *E. grandis* e num consórcio 1:1 de *P. guachapele* e *E. grandis*. 26

Tabela 8: Teores de magnésio encontrados nas estruturas formadoras da serapilheira coletadas de plantios puros de *P. guachapele*, *A. mangium* e *E. grandis* e num consórcio 1:1 de *P. guachapele* e *E. grandis*. 27

Tabela 9: Teores de nutrientes encontrados em diferentes estruturas de espécies de leguminosas arbóreas fixadoras de N_2 , actinorrízicas e não fixadoras de nitrogênio. 28

Tabela 10: Teores de carbono encontrados nas estruturas formadoras da serapilheira coletadas de plantios puros de *P. guachapele*, *A. mangium* e *E. grandis* e num consórcio 1:1 de *P. guachapele* e *E. grandis*. 29

Tabela 11: Relação Carbono / Nitrogênio (C:N) das estruturas formadoras da serapilheira coletadas de plantios puros de *P. guachapele*, *A. mangium* e *E. grandis* e num consórcio 1:1 de *P. guachapele* e *E. grandis*. 29

Tabela 12: Quantidade total de nutrientes depositados nas estruturas formadoras da serapilheira de plantios puros e consorciados de *P. guachapele*, *A. mangium* e *E. grandis*. 31

Tabela 13: Valores do Índice de eficiência no uso de nutrientes (VITOUSEK, 1982), para cada um dos sistemas de plantio estudados. 32

CAPÍTULO II

Tabela 1: Parâmetros da função $C = C_0 \cdot e^{-kt}$ ajustada aos valores das amostras de folhas remanescentes em cada parcela, durante o período chuvoso. 58

Tabela 2: Valores da constante de decomposição e da meia-vida de amostras de folhas de *Brachiaria humidicola* e *B. humidicola* + *Desmodium ovalifolium*. 59

Tabela 3: Teores de nitrogênio total ($g \cdot kg^{-1}$) nas folhas recém coletadas (tempo 0) e no decorrer do processo de decomposição *in situ* das amostras. 61

Tabela 4: Teores de fósforo ($g \cdot kg^{-1}$) nas folhas recém coletadas (tempo 0) e no decorrer do processo de decomposição *in situ* das amostras. 61

Tabela 5: Teores de potássio ($g \cdot kg^{-1}$) nas folhas recém coletadas (tempo 0) e no decorrer do processo de decomposição *in situ* das amostras. 61

Tabela 6: Teores de cálcio ($g \cdot kg^{-1}$) nas folhas recém coletadas (tempo 0) e no decorrer do processo de decomposição *in situ* das amostras. 62

Tabela 7: Teores de magnésio ($g \cdot kg^{-1}$) nas folhas recém coletadas (tempo 0) e no decorrer do processo de decomposição *in situ* das amostras. 62

RESUMO GERAL

Foram conduzidos, em Seropédica - RJ, dois experimentos em que se objetivou estudar a ciclagem de nutrientes em plantios puros e consorciados de eucalipto e duas leguminosas arbóreas florestais fixadoras de N_2 , uma com alta e outra com baixa taxa de decomposição. No primeiro experimento estudou-se a deposição de material formador da serapilheira, identificando suas frações, sua importância no total acumulado e sua sazonalidade, aos 5 anos após o plantio. Estudaram-se também a qualidade desta serapilheira e a quantidade total de nutrientes devolvidos ao solo pelos plantios. O segundo experimento objetivou estudar a decomposição de amostras de folhas coletadas desses plantios, com o intuito de fixar os parâmetros da liberação de nutrientes das folhas dessas espécies para o solo. Os resultados mostraram que as folhas foram responsáveis por 54,8 a 66,6%, sendo que as estruturas lenhosas contribuíram com 8,3 a 34,7%, as estruturas reprodutivas com 4,1 a 25,3%, as cascas com 6,7 a 8,2% e, o refugo, com 1,6 a 9,2% do total da serapilheira formada nesses plantios. Quanto à deposição da serapilheira, a espécie *Acacia mangium* foi responsável pelo maior aporte de serapilheira ($12.850 \text{ kg.ha}^{-1}$), seguida pelos plantios contendo *Eucalyptus grandis* (9.900 kg.ha^{-1} , no plantio solteiro e, 7.650 kg.ha^{-1} no plantio consorciado) e, pelo plantio de *Pseudosamanea guachapele*, responsável pelos menores aportes (7.970 kg.ha^{-1}). Quanto à qualidade da serapilheira, aquela encontrada nos plantios de pseudosamanea apresentou-se com maiores teores de nutrientes (2,41% N; 0,1% P; 0,37% K; 1,42% Ca e 0,83% Mg) que as demais espécies, acácia (1,65% N; 0,04% P; 0,40% K; 0,75% Ca e 0,18% Mg) e eucalipto (1,05% N; 0,09% P; 0,27% K; 0,90% Ca e 0,25% Mg). Além disso, as folhas de pseudosamanea apresentaram menor relação C:N (20,8) que as demais (31,4 em acácia e; 50,4 em eucalipto), o que viriam a ratificar nossa hipótese inicial da maior velocidade de decomposição das folhas de pseudosamanea ($T_{1/2} = 16,8$ dias), superior às demais (19,9 dias para acácia e; 24,1 dias para eucalipto).

GENERAL ABSTRACT

Two experiments were carried out in Seropédica - RJ, to study the nutrient cycling in pure and mixed plantations of eucalyptus and two N₂-fixing leguminous trees, one with fast and another with low decomposition rate. The first experiment studied the total litter deposition, its composition and distribution in relation to time. The quality of the litter and the total amount of nutrients returned to the soil by these plantations, were determined. The second experiment studied the decomposition of leaves collected from these plantations and nutrients released into the soil. The results showed that leaves contributed 54,8 to 66,6%, woody structures 8,3 to 34,7%, reproductive structures 4,1 to 25,3%, barks 6,7 to 8,2% and, the trash, 1,6 to 9,2% of the total litter formed in these plantations. In relation to litter deposition, the species *Acacia mangium* was responsible for the highest litter contribution (12,850 kg.ha⁻¹), followed by *Eucalyptus grandis* plantations (9,900 kg.ha⁻¹, in the pure plantation and, 7,650 kg.ha⁻¹ in the mixed plantation). *Pseudosamanea guachapele* plantations were responsible for the smallest contribution (7,970 kg.ha⁻¹). For the litter quality, it was found that pseudosamanea plantations have the highest amounts of nutrients (2.41% N; 0.1% P; 0.37% K; 1.42% Ca and 0.83% Mg) than the other species, acacia (1.65% N; 0.04% P; 0.40% K; 0.75% Ca and 0.18% Mg) and eucalyptus (1.05% N; 0.09% P; 0.27% K; 0.90% Ca and 0.25% Mg). Moreover, the pseudosamanea leaves have a lower C:N ratio (20.8) than the other species (31.4 in acacia and; 50.4 in eucalyptus), which confirms our initial hypothesis on the faster decomposition rate of the pseudosamanea leaves ($T_{1/2}$ = 16.8 days), compared to the others (19.9 days for acacia and; 24.1 days for eucalyptus).

INTRODUÇÃO GERAL

A história da utilização dos recursos florestais no Brasil remonta à época de seu descobrimento, com a exploração do pau-brasil pelos colonizadores portugueses e, desde então, recursos florestais aparecem como fonte geradora de divisas para o país, como o aproveitamento do látex das seringueiras para a fabricação da borracha natural sob a forma de extrativismo e, a exploração desordenada das reservas florestais brasileiras, de onde saíram madeiras nobres que, atualmente, estão em vias de extinção.

Em meados do século passado, foi introduzido no Brasil um novo gênero trazido da Austrália (*Eucalyptus*) que viria a ser extensivamente utilizado por sua grande capacidade de gerar biomassa florestal, num espaço de tempo relativamente curto.

Os plantios de eucalipto ganharam força na década de 1960 pela criação da lei de incentivos fiscais que visava o desenvolvimento do setor florestal nacional e para a fabricação de papel, em quantidades e custos competitivos com o mercado externo, principalmente os produtores europeus. Vários plantios foram realizados e, mesmo com o fim dos incentivos fiscais, a área plantada com diversas espécies deste gênero vem aumentando ano após ano, o que é motivo de críticas, em geral sem fundamentos científicos avalizados, de entidades de proteção ao meio ambiente.

A demanda de recursos da biomassa florestal, para a conversão em energia e mobiliário em geral se mostra crescente e dados revelam que, apesar da produção alta de recursos florestais oriundos das florestas plantadas, a exploração de florestas nativas no Brasil ainda suplanta a produção das florestas plantadas.

O motivo comum das freqüentes críticas à implantação de plantios de eucalipto residiria no fato de que, sendo o eucalipto plantado em sistema de monocultura de exploração de longo prazo, o mesmo poderia contribuir para a erosão do solo, já que

seria potencialmente causador de degradação ambiental (alta demanda de água e nutrientes e, liberação de substâncias químicas alelopáticas). Entretanto a extração de nutrientes das camadas mais profundas do solo e, reciclagem destes nutrientes via serapilheira, poderiam recuperar, em parte, a fertilidade de sítios florestais.

Outro fator de destaque no desenvolvimento do setor florestal nacional está ligado à necessidade de revegetar áreas degradadas como resultado da exploração errônea de solos agrícolas, substratos de mineração ou pela ocupação urbana irregular (favelas).

Desta forma, vêm sendo desenvolvidos projetos de recuperação de áreas degradadas (RAD) baseados na utilização de espécies de plantas que tenham potencial de desenvolver-se em ambientes pobres em nutrientes e matéria orgânica, elevada acidez e saturação de alumínio e metais pesados. Uma linha de pesquisadores vem utilizando, com êxito, espécies pertencentes à família das leguminosas, com potencial para a fixação biológica do nitrogênio atmosférico (N_2), associação com fungos micorrízicos e aporte de matéria orgânica ao solo, sob a forma de serapilheira. Estas características permitem que estas plantas possam se desenvolver naqueles ambientes, com um *input* inicial mínimo de energia, conseguido principalmente pela aplicação de fontes pouco solúveis de fertilizante fosfatado e de micronutrientes, e que possam, com o passar dos anos, adicionar ao solo, por intermédio da ciclagem de nutrientes, o nitrogênio capturado pelos microrganismos fixadores de N_2 (rizóbios) e o fósforo e micronutrientes absorvidos pela micorriza, além da matéria orgânica, fundamental para a recuperação da produtividade do solo.

No presente trabalho foram testados plantios de *Eucalyptus grandis*, *Pseudosamanea guachapele* e *Acacia mangium*, sendo estas duas últimas espécies de leguminosas "fixadoras" de nitrogênio atmosférico, no sentido de avaliar o potencial de cada uma destas espécies em recuperar atributos químicos ligados à fertilidade dos solos, em especial a concentração de nutrientes (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio), via deposição e decomposição da serapilheira decídua destes plantios. Além disso, esperamos que o mesmo possa gerar um maior conhecimento sobre os aspectos ligados à dinâmica de utilização e eficiência de uso de nutrientes nessas espécies e, desta forma, possamos opinar sobre as múltiplas funções de cada uma das espécies testadas, em especial a restauração e/ou conservação da sustentabilidade de ambientes florestais, retificando os pré - conceitos a elas postulados.

CAPÍTULO I:

APORTE DE NUTRIENTES VIA SERAPILHEIRA DE PLANTIOS PUROS E CONSORCIADOS DE *Pseudosamanea guachapele* Dugand, *Acacia mangium* Willd. E *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden.

RESUMO

Foi analisada, no campo experimental da Embrapa Agrobiologia, a deposição do material formador de serapilheira, de plantios puros de *P. guachapele*, *E. grandis* e *A. mangium* e, de um consórcio 1:1 das duas primeiras espécies, aos cinco anos após o plantio. O material formador da serapilheira, coletado a cada quinze dias e separado em folhas, estruturas lenhosas e reprodutivas, cascas e refugo, foi pesado, moído e encaminhado para determinação de seus teores em N_{total} , P, K, Ca, Mg e C. O maior aporte de serapilheira total foi obtido em acácia ($4,1 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$), seguido dos plantios solteiros de eucalipto ($2,9 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) e de pseudosamanea ($2,2 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) e, do plantio consorciado ($1,3 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$), igual comportamento observado para a deposição das folhas da serapilheira (63-65% do total da serapilheira depositada). O teor de nutrientes encontrados na serapilheira variou bastante entre estruturas e tratamentos, não sendo possível a análise paramétrica de suas médias. Entretanto, a análise de nutrientes adicionados ao solo, via serapilheira, mostrou maior aporte de N no plantio de acácia, seguido dos plantios solteiros de pseudosamanea e de eucalipto e, do plantio consorciado. Para P, maiores aportes foram alcançados na serapilheira do plantio solteiro de pseudosamanea, seguido dos plantios de acácia, eucalipto e do consórcio. A relação C:N das folhas de pseudosamanea foi inferior às das folhas de acácia e de eucalipto e estes resultados, aliados à soma de nutrientes depositados na serapilheira desses plantios sugerem uma ciclagem mais eficiente dos nutrientes analisados na pseudosamanea, seguida de acácia e de eucalipto. Maiores relações C:N foram determinadas em estruturas lenhosas e cascas desta última espécie, sugerindo uma maior recalcitrância dessas estruturas no solo.

ABSTRACT

Experiments were carried out at Embrapa Agrobiologia's experimental field, to analyse the deposition of the litter of pure plantations of *P. guachapele*, *E. grandis* and *A. mangium* and, of a mixed plantation of the first two species, five years after planting. The litter material collected every fifteen days and separated into leaves, woody and reproductive structures, barks and trash, were weighed, crushed and analysed, to determine the total content of nitrogen, phosphorous, potassium, calcium, magnesium and carbon. Larger contributions of total litter were obtained in the acacia plantation ($4.1 \text{ t.ha}^{-1}.\text{yr}^{-1}$), followed by the single plantations of eucalyptus ($2.9 \text{ t. ha}^{-1}.\text{yr}^{-1}$) and pseudosamanea ($2.2 \text{ t.ha}^{-1}.\text{yr}^{-1}$) and the mixed plantation ($1.3 \text{ t.ha}^{-1}.\text{yr}^{-1}$), the same behavior observed for the deposition of the leaf litter (63-65% of the total litter). The litter nutrient content varied greatly between structures and treatments, and it was not possible to use parametric analysis. However, the total nutrients added to the soil through litter, showed larger contribution of nitrogen in the acacia plantation, followed by the single plantations of pseudosamanea and of eucalyptus and, of the mixed plantation. The C-to-N ratio of the pseudosamanea leaves was inferior to the acacia leaves and of eucalyptus and these results, along with the sum of nutrients deposited in the litter of those plantations suggest more efficient nutrient cycling in the pseudosamanea plantation, followed by the acacia and of the eucalyptus plantation. Higher C: N ratios were found in woody structures and barks of this last species, suggesting us a higher resistance to decomposition of these structures in the soil.

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A ciclagem de nutrientes é um dos processos primordiais na manutenção da produtividade em sítios florestais, grandemente influenciada pelas técnicas de manejo.

As principais entradas de nutrientes no ecossistema ocorrem via intemperismo da rocha matriz, fixação de nitrogênio, deposição via precipitação e fertilização, sendo, a lixiviação, a erosão, a volatilização e a remoção do material orgânico (retirada da biomassa vegetal), as principais formas de saída de nutrientes.

REIS & BARROS (1990) afirmam que a adubação química tem sido inferior à demanda do plantio o que gera um efeito contínuo de exportação de nutrientes essenciais e empobrecimento do solo, principalmente na exploração florestal.

No Brasil, o intemperismo não é considerado uma fonte importante de entrada de nutrientes já que, na maioria dos solos, os minerais primários são pobres em nutrientes (REIS & BARROS, 1990) e que correspondem a um estoque de apenas 30% dos nutrientes estocados no ecossistema (ODUM, 1986). A adição de nutrientes no ecossistema, via precipitação, é de grande importância em regiões com solos altamente intemperizados e cuja intensidade de aporte é dependente de fatores tais como a intensidade de relâmpagos (fixação assimbiótica de nitrogênio) e proximidade de áreas industriais (ATTIWILL, 1966; ARCOVA & CICCIO, 1987).

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) vem se destacando, ao longo dos anos, como um processo importante no balanço econômico da cultura de soja (STRALIOTTO, 1990) e com grande potencial para outras como a cana-de-açúcar (BODDEY, 1995), feijão (SILVA *et al.*, 1996), forrageiras, etc. Embora um grande número de organismos possa fixar o N₂ atmosférico no sistema produtivo, quantidades

significativas deste elemento são restritas a associações de plantas leguminosas com bactérias diazotróficas da família Rhizobiaceae (FREIRE, 1992). No setor florestal, os estudos com FBN resumem-se às associações de leguminosas arbóreas florestais e rizóbios, em projetos de RAD (BARRETO & FERNANDES, 1998; GRIFFITH, 1994; FARIA *et al.*, 1984 e 1997; FRANCO *et al.*, 1994; DOMMERGUES & GIRCIS, 1991), de casuarinas com bactérias do gênero *Alnus* (DOMMERGUES, 1963; 1966; 1981) e ao plantio consorciado de espécies comerciais com espécies leguminosas. Neste sentido, alguns autores citam experiências realizadas com o plantio de espécies de *Eucalyptus* consorciados com *Leucaena* sp. (REIS & BARROS, 1990), soja (COUTO *et al.*, 1982 citados por LIMA, 1993), feijão, calopogônio e guandu (LIMA, 1993) e *Albizia guachapele*, nem todas com sucesso.

A aplicação de nutrientes minerais é uma forma clássica de promover o enriquecimento do ciclo nutricional dos ecossistemas e aumentar a produção em sistemas agrícolas e silviculturais. Uma forma natural de fertilização em sistemas florestais ocorre pela liberação dos nutrientes outrora imobilizados na serapilheira, que serão importantes na retomada de crescimento de plantios comerciais (REIS & BARROS, 1990) e na economia de nutrientes nesses sistemas (LIMA, 1993). O retorno destes nutrientes, via serapilheira, constitui a via mais importante do ciclo biogeoquímico, principalmente em solos altamente intemperizados, onde a biomassa responde por mais de 70% do estoque de nutrientes no ecossistema (ODUM, 1980).

Entre as formas relatadas de saída de nutrientes do ecossistema florestal, a exportação de biomassa é o processo que, em números absolutos, provoca maiores perdas, dependendo da idade de corte das árvores, da espécie cultivada, da densidade do plantio, da qualidade do solo sobre o qual se encontra o plantio e da parte da planta exportada (REIS & BARROS, 1990).

Em suma, a funcionalidade de sistemas florestais em regiões tropicais, está fortemente associado a estratégias de disponibilização dos nutrientes estocados na biomassa aos solos de baixa fertilidade natural. Desta forma, pode-se concluir que a conservação da produtividade destes solos, e seus manejos, reside no conhecimento da taxa de reciclagem da matéria orgânica (SWIFT *et al.*, 1979).

A adição de matéria orgânica em sistemas florestais se dá, de forma mais clara, pela deposição e decomposição da serapilheira, definida como *todo tipo de estrutura*

biogênica em qualquer estágio de decomposição e que representa uma fonte de energia para espécies consumidoras (GOLLEY *et al.*, 1978), que depende da espécie vegetal, do clima, da idade das árvores e da densidade do plantio.

A riqueza relativa de nutrientes nos componentes da biomassa florestal obedece à ordem: folhas > cascas > ramos > troncos, sendo as três primeiras responsáveis por aproximadamente 70% do total de nutrientes extraídos do solo. A exportação da biomassa florestal (RICHARDS & CHARLEY, 1984), ocasiona a perda de grande quantidade de nutrientes, diminuição dos estoques húmicos e queda da fertilidade edáfica e da produção (BARROS, 1994). Desta forma, a reciclagem dessas estruturas pode significar a manutenção da produtividade florestal e diminuição dos custos de produção, pela menor necessidade de adubações freqüentes (LIMA, 1993).

Vários estudos foram conduzidos para avaliar a produção de serapilheira em ecossistemas naturais (VITOUSEK, 1984; GOLLEY *et al.*, 1978), em plantios de espécies de leguminosas arbóreas florestais (ANDRADE *et al.*, 1995) e em plantios de eucalipto (REIS & BARROS, 1990; ADAMS & ATTIWILL, 1986). Contudo poucos têm sido conduzidos para avaliar a produção comparativa de serapilheira em plantios de leguminosas arbóreas florestais e eucaliptos (BINKLEY *et al.*, 1992; BARROS, 1994; REZENDE *et al.*, 1997). Alguns autores citam que a produção de serapilheira é superior em leguminosas quando comparadas ao eucalipto, porém, resultados opostos também foram observados (BINKLEY *et al.*, 1992 e DeBELL *et al.*, 1997), devendo-se ainda considerar as diferenças de decomposição entre as espécies leguminosas antes que sistemas mistos ou rotacionais possam ser estabelecidos.

Os objetivos deste trabalho foram:

1. Comparar o aporte, mensal e acumulado, da serapilheira depositada em plantios puros e consorciados de eucalipto e de duas leguminosas arbóreas florestais;
2. Determinar a qualidade desta serapilheira pela determinação de seus teores em macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) e;
3. Determinar a quantidade de nutrientes devolvidos à manta orgânica destes plantios, pela análise conjunta da quantidade e qualidade da serapilheira depositada.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Descrição da área.

O município de Seropédica situa-se a 22° 46' S, 43° 41' O e 33 m NMM de altitude, onde estão a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) e a Embrapa *Agrobiologia*, em áreas cujo domínio morfoestrutural predominam planícies costeiras e modelados de acumulação fluvial (depósitos sedimentares) e algumas áreas de colinas e maciços costeiros (faixas de dobramentos remobilizados) (CIDE, 1990/91).

As características climáticas da região são do tipo A_w de Köpen, tropical, com verões úmidos e invernos secos. A temperatura média anual é de aproximadamente 24,6°C, com temperaturas máximas de 30,4°C nos meses de dezembro e janeiro e mínimas de 20,6°C nos meses de junho e julho. A precipitação média anual é de 1.500 mm, moderadamente bem distribuídos durante o ano, ocorrendo maior densidade de chuvas em dezembro e janeiro (175 ± 75 mm) e menor precipitação nos meses de julho e agosto (40 ± 10 mm), sem secas pronunciadas. A cobertura vegetal natural da região é a Floresta Ombrófila Densa (Floresta tropical fluvial); havendo ainda, na região, uma cobertura de origem antrópica (florestas secundárias, áreas de agricultura e de pastagem, com predominância para esta última).

Dados da estação meteorológica, Ecologia Agrícola km 47, referentes aos anos de 1996 a 1998 (Figura 1), mostram que a temperatura média do período foi de 24,2°C, com valores das médias das máximas e mínimas de 35,4°C e 16,1°C, nos meses de fevereiro de 1998 e junho de 1997, respectivamente. A precipitação total do período (4.426,1 mm) teve seus valores mais elevados em fevereiro de 1996 (446,4 mm) e mais baixos em junho de 1996 (10,0 mm), respectivamente.

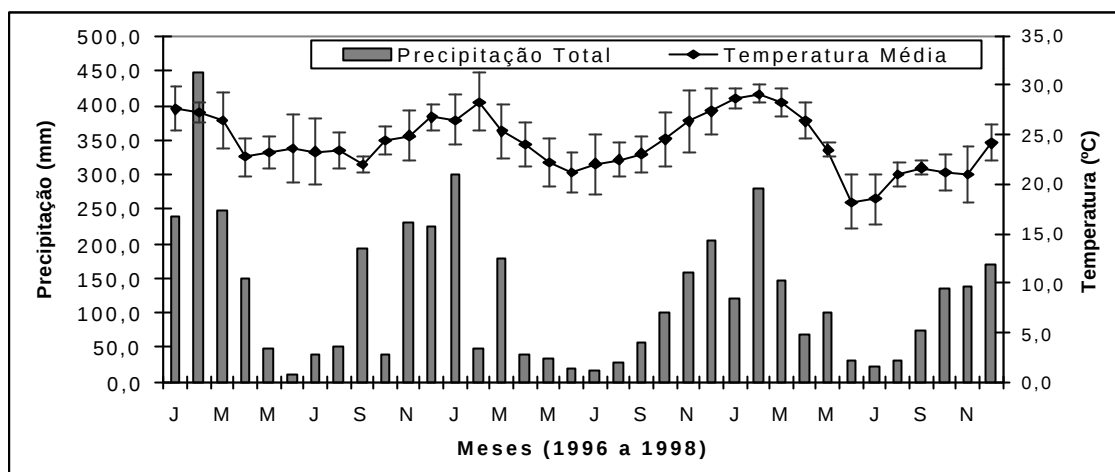


Figura 1: Temperatura média (°C) e precipitação total (mm) em Seropédica-RJ, de janeiro/1996 a dezembro/1998. As barras verticais sobre a curva de temperatura indicam o desvio padrão de cada época. Dados da estação meteorológica Ecologia Agrícola – PESAGRO-RJ.

O presente experimento foi instalado numa área de planossolo série Ecologia, definido por apresentar formação geológica derivada de sedimento arenoso e argiloso quaternário e de classificação hidromórfica cinzenta (RAMOS, 1970). As principais características deste solo são a presença de um horizonte superficial de textura arenosa, podendo chegar a dois metros de profundidade e possuindo, logo abaixo, um horizonte gley de textura argilosa. Possui baixa CTC e baixos teores de matéria orgânica e nutrientes, principalmente em seu horizonte arenoso.

2.2. Área do experimento: preparo e plantio.

O presente trabalho foi instalado na estação experimental da Embrapa Agrobiologia, em plantios solteiros de *Pseudosamanea guachapele* (Kunth) Dugand ex *Albizia guachapele* ("pseudosamanea"), *Acacia mangium* (Willd.) ("acácia") e *Eucalyptus grandis* W. Hill (ex Maiden) ("eucalipto") e num consórcio 1:1 de *P. guachapele* + *E. grandis*.

As espécies utilizadas, *P. guachapele* e *A. mangium*, são leguminosas arbóreas florestais fixadoras de nitrogênio atmosférico (N₂), geralmente citadas pelo uso múltiplo de sua biomassa e por serem utilizadas em projetos de recuperação de áreas degradadas (RAD). O *E. grandis* é uma espécie bastante utilizada em plantios comerciais e

energéticos, devido à sua elevada taxa de crescimento e capacidade de rebrota, podendo cada plantio alcançar até três ciclos de produção (7 anos por ciclo).

Essas espécies foram inicialmente escolhidas por apresentarem, além das supracitadas, características diferenciadas quanto à velocidade de decomposição de suas folhas, onde *P. guachapele* seria a espécie leguminosa de rápida decomposição, *A. mangium*, a espécie leguminosa de decomposição lenta e, *E. grandis*, a não leguminosa de decomposição lenta.

O relevo da área experimental é plano e, historicamente, foi extensivamente utilizada com fins de experimentação de níveis de adubação fosfatada para culturas agrícolas e, como pasto, sofrendo os preparos que serão explicados adiante.

Anteriormente à instalação do experimento, foi realizada no local, uma amostragem prévia de solo, na profundidade de 0-20 cm, onde foram determinados seus valores de pH além dos teores em Al, Ca + Mg, P e K (Tabela 1). Pode-se observar altos níveis de fósforo disponível nessas amostras, provavelmente causado por efeitos residuais das fontes deste elemento, historicamente adicionadas a esses solos, conforme explicação anterior.

Tabela 1: Características químicas do planossolo série Ecologia, na camada de 0-20 cm de profundidade, anteriormente à implantação do experimento.

	pH (1:2,5)	Al ³⁺ ----- cmol _c . dm ³ -----	Ca ²⁺ + Mg ²⁺ ----- cmol _c . dm ³ -----	P ----- mg.dm ³ -----	K ----- mg.dm ³ -----
Pseudosamanea	5,5	0,1	1,5	9,4	26,0
Acácia	5,0	0,1	1,0	20,4	14,0
Eucalipto	5,0	0,1	1,0	20,4	14,0
Consórcio	5,1	0,2	1,0	11,2	16,0

pH: em água; Al³⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ trocáveis: extrator KCl 1 mol.L⁻¹; P e K disponíveis: extrator Mehlich 1.

Na preparação da área, foram realizadas duas aplicações (21/06 e 13/07/93) de herbicida glyphosate Roundup (2,5 L cada), espalhante adesivo Estravon (150 ml cada) e água (300 L cada aplicação). Foram realizadas ainda, ações de aração, gradagem e sulcamento no terreno.

As mudas utilizadas no plantio foram produzidas no viveiro da Embrapa *Agrobiologia*, a partir de sementes coletadas na área experimental e/ou cedidas por terceiros (no caso do eucalipto). Na produção das mudas, em caixas de isopor do tipo Plantágil, foi utilizado substrato formado por composto orgânico, argila, areia e fosfato de rocha, na relação 6:2:1:1.

As sementes das leguminosas receberam inóculos de estirpes eficientes de rizóbio (BR 6205 e BR 6821 para *P. guachapele* e, BR 3609 e BR 3617 para acácia). Todas as espécies foram igualmente inoculadas com *Gigaspora margarita* e *Glomus clarum*, fungos micorrízicos arbusculares (FMA). No viveiro as mudas de eucalipto receberam, ainda, duas regas com $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ na dosagem de $0,02 \text{ g. L}^{-1} \text{ água. m}^{-2}$ de canteiro.

Aos noventa dias após a semeadura, as mudas foram transplantadas para o campo, onde receberam 100 g de rocha fosfatada por cova. O plantio ocorreu nos meses de julho (plantios solteiros) e agosto de 1993 (plantio consorciado). As mudas de eucalipto receberam adubação complementar de sulfato de amônio na dosagem de 25 g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. metro linear⁻¹ a 0,5 m das linhas de plantio, três meses após o plantio.

As mudas foram plantadas em espaçamento de 3 m x 1m, em parcelas contendo 800 plantas (16 linhas com 50 plantas por linha), tendo duas linhas e as duas covas terminais de bordadura, e 552 covas restantes na área útil das parcelas (46 X 36 m²) (Figura 2).

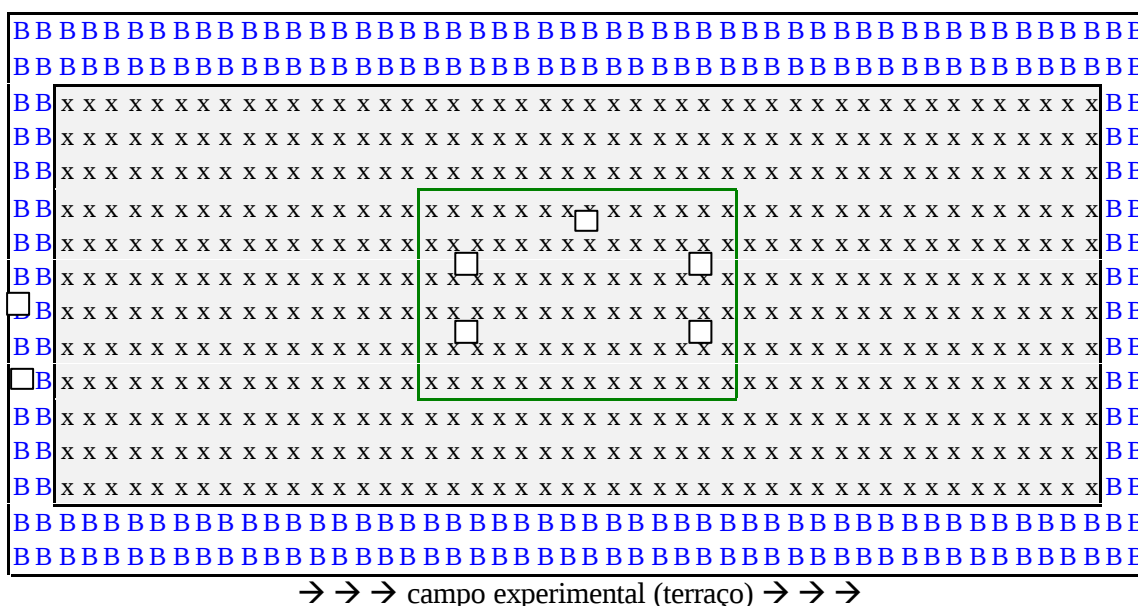


Figura 2: Distribuição das árvores dentro das parcelas, onde B são as árvores da bordadura e X são as árvores úteis da parcela. Área útil definida pela coloração acidentada. Em branco, observa-se a distribuição das caixas de coleta de serapilheira.

2.3. Coleta, preparação e análise das amostras.

Para a quantificação do material formador da serapilheira nos plantios estudados, foram utilizadas caixas de madeira, com 1 m x 1 m de área interna de coleta e 10 cm de altura (ANDERSON & INGRAM, 1992). O fundo das caixas coletoras foi feito com uma tela de nylon com 1 mm de malha, capaz de reter todas as estruturas biogênicas provenientes das copas das árvores e de permitir o livre escoamento das águas de precipitação. As caixas assim confeccionadas foram sistematicamente distribuídas no interior da área útil das parcelas e suspensas, a 50 cm do solo, por vergalhões de ferro.

As coletas do material formador da serapilheira foram realizadas quinzenalmente, utilizando-se sacos de papel. Este período entre coletas foi estabelecido pela observação visual de decomposição dos folíolos da pseudosamanea, nas próprias caixas de coleta, em espaço de tempo superior ao utilizado, o que não foi observado para as demais espécies. Após a coleta, as amostras foram secas em estufa com circulação forçada de ar, a 65°C, até atingirem peso constante (por volta de 7 dias de secagem). As amostras coletadas foram analisadas em períodos mensais.

Após a secagem, o material formador da serapilheira foi separado nas seguintes frações: (1) *folhas*: folhas do eucalipto, folíolos da pseudosamanea e filódios da acácia; (2) *estruturas lenhosas*: pedicelos das folhas compostas da pseudosamanea e galhos com diâmetro entre 2 mm e 2 cm; (3) *estruturas reprodutivas*: flores e frutos; (4) *cascas*; e (5) *refugo*: toda e qualquer estrutura cujo diâmetro fosse inferior a 2 mm, estruturas vegetais provenientes de outras espécies diferentes das estudadas e estruturas de origem animal, podendo-se citar insetos em formas jovens e adultas, aracnídeos e fezes de lagartas e de pássaros. Este trabalho consistiu do acompanhamento da deposição da serapilheira nestes plantios durante um ano, de dezembro / 1997 a novembro / 1998. Foram utilizadas 7 caixas de coleta por plantio (Figura 2).

Após a pesagem de cada uma das frações definidas, elas foram finamente moídas (moinho Wiley) e passadas em peneiras com malha de 0,5 mm de diâmetro. De cada amostra moída foram retiradas três subamostras, de 200 mg cada uma, que foram encaminhadas ao Laboratório de Análises de Tecidos Vegetais da Embrapa Agrobiologia, onde se determinaram seus teores em nitrogênio total (N_{total}), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e carbono (C).

A determinação de N_{total} , foi realizada pelo método da digestão de micro-Kjeldahl, seguida de titulação com NaOH (TEDESCO, 1982).

Para as demais análises, foi colocada uma subamostra em tubo de digestão em vidro pyrex, onde foi adicionada uma solução de ácido nítrico e ácido perclórico, na proporção de 2:1 e elevou-se a temperatura no interior dos tubos a 350-375°C, a fim de realizar a digestão completa das amostras, pela observação do clareamento da solução.

O fósforo (P) foi determinado por espectrofotometria de UV, após adição de molibdato de amônio e ácido aminonaftosulfônico (TEDESCO, 1985). O potássio (K) foi determinado por fotometria de chama segundo TEDESCO (1985).

O cálcio (Ca) e o magnésio (Mg), foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, após adição de La ou Sr em solução ácida (BATAGLIA & GALLO, 1972).

O carbono foi determinado pelo método da combustão seca, através da quantificação gravimétrica de CO_2 formado no método, utilizando-se forno do tipo CHN 600 Leco (TEDESCO, 1985).

2.4. Planejamento e análise estatística dos dados.

2.4.1. Deposição mensal de estruturas decíduas formadoras da serapilheira de plantios de *P. guachapele*, *A. mangium* e *E. grandis*.

Os dados referentes à deposição da serapilheira obedeceram ao desenho experimental inteiramente casualizado, constando de 4 tratamentos (3 plantios puros + 1 plantio consorciado) x 7 repetições (caixas de coleta). Para melhor entendimento, os resultados foram expressos em relação a cada estrutura anteriormente descrita, em períodos mensais e no total acumulado durante o ano.

2.4.2. Riqueza de nutrientes nas estruturas que formam a serapilheira de plantios de *P. guachapele*, *A. mangium* e *E. grandis*.

Como no caso anterior, os dados obedeceram a um desenho inteiramente casualizado, porém, em arranjo fatorial, constando de 5 tratamentos (3 plantios puros + pseudosamanea no consórcio + eucalipto no consórcio) x 5 estruturas formadoras da serapilheira (folhas, lenhos, reprodutivas, cascas e refugo) x 7 repetições (caixas de coleta). O objetivo desta análise mais aprofundada foi a de determinar se havia diferenças na riqueza de nutrientes também nas estruturas, dentro de cada tratamento.

2.4.3. Retorno dos nutrientes contidos na serapilheira aos sítios florestais de *P. guachapele*, *A. mangium* e *E. grandis*.

O tratamento estatístico deste item obedeceu à mesma forma apresentada no item 2.4.1.

Anteriormente à análise estatística dos dados, foram aplicados os testes Lilliefors e de Cochran & Bartlett já que todas as repetições de cada tratamento foram obtidas no mesmo talhão. O teste de Lilliefors é uma derivação do teste de Kolmogorov – Smirnov, usado para verificar se os valores de dados de uma determinada variável seguem ou não uma distribuição normal de média e desvio padrão, calculados na mesma amostra. Os testes de Cochran e de Bartlett são usados para a verificação da homogeneidade de variâncias, sendo, o primeiro, aplicado em iguais números de repetição e o segundo, para quantidades diferentes de repetição (EUCLYDES, 1983). Todas as análises estatísticas incluíram ANOVA, teste de separação de médias, quando necessário, por Tukey a 5% de nível de significância e foram realizadas com o auxílio do programa SAEG (EUCLYDES, 1983).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Deposição mensal de estruturas decíduas formadoras da serapilheira de plantios de *P. guachapele*, *A. mangium* e *E. grandis*.

A composição relativa da serapilheira produzida foi de 50,8 a 66,6% de folhas, de 14,3 a 35,2% de estruturas lenhosas, de 0,03 (nos plantios de pseudosamanea) a 12,5% de estruturas reprodutivas, de 0,03 (nos plantios de pseudosamanea) a 8,2% de cascas e de 4 a 14% de refugo (Figura 3).

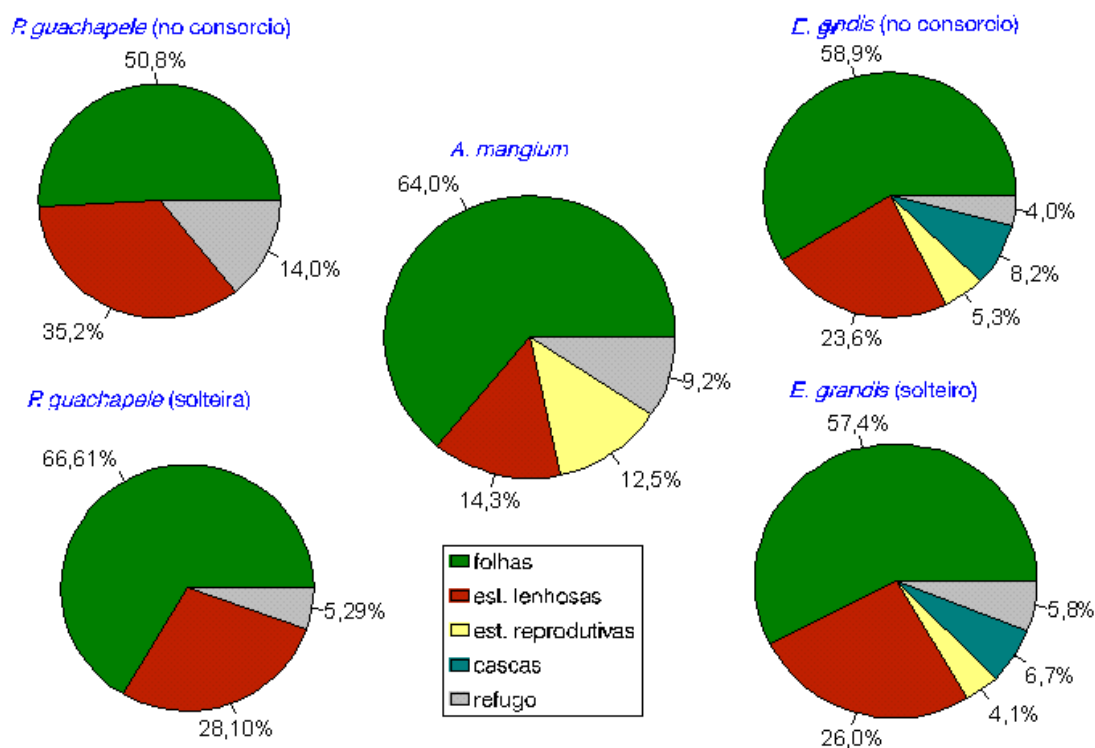


Figura 3: Contribuição relativa de folhas, estruturas lenhosas e reprodutivas, cascas e refugo na composição da serapilheira total depositada por *A. mangium*, *P. guachapele* e *E. grandis* consorciados e solteiros, aos 5 anos após o plantio.

Foi detectada grande variabilidade na deposição mensal dessas estruturas, sendo que, a maior deposição de serapilheira ocorreu nos meses com maiores temperaturas e taxas pluviométricas (Figuras 4 a 8), conforme dados observados por PIRES *et al.* (1998) e PORTES *et al.* (1998) e contrastando com os resultados obtidos por GUIMARAES & PAGANO (1998), PRAZERES *et al.* (1998) e TORRES *et al.* (1998).

O efeito da sazonalidade na deposição da serapilheira é bem discutido por DIAS & OLIVEIRA FILHO (1997), onde, segundo os autores, maior produção nos meses mais frios e secos do ano seria uma característica típica de florestas tropicais estacionais e, ao contrário, maior deposição ocorrendo na transição entre a estação seca e a estação chuvosa, seria típico de regiões tropicais e subtropicais.

VENEKLAAS (1991) cita que, em alguns casos, a maior deposição de serapilheira no período chuvoso pode estar correlacionada com a precipitação incidente na região estudada, muito mais em função do fator mecânico sobre ramos do que por uma periodicidade fisiológica que determine a queda sazonal de folhas, a fração dominante da serapilheira formada.

Quanto à maior deposição de serapilheira na estação seca, este processo encontra-se fundamentado numa resposta do vegetal ao agravamento do estresse hídrico, determinando a queda de folhas como medida preventiva à alta perda de água por transpiração, efeito este que parece ter ocorrido de forma mais pronunciada durante o primeiro ano de estudo.

DIAS & OLIVEIRA FILHO (1997) determinaram ainda uma sazonalidade na queda de folhas de forma mais bem demarcada que para a deposição das demais estruturas. Segundo esses autores, por exemplo, a distribuição temporal da deposição de estruturas reprodutivas seria mais bem entendida pela fenologia das espécies do que por aspectos climáticos, o que explicaria a ausência dessas estruturas, em determinadas épocas do ano, nos plantios contendo eucalipto e pseudosamanea.

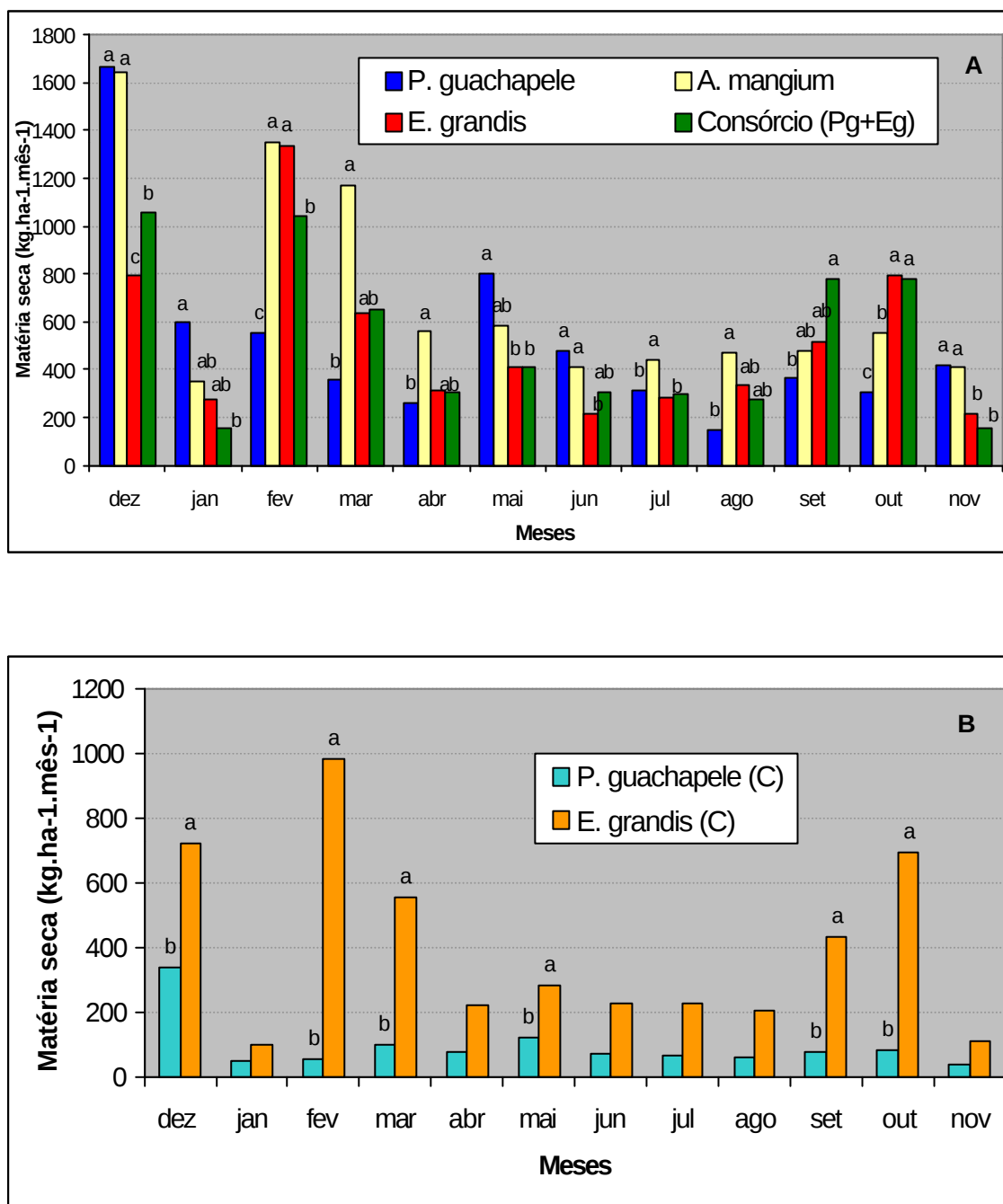


Figura 4: Deposição mensal de folhas na serapilheira de (A) plantios puros de *P. guachapele*, *A. mangium* e *E. grandis* e em consórcio 1:1 de *P. guachapele* e *E. grandis*, aos 5 anos após o plantio. Em destaque (B), observa-se o comportamento de cada espécie cultivada no consórcio, quanto à deposição desta estrutura. Letras diferentes nas barras verticais indicam diferenças, ao nível de 5% de significância por Tukey, entre os tratamentos, em cada período estudado. Cada evento representa uma média de duas coletas e 7 observações por coleta a cada mês.

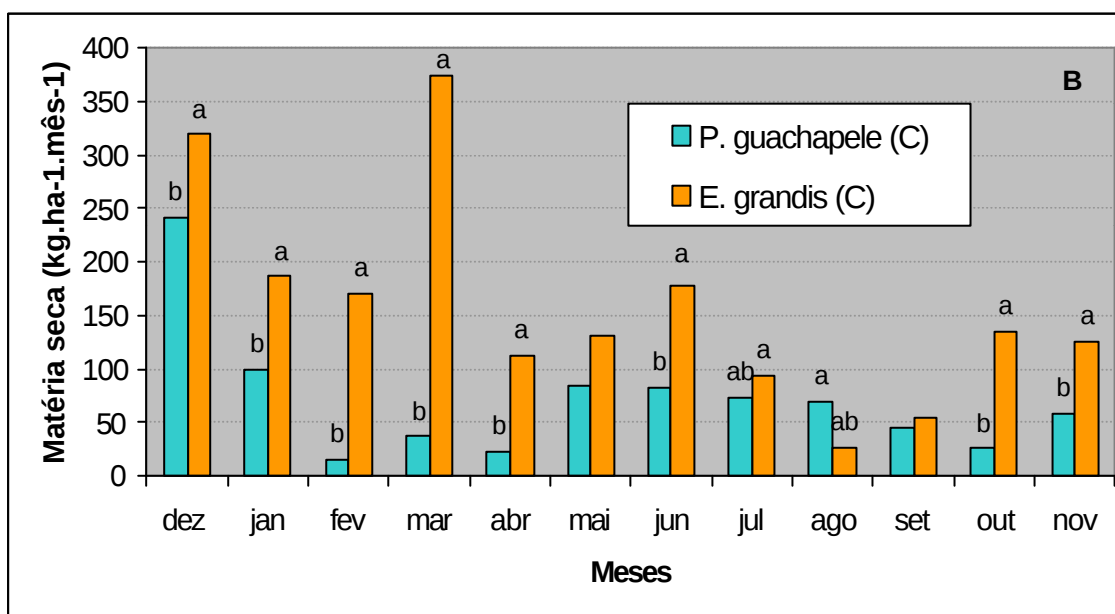
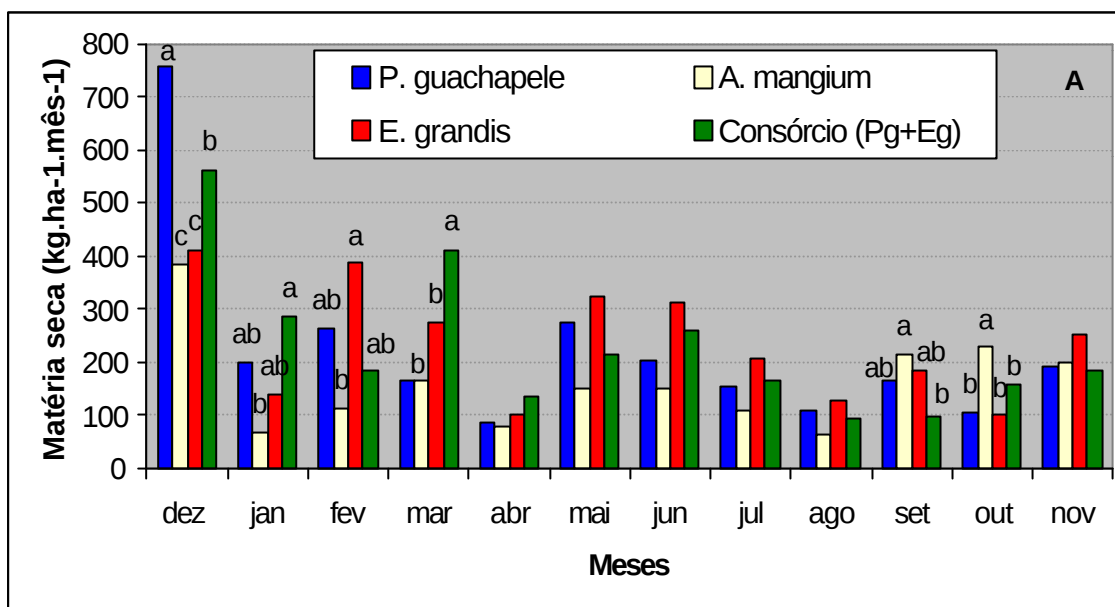


Figura 5: Deposição mensal de estruturas lenhosas na serapilheira de (A) plantios puros de *P. guachapele*, *A. mangium* e *E. grandis* e em consórcio 1:1 de *P. guachapele* e *E. grandis*. Em (B), observa-se o comportamento de cada espécie cultivada no consórcio, quanto à deposição desta estrutura, no período de dezembro/1997 a novembro/1998. Letras diferentes nas barras verticais indicam diferenças, ao nível de 5% de significância por Tukey, entre os tratamentos, em cada período estudado. Cada evento representa uma média de duas coletas e 7 observações por coleta a cada mês.

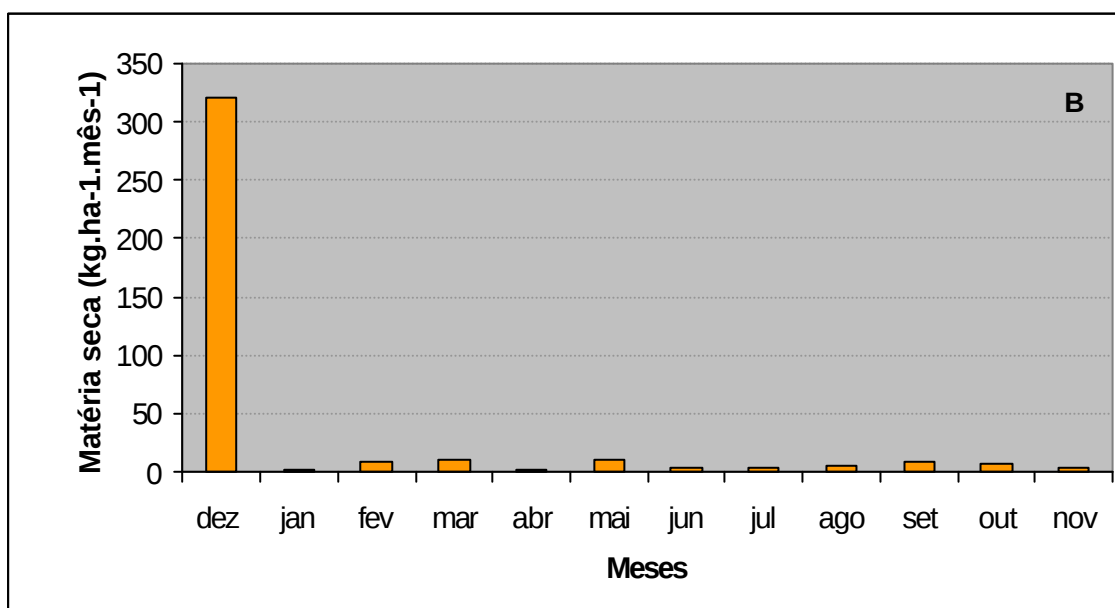
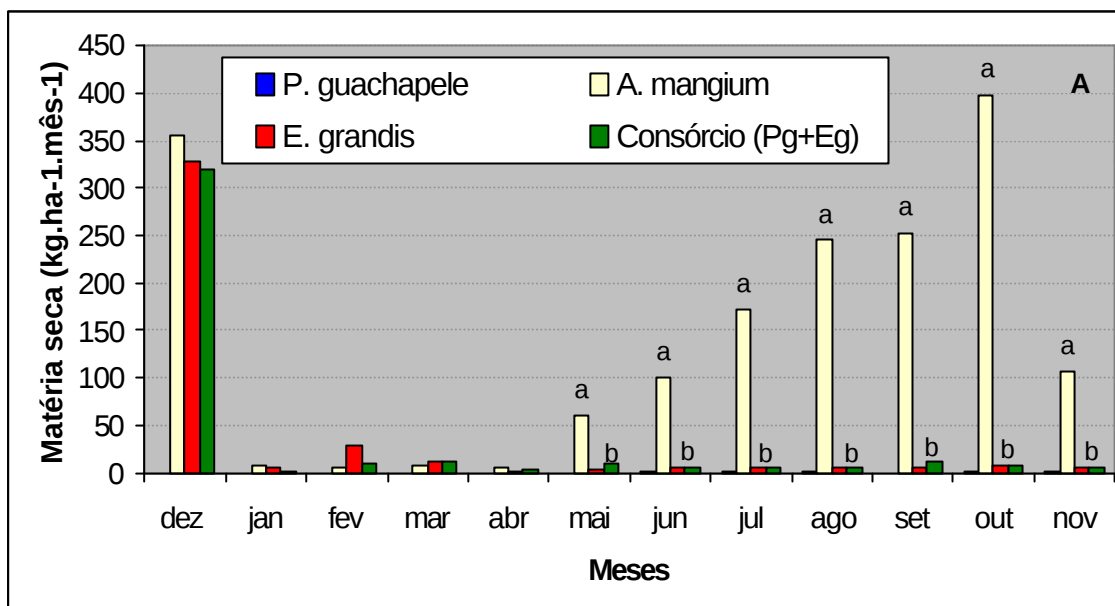


Figura 6: Deposição mensal de estruturas reprodutivas na serapilheira de (A) plantios puros de *P. guachapele*, *A. mangium* e *E. grandis* e em consórcio 1:1 de *P. guachapele* e *E. grandis*. Em (B), nota-se o comportamento de cada espécie cultivada no consórcio. Letras diferentes nas barras verticais indicam diferenças, ao nível de 5% de significância por Tukey, entre tratamentos ou espécies no consórcio, em cada período estudado. Cada dado representa uma média de duas coletas e 7 observações por coleta a cada mês. Dados correspondentes ao período de dezembro/1997 a novembro/1998.

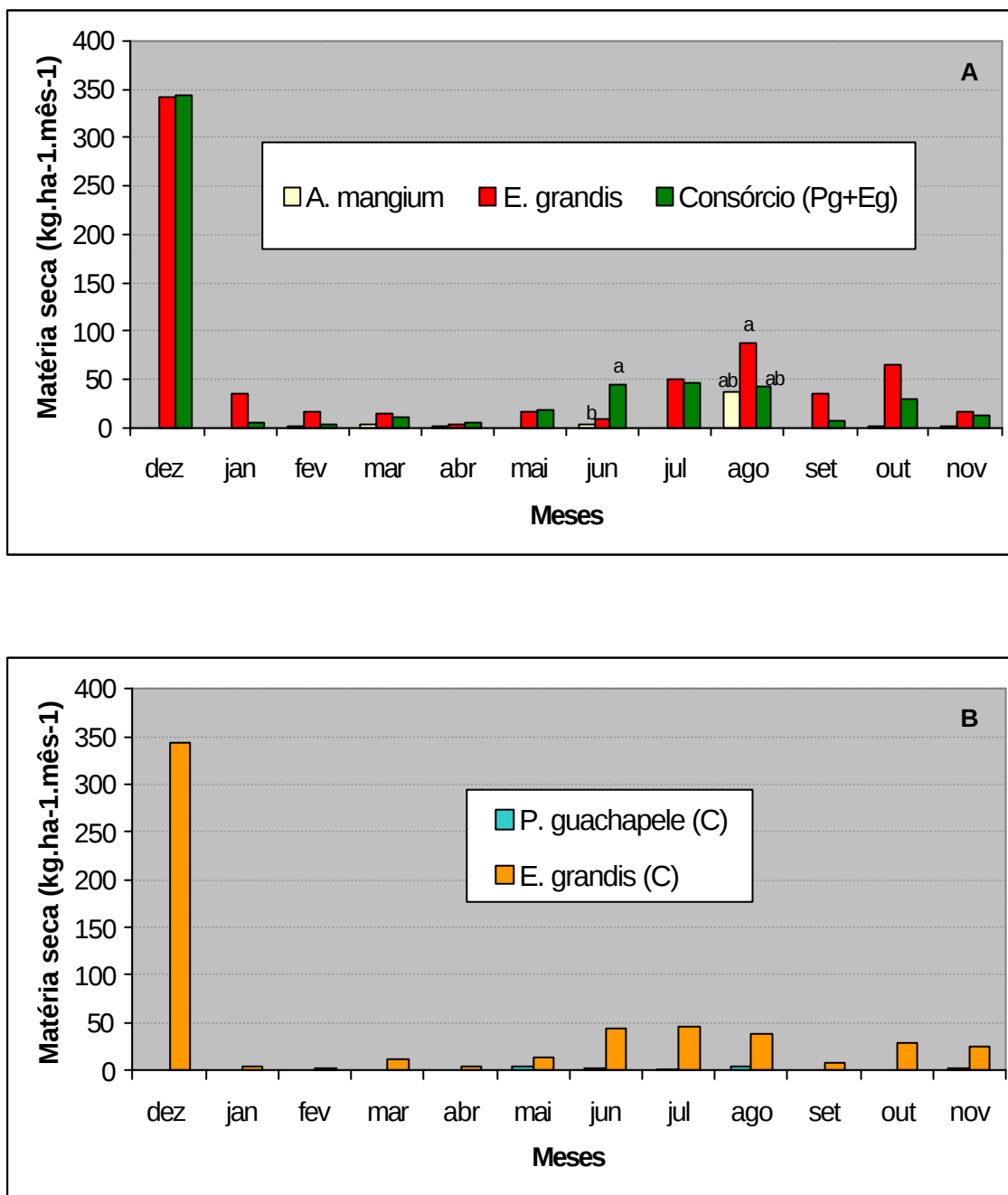


Figura 7: Deposição mensal de cascas na serapilheira de (A) plantios de *A. mangium* e *E. grandis* e no consórcio de *P. guachapele* e *E. grandis*. Em destaque (B), vê-se o comportamento de cada espécie cultivada no consórcio. Dados relativos ao período de dezembro/1997 a novembro/1998. Letras diferentes nas barras verticais indicam diferenças, ao nível de 5% de significância por Tukey, entre tratamentos a cada mês. Cada evento representa uma média de duas coletas e 7 observações por coleta a cada mês.

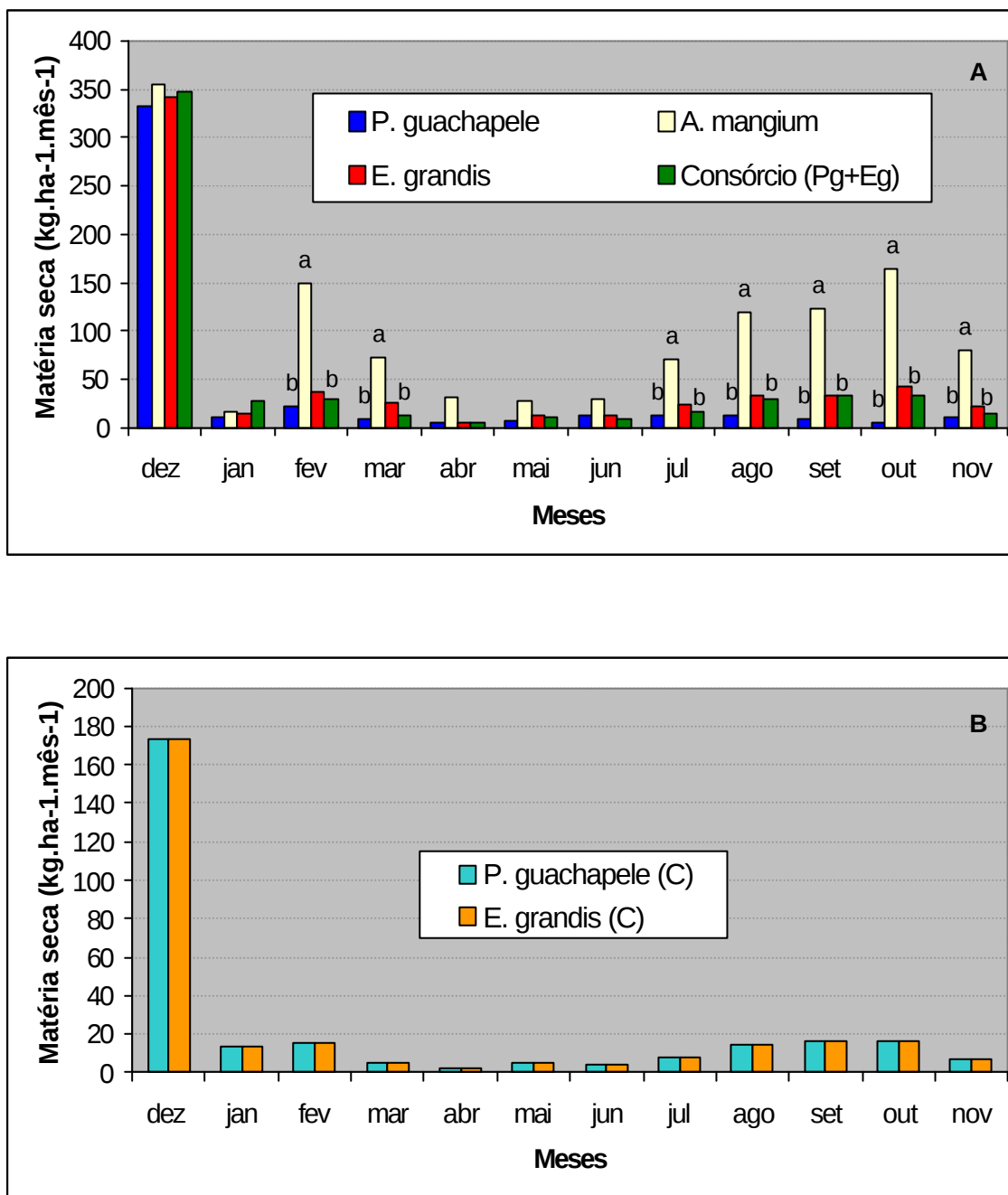


Figura 8: Deposição mensal de refugo na serapilheira (A) dos plantios estudados. Em destaque (B), observa-se o comportamento idêntico de cada uma das espécies cultivadas no consórcio, no período de dezembro/1997 a novembro/1998. Cada evento representa uma média de duas coletas e 7 observações por coleta a cada mês. Letras diferentes nas barras verticais indicam diferenças, ao nível de 5% de significância por Tukey, entre os tratamentos a cada mês.

O total de serapilheira depositada nestes plantios (Tabela 2) encontra-se dentro dos limites observados por THORANISORN *et al.* (1997), de 9,4 a 36,8 t. ha⁻¹. ano⁻¹ em plantios de *Eucalyptus camaldulensis* na Tailândia. Estes autores citam ainda que a grande variabilidade no padrão de deposição de serapilheira pode ser uma característica comum nas espécies de *Eucalyptus*, tendo sido observada, nessas condições, maior deposição nos períodos mais secos do ano. LIM (1988), em estudos realizados em plantios de *A. mangium*, determinou que a deposição de serapilheira nesta espécie foi de 10 t. ha⁻¹. ano⁻¹.

Tabela 2: Serapilheira total adicionada ao solo de plantios puros de *P. guachapele*, *A. mangium* e *E. grandis* e um plantio consorciado de *P. guachapele* e *E. grandis*, 5 anos após o plantio. Valores nas colunas seguidos de letras diferentes indicam significância a 5% pelo teste de Tukey.

	FL	LN	RP	CS	RF	Total
	kg de matéria seca. ha ⁻¹ . ano ⁻¹					
<i>P. guachapele</i> solteira	5.304,0 B	2.237,9 A	2,5 C	2,7 B	421,0 B	7.968,1 B
<i>A. mangium</i>	8.222,2 A	1.830,4 B	1.606, A5	10,5 B	1.184,6 A	12.854,2 A
<i>E. grandis</i> solteiro	5.689,3 B	2.570,2 A	403,5 B	665,5 A	574,8 B	9.903,3 B
Consórcio	4.632,2 C	1.998,0 A	318,9 B	497,3 A	476,5 B	7.652,9 C
<i>P. guachapele</i> no consórcio	863,7	597,9	2,0	13,5	238,2	1.715,3
<i>E. grandis</i> no consórcio	3.321,7	1.400,1	316,9	489,6	238,2	5.766,5

onde: nd: estruturas não determinadas; FL: folhas; LN: estruturas lenhosas; RP: estruturas reprodutivas; CS: cascas e; RF: refugo.

Em relação à comparação entre os plantios puros de pseudosamanea e eucalipto e seu plantio consorciado, observa-se que este último foi responsável pelos menores aportes de serapilheira, em especial pelo fraco desempenho quantitativo exercido pela pseudosamanea, o que vai de encontro aos resultados obtidos por BINKLEY *et al.* (1992). Estes autores, estudando plantios consorciados de *Eucalyptus saligna* e *Falcataria molucana* (ex. *Albizia falcata*), observaram incrementos de serapilheira a medida em que se aumentava a proporção da leguminosa nos plantios. Os resultados aqui apresentados podem ser explicados pela diferença no porte das árvores das duas espécies utilizadas no consórcio, com dominância do eucalipto sobre a pseudosamanea (Tabela 3).

Tabela 3: Dados dendrométricos (DAP: diâmetro à altura do peito e Ht: altura total das plantas) referentes às árvores de *P. guachapele*, *A. mangium* e *E. grandis*, aos 5 anos após o plantio .

Plantio	DAP cm	Ht m
<i>P. guachapele</i> solteira	9,1 ab	11,5 b
<i>A. mangium</i>	13,0 a	19,0 a
<i>E. grandis</i> solteiro	10,9 a	18,5 a
<i>P. guachapele</i> no consórcio	6,7 ab	6,9 b
<i>E. grandis</i> no consórcio	13,4 a	19,9 a

Ao final do período estudado, o plantio de acácia mostrou-se superior aos plantios de eucalipto e de pseudosamanea que, por sua vez, foram significativamente superiores ao plantio consorciado quanto à deposição das mesmas estruturas citadas anteriormente, salientando-se que houve maior deposição de estruturas reprodutivas no plantio consorciado (em função do eucalipto na parcela) que em monocultivo de pseudosamanea. Para estruturas lenhosas, ocorreu o inverso e, quanto à deposição de cascas, maiores quantidades foram encontradas no eucalipto e no consórcio, significativamente superiores aos demais plantios.

3.2. Riqueza de nutrientes nas estruturas que formam a serapilheira de plantios de *P. guachapele*, *A. mangium* e *E. grandis*.

De um modo geral, as folhas e o refugo foram as estruturas formadoras da serapilheira mais ricas em nitrogênio, com teores significativamente superiores aos determinados nas estruturas lenhosas que, por sua vez, foram maiores que os encontrados nas estruturas reprodutivas e cascas. Quanto aos plantios estudados, não houve diferença estatística entre os plantios contendo as espécies leguminosas, significativamente mais ricos, que as estruturas coletadas nos plantios contendo o eucalipto (Tabelas 4 a 8).

Tabela 4: Teores de nitrogênio total encontrados nas estruturas formadoras da serapilheira coletadas de plantios puros de *P. guachapele*, *A. mangium* e *E. grandis* e num consórcio 1:1 de *P. guachapele* e *E. grandis*. Os dados são uma média de 84 medições. (CV = 46,9%). Valores seguidos por letras maiúsculas nas linhas e por minúsculas nas colunas, indicam diferenças significativas entre estruturas e tratamentos, respectivamente, a 5% pelo teste de Tukey.

	Folhas	Estruturas lenhosas	Estruturas reprodutivas	Cascas	Refugo
	N (g. kg ⁻¹)				
PgC	15,76 A ab	6,74 B b	0,68 C b	nd	9,07 B b
Pg	19,09 A a	11,31 B a	0,41 C b	0,26 C	10,72 B b
Am	14,44 A b	7,76 B b	7,00 B a	0,32 C	16,07 A a
EgC	6,75 A c	2,05 B c	1,41 B b	2,01 B	9,07 A b
Eg	9,26 A c	2,80 B c	3,46 B b	2,38 B	9,64 A b

onde PgC: pseudosamanea no consórcio; Pg: pseudosamanea solteira; Am: acácia; EgC: eucalipto no consórcio; Eg: eucalipto e, (nd) indica que não houve amostra em quantidades suficientes para a determinação deste elemento.

Para o fósforo, a média geral dos dados indica que houve maior riqueza deste elemento no refugo, significativamente superior aos valores encontrados nas folhas, estruturas lenhosas e reprodutivas, sendo esta última, mais rica em fósforo que as cascas. Para os plantios, a serapilheira de pseudosamanea apresentou-se mais enriquecida que a serapilheira de eucalipto, contendo esta última, mais fósforo que a serapilheira de acácia (Tabela 5).

Tabela 5: Teores de fósforo encontrados nas estruturas formadoras da serapilheira coletadas de plantios puros de *P. guachapele*, *A. mangium* e *E. grandis* e num consórcio 1:1 de *P. guachapele* e *E. grandis*. Os dados são uma média de 84 medições. (CV = 37,3%). Valores seguidos por letras maiúsculas nas linhas e por minúsculas nas colunas, indicam diferenças significativas entre estruturas e tratamentos, respectivamente, a 5% pelo teste de Tukey.

	Folhas	Estruturas lenhosas	Estruturas reprodutivas	Cascas	Refugo
	P (g. kg ⁻¹)				
PgC	0,94 a	0,65	nd	nd	1,00 b
Pg	0,95 B a	0,76 BC	0,34 C ab	0,38 C	1,50 A a
Am	0,40 B b	0,46 B	0,51 B a	0,31 B	0,96 A b
EgC	0,80 AB ab	0,38 BC	0,62 AB aC	0,21 C	1,00 A b
Eg	0,66 AB ab	0,58 B	0,61 AB a	0,39 B	1,01 A b

onde PgC: pseudosamanea no consórcio; Pg: pseudosamanea solteira; Am: acácia; EgC: eucalipto no consórcio; Eg: eucalipto e, (nd) indica que não houve amostra em quantidades suficientes para a determinação deste elemento.

Quanto aos teores de potássio, não houve diferenças entre os teores deste elemento em estruturas lenhosas, reprodutivas, folhas e no refugo, sendo, contudo, mais ricos que as cascas. Foi observado ainda que a serapilheira de acácia e de

pseudosamanea apresentaram os maiores teores deste elemento superiores à serapilheira de eucalipto (Tabela 6).

Tabela 6: Teores de potássio encontrados nas estruturas formadoras da serapilheira coletadas de plantios puros de *P. guachapele*, *A. mangium* e *E. grandis* e num consórcio 1:1 de *P. guachapele* e *E. grandis*. Os dados são uma média de 84 medições. (CV = 29,3%). Valores seguidos por letras maiúsculas nas linhas e por minúsculas nas colunas, indicam diferenças significativas entre estruturas e tratamentos, respectivamente, a 5% pelo teste de Tukey.

	Folhas	Estruturas lenhosas	Estruturas reprodutivas	Cascas	Refugo
	K (g. kg ⁻¹)				
PgC	2,72 AB ab	4,20 A b	nd	1,41 BC	2,73 AB
Pg	3,40 B ab	6,43 A a	1,14 C c	0,92 C	3,88 B
Am	4,29 B a	3,40 B bc	6,47 A a	1,21 C	4,17 B
EgC	2,42 AB b	2,52 AB c	3,90 A b	0,97 B	2,74 A
Eg	2,89 A ab	3,09 A bc	4,40 A b	1,03 B	2,86 A

onde PgC: pseudosamanea no consórcio; Pg: pseudosamanea solteira; Am: acácia; EgC: eucalipto no consórcio; Eg: eucalipto e, (nd) indica que não houve amostra em quantidades suficientes para a determinação deste elemento.

Para o cálcio, maiores teores deste elemento foram encontrados nas folhas e no refugo, significativamente superiores aos valores determinados nas estruturas lenhosas e demais estruturas. Para os plantios, maiores teores deste nutriente foram encontrados na serapilheira de pseudosamanea, significativamente superior aos demais tratamentos (Tabela 7).

Tabela 7: Teores de cálcio encontrados nas estruturas formadoras da serapilheira coletadas de plantios puros de *P. guachapele*, *A. mangium* e *E. grandis* e num consórcio 1:1 de *P. guachapele* e *E. grandis*. Os dados são uma média de 84 medições. (CV = 24,6%). Valores seguidos por letras maiúsculas nas linhas e por minúsculas nas colunas, indicam diferenças significativas entre estruturas e tratamentos, respectivamente, a 5% pelo teste de Tukey.

	Folhas	Estruturas lenhosas	Estruturas reprodutivas	Cascas	Refugo
	Ca (g. kg ⁻¹)				
PgC	13,17 A b	8,92 B ab	nd	nd	10,68 AB b
Pg	16,86 A a	10,57 B a	0,66 C b	2,85 C ab	14,50 A a
Am	7,83 A c	8,38 A ab	4,49 B a	5,62 AB a	7,57 AB b
EgC	10,11 AB bc	6,98 BC b	5,10 C a	5,05 C a	10,68 A b
Eg	9,75 A c	7,00 AB b	5,33 B a	5,38 B a	8,96 A b

onde PgC: pseudosamanea no consórcio; Pg: pseudosamanea solteira; Am: acácia; EgC: eucalipto no consórcio; Eg: eucalipto e, (nd) indica que não houve amostra em quantidades suficientes para a determinação deste elemento.

Quanto ao magnésio, maior riqueza deste elemento foi determinada nas amostras de folhas, refugo e estruturas lenhosas coletadas de todos os plantios, seguidos de estruturas reprodutivas e de cascas. Quanto aos tratamentos estudados, maiores teores

foram determinados na serapilheira de pseudosamanea, seguidos da serapilheira dos plantios contendo eucalipto e acácia (Tabela 8).

Tabela 8: Teores de magnésio encontrados nas estruturas formadoras da serapilheira coletadas de plantios puros de *P. guachapele*, *A. mangium* e *E. grandis* e num consórcio 1:1 de *P. guachapele* e *E. grandis*. Os dados são uma média de 84 medições. (CV = 26,3%). Valores seguidos por letras maiúsculas nas linhas e por minúsculas nas colunas, indicam diferenças significativas entre estruturas e tratamentos, respectivamente, a 5% pelo teste de Tukey.

	Folhas	Estruturas lenhosas	Estruturas reprodutivas	Cascas	Refugo
	Mg (g. kg ⁻¹)				
PgC	3,90 A a	3,22 AB a	nd	nd	2,99 B ab
Pg	4,06 A a	3,29 B a	0,38 C c	1,03 C bc	3,39 AB a
Am	1,91 A c	1,72 A b	1,20 AB b	0,94 B c	1,84 A c
EgC	2,72 AB b	1,92 C b	1,98 BC a	1,85 C a	2,99 A ab
Eg	2,51 A bc	1,46 C b	2,05 ABC a	1,70 C ab	2,33 AB bc

onde PgC: pseudosamanea no consórcio; Pg: pseudosamanea solteira; Am: acácia; EgC: eucalipto no consórcio; Eg: eucalipto e, (nd) indica que não houve amostra em quantidades suficientes para a determinação deste elemento.

Estes resultados mostram de modo geral, uma tendência de valores mais elevados, em ordem decrescente: refugo > folhas > estruturas lenhosas > estruturas reprodutivas > cascas. Esta riqueza de nutrientes do refugo pode ser explicada pela presença constante de todo tipo de material biogênico de origem vegetal e animal, especialmente corpos e fezes de insetos, conforme resultados obtidos por DOMINGOS *et al.* (1997). Os resultados mostram também uma melhor qualidade da serapilheira produzida pela pseudosamanea, ressaltando a ocorrência de maiores teores de nutrientes em suas amostras coletadas no plantio solteiro que pode ser explicado por uma maior disponibilidade de nutrientes neste tratamento já que, no consórcio, houve competição pelos nutrientes contidos no sistema com o eucalipto, muito eficiente em retirar nutrientes do solo. Quanto às outras espécies, resultados idênticos aos anteriores são encontrados quando se comparam os teores de nutrientes, das amostras coletadas nos plantios, solteiro e consorciado, de eucalipto, definindo na acácia, uma serapilheira de qualidade superior ao eucalipto.

OLIVEIRA & GUITTON (1996), analisando os teores de P, K, Ca e Mg em folhas maduras de *Eremoloma wiliamii* (abiurana), *Carapa guianensis* (andiroba), *Scleronema micranthum* (cardeiro), *Cedrelinga catanaeformis* (cedrorana) e *Caryocar villosum* (piquiá), determinaram valores que oscilaram de 0,05 a 0,16% de P, 0,25 a 0,89% K, 0,28 a 0,41% Ca e 0,23 a 0,36% Mg, superiores à pseudosamanea para

fósforo e potássio e, inferiores para cálcio e magnésio. Na tabela 9 são listados os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio determinados em diferentes estruturas de várias espécies florestais por diversos autores, incluindo leguminosas fixadoras de N₂, não leguminosas fixadoras e não leguminosas não fixadoras de nitrogênio atmosférico.

Tabela 9: Teores de nutrientes encontrados em diferentes estruturas de espécies de leguminosas arbóreas fixadoras de N₂, actinorrízicas e não fixadoras de nitrogênio.

Espécie	Estrutura	N -----	P	K -----	Ca -----	Mg -----	Referência
Leguminosas fixadoras de nitrogênio							
<i>Falcataria molucana</i>	Folhas da serapilheira	0,88	---	---	---	---	BINKLEY <i>et al.</i> (1992)
<i>Acacia mangium</i>		1,32	---	---	---	---	ANDRADE <i>et al.</i> (1995)
<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i>	Estruturas reprodutivas da serapilheira	3,2	0,26	0,40	0,85	0,37	COSTA <i>et al.</i> (1997)
	Galhos finos da serapilheira	1,30	0,05	0,15	1,17	0,31	
Espécies actinorrízicas							
<i>Alnus incana</i>	Folhas maduras	2,65	---	---	---	---	DOMENACH <i>et al.</i> (1994)
<i>A. cordata</i>		2,47	---	---	---	---	
<i>A. subcordata</i>		2,73	---	---	---	---	
<i>A. incana-cordata</i>		2,99	---	---	---	---	
<i>H. rhamnoides</i>		3,05	---	---	---	---	
<i>Eleagnus angustifolia</i>		2,25	---	---	---	---	
Espécies não fixadoras de nitrogênio							
<i>Eucalyptus saligna</i>	Folhas da serapilheira	2,35	---	---	---	---	BINKLEY <i>et al.</i> (1992)
<i>Eucalyptus grandis</i>	Folhas maduras	2,12	0,12	0,67	0,63	0,28	QUADROS <i>et al.</i> (1996)
		1,31	0,09	1,07	0,67	0,17	HAAG <i>et al.</i> (1977)
		2,12	0,12	0,48	0,39	0,15	ROCHA FILHO <i>et al.</i> (1978)
<i>Ceiba petandra</i>	Folhas maduras	3,04	---	---	---	---	NEVES <i>et al.</i> (1996)
	Galhos finos	0,77	---	---	---	---	
	Cascas	1,14	---	---	---	---	
<i>Virola surinamensis</i>	Folhas maduras	2,44	---	---	---	---	
	Galhos finos	0,87	---	---	---	---	
	Cascas	1,10	---	---	---	---	
<i>Picea abies</i>	acículas	---	0,11	0,42	0,36	0,09	NILSSON & WIKLUND (1995)

Na análise do carbono presente naquelas estruturas (Tabelas 10 e 11), as maiores concentrações deste elemento tenderam a ocorrer em folhas > refugo > estruturas reprodutivas > cascas > estruturas lenhosas, em ordem decrescente de importância. Quanto aos tratamentos, foi observado efeito inverso à concentração dos demais nutrientes, com maiores teores de carbono, observados no eucalipto, seguido da acácia e da pseudosamanea.

Tabela 10: Teores de carbono encontrados nas estruturas formadoras da serapilheira coletadas de plantios puros de *P. guachapele*, *A. mangium* e *E. grandis* e num consórcio 1:1 de *P. guachapele* e *E. grandis*. Os dados são uma média de 42 medições. (CV = 83,2%). Valores seguidos por letras maiúsculas nas linhas e por minúsculas nas colunas, indicam diferenças significativas entre estruturas e tratamentos, respectivamente, a 5% pelo teste de Tukey.

	Folhas	Estruturas lenhosas	Estruturas reprodutivas	Cascas	Refugo
	C (g. kg ⁻¹)				
PgC	489,51 A	307,13 B	nd	nd	488,15 A
Pg	467,30	458,29	nd	nd	475,70
Am	516,25 A	401,69 A	136,57 B bc	nd	510,47 A
EgC	502,89 A	461,69 A	200,84 B b	205,14 B b	488,15 A
Eg	518,63	461,69	403,60 a	400,79 a	487,03

onde PgC: pseudosamanea no consórcio; Pg: pseudosamanea solteira; Am: acácia; EgC: eucalipto no consórcio; Eg: eucalipto e, (nd) indica que não houve amostra em quantidades suficientes para a determinação deste elemento.

Tabela 11: Relação Carbono / Nitrogênio (C:N) das estruturas formadoras da serapilheira coletadas de plantios puros de *P. guachapele*, *A. mangium* e *E. grandis* e num consórcio 1:1 de *P. guachapele* e *E. grandis*. Os dados são uma média de 42 medições (CV = 84,5%). Valores seguidos por letras maiúsculas nas linhas e por minúsculas nas colunas, indicam diferenças significativas entre estruturas e tratamentos, respectivamente, a 5% pelo teste de Tukey.

	Folhas	Estruturas lenhosas	Estruturas reprodutivas	Cascas	Refugo
PgC	33,50	56,42 b	nd	nd	60,29
Pg	24,84	40,83 b	nd	nd	54,39
Am	36,33	51,10 b	20,22	nd	33,34
EgC	82,82 B	291,78 A a	75,36 B	245,94 A	60,29 B
Eg	57,17	167,65 ab	117,28	154,70	54,11

onde PgC: pseudosamanea no consórcio; Pg: pseudosamanea solteira; Am: acácia; EgC: eucalipto no consórcio; Eg: eucalipto e, (nd) indica que não houve amostra em quantidades suficientes para a determinação deste elemento.

Os tratamentos contendo a pseudosamanea apresentaram melhor qualidade do material formador de sua serapilheira, evidenciado por seus maiores teores em macronutrientes e por sua menor relação C:N, quando comparado às demais estruturas formadoras da serapilheira nos plantios contendo acácia e eucalipto.

Apesar de os teores foliares de nutrientes encontrados neste trabalho apresentarem valores inferiores aos encontrados na literatura, com exceção para o cálcio, esta

diferença poderia ser explicada pela utilização, no presente trabalho, de folhas decíduas que já haviam sofrido processos de translocação interna de nutrientes. A baixa mobilidade do cálcio dentro dos tecidos vegetais é citada como um fator que determina que a maior quantidade de ciclagem deste elemento na natureza seja realizada pela queda e decomposição dos tecidos vegetais senescentes (NILSSON et al., 1995). Estudos semelhantes conduzidos por estes autores, com a finalidade de estudar o melhor padrão de ciclagem dos demais nutrientes analisados neste trabalho, mostram que o nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio, este último dependendo da capacidade de suporte do substrato, são preferencialmente translocados no interior da planta, ratificando os baixos valores destes nutrientes encontrados no presente trabalho.

3.3. Retorno dos nutrientes contidos na serapilheira aos sítios florestais de *P. guachapele*, *A. mangium* e *E. grandis*.

No período estudado, observou-se um maior retorno, via folhas da serapilheira, dos nutrientes, nitrogênio, cálcio, potássio (exceto para *P. guachapele* solteira), magnésio e fósforo (Tabela 12). Estes resultados demonstram a importância do material formador da serapilheira no processo de ciclagem biogeoquímica de nutrientes em sítios florestais, sobretudo para o nitrogênio, conhecido como um macroelemento de vital importância para o desenvolvimento vegetal e o cálcio, este último, de mobilidade restrita dentro dos tecidos vegetais, associada ao fluxo transpiratório da planta (GRUSAK & POMPER, 1999).

Maior aporte de nutrientes foi obtido a partir das folhas, seguido das estruturas lenhosas, refugo, estruturas reprodutivas e cascas. Este resultado pode ser explicado pela grande quantidade de folhas e estruturas lenhosas encontradas na serapilheira das espécies estudadas e, pela riqueza de nutrientes nela encontrada. Apesar do refugo ter demonstrado uma riqueza nutricional considerável, a baixa quantidade desta estrutura, depositada na serapilheira dos plantios, explica o baixo retorno de nutrientes por esta estrutura, com exceção para o nitrogênio retornado no refugo do plantio de acácia. Para as demais frações da serapilheira, cascas e estruturas reprodutivas, os baixíssimos montantes de nutrientes retornados via serapilheira deram-se por, além de seus baixos valores de concentração de nutrientes, sua presença inconstante nas épocas de coleta.

Tabela 12: Quantidade total de nutrientes depositados nas estruturas formadoras da serapilheira de plantios puros e consorciados de *P. guachapele*, *A. mangium* e *E. grandis*. Valores seguidos de letras diferentes nas colunas indicam diferenças significativas entre os tratamentos, ao nível de 5% de Tukey. Cada valor representa uma média de 35 observações. Em destaque, nota-se a contribuição individual de cada uma das espécies empregadas no consórcio.

	N	P	K	Ca	Mg
	kg. ha ⁻¹				
	Folhas				
<i>P. guachapele</i>	102,61 A	5,01 A	17,98 B	89,29 A	21,49 A
<i>A. mangium</i>	119,23 A	3,29 B	35,24 A	64,35 B	15,69 B
<i>E. grandis</i>	24,75 B	3,74 AB	16,48 B	55,42 B	14,27 B
Consórcio	66,70	3,73	10,99	46,79	12,97
<i>P. guachapele</i>	14,03 C	0,81 C	2,39 D	11,44 D	3,41 D
<i>E. grandis</i>	52,67 C	2,92 B	8,60 C	35,35 C	9,56 C
CV %	28,40	34,46	16,27	16,90	17,45
	Lenhos				
<i>P. guachapele</i>	24,86 A	1,68 A	14,20 A	23,27 A	7,25 A
<i>A. mangium</i>	14,51 B	0,84 B	6,25 BC	15,47 BC	3,15 BC
<i>E. grandis</i>	7,14 C	1,52 A	8,01 B	18,06 AB	3,75 B
Consórcio	7,78	0,89	6,14	15,01	4,62
<i>P. guachapele</i>	4,38 C	0,39 B	2,46 D	5,25 D	1,91 C
<i>E. grandis</i>	3,40 C	0,50 B	3,68 CD	9,76 CD	2,71 BC
CV %	41,09	31,43	34,35	31,57	31,10
	Est. Reprodutivas				
<i>P. guachapele</i>	0,002 B	0,001 C	0,004 B	0,002 C	0,001 C
<i>A. mangium</i>	11,67 A	0,82 A	10,79 A	6,65 A	1,95 A
<i>E. grandis</i>	1,42 B	0,25 B	1,76 B	2,16 B	0,83 B
Consórcio	0,462	0,17	1,16	1,65	0,63
<i>P. guachapele</i>	0,002 B	nd	nd	nd	nd
<i>E. grandis</i>	0,46 B	0,17 BC	1,16 B	1,65 B	0,63 B
CV %	128,96	56,85	89,28	45,74	54,10
	Cascas				
<i>P. guachapele</i>	0,001 B	0,001 B	0,002 C	0,009 C	0,003 B
<i>A. mangium</i>	0,002 B	0,004 B	0,13 C	0,12 C	0,13 B
<i>E. grandis</i>	1,63 A	0,25 A	0,68 A	3,62 A	1,13 A
Consórcio	0,99	0,10	0,47	2,47	0,92
<i>P. guachapele</i>	nd	nd	0,008 C	nd	nd
<i>E. grandis</i>	0,99 A	0,10 B	0,46 B	2,47 B	0,92 A
CV %	98,91	105,06	47,05	45,79	37,69
	Refugo				
<i>P. guachapele</i>	4,58 B	0,63 B	1,62 B	6,12 B	1,43 B
<i>A. mangium</i>	19,30 A	1,13 A	4,91 A	8,98 A	2,18 A
<i>E. grandis</i>	5,52 B	0,58 B	1,65 B	5,15 B	1,34 B
Consórcio	4,42	0,48	1,30	5,10	1,4
<i>P. guachapele</i>	2,21 B	0,24 C	0,65 C	2,55 C	0,72 C
<i>E. grandis</i>	2,21 B	0,24 C	0,65 C	2,55 C	0,72 C
CV %	50,52	16,71	12,70	16,94	14,65

Quanto aos tratamentos estudados, em geral, houve maior retorno de nutrientes na serapilheira dos plantios solteiros contendo espécies leguminosas, seguidos dos plantios contendo o eucalipto.

Teorizado por VITOUSEK (1982), o índice de eficiência no uso de nutrientes (NUE) é uma ferramenta básica útil na avaliação da produtividade de ecossistemas. Calculado a partir da relação (biomassa de serapilheira decídua / montante de nutriente depositado no sistema), esse índice mede a capacidade que um determinado ecossistema tem de produzir biomassa em relação à quantidade de nutrientes disponível para essa produção. Dessa forma, tem-se que os plantios contendo o eucalipto, sobretudo em sistema solteiro, são mais eficientes no uso de nitrogênio e potássio, evidenciado por seus valores mais elevados de NUE (Tabela 13). Já para os elementos fósforo, cálcio e magnésio, maior eficiência no uso de nutrientes foi alcançada pelo plantio de acácia.

Tabela 13: Valores do Índice de eficiência no uso de nutrientes (VITOUSEK, 1982), para cada um dos sistemas de plantio estudados.

		N	P	K	Ca	Mg
Plantios solteiros	<i>P. guachapele</i>	60,3	1089,5	236,8	67,1	264,1
	<i>A. mangium</i>	78,0	2114,3	224,4	135,5	557,6
	<i>E. grandis</i>	245,9	1562,0	347,5	117,4	465,5
Plantios consorciados	<i>P. guachapele</i>	83,2	1191,2	311,0	89,0	284,0
	<i>E. grandis</i>	97,0	1467,0	396,0	111,0	397,0

BINKLEY *et al.* (1992), observaram a deposição anual de 40 kg. ha⁻¹ de N em plantios solteiros de eucalipto, 240 kg.ha⁻¹ no plantio solteiro de albizia e 110 kg.ha⁻¹ no consórcio 1:1 destas espécies. Para o fósforo, foram depositados 3,2 kg. ha⁻¹ no eucalipto, 6 kg.ha⁻¹ no consórcio e 9,5 kg.ha⁻¹ na albizia. Em relação ao potássio, estes autores calcularam o aporte de 4 kg.ha⁻¹ para o eucalipto, 6 kg.ha⁻¹ para o plantio consorciado e 8 kg.ha⁻¹ para o plantio da albizia. Quanto ao cálcio, 60 kg.ha⁻¹ deste elemento na serapilheira de eucalipto solteiro e 85 kg.ha⁻¹ na serapilheira dos demais plantios citados, observando ainda a deposição de 10 kg.ha⁻¹ Mg na serapilheira do plantio solteiro de eucalipto e 15 kg.ha⁻¹ em cada um dos outros dois plantios.

Os dados apresentados neste trabalho mostram que os plantios estudados foram responsáveis pela deposição de quantidades intermediárias para altas de nitrogênio e fósforo, comparativamente aos resultados encontrados nos trabalhos acima citados. Em

contrapartida, foi observado comportamento inverso para os demais macronutrientes, cujo montante pode ser considerado como baixo neste trabalho.

Os menores valores de NUE nos plantios contendo a *pseudosamanea* podem indicar que esta espécie não se comporta como armazenadora de nutrientes em sua biomassa, sugerindo-nos que a mesma poderia ser indicada para processos rápidos de restauração da fertilidade natural de solos florestais, via deposição de serapilheira. Tais resultados podem, ainda, ratificar a recomendação das espécies de leguminosas utilizadas neste trabalho na recuperação de solos com baixos teores de nitrogênio e fósforo, normalmente citados como os mais limitantes para a produção agrícola e em regiões tropicais, desde que se conheçam seus padrões de decomposição *in situ*, como serão apresentados no segundo capítulo da tese.

4. CONCLUSÕES

1. O plantio de acácia foi responsável por maior adição de serapilheira na idade estudada (5 anos após o plantio), seguido dos plantios solteiros de eucalipto e de pseudosamanea e, por último, do plantio consorciado.
2. A serapilheira de melhor qualidade foi aquela produzida nos plantios contendo pseudosamanea, seguida da acácia e dos plantios contendo eucalipto.
3. A acácia e a pseudosamanea adicionaram maiores quantidades totais de nutrientes ao solo que o eucalipto, especialmente N e P, respectivamente.
4. A adição de nutrientes via serapilheira do consórcio pseudosamanea + eucalipto foi inferior ao plantio solteiro de eucalipto.

5. BIBLIOGRAFIA

- ADAMS, M. A. & ATTIWILL, P. M. Nutrient cycling and nitrogen mineralization in eucalipt forests in south-eastern Australia. I. Nutrient cycling and nitrogen turnover. **Plant Soil**, V.92, p.319-339, 1986.;
- ANDERSON, J. M. & INGRAM, J. S. I. 1992. **Tropical Soil Biology and Fertility: A handbook of methods**. Second Edition. CAB International. Univ. Press, Cambridge. 221p.
- ANDRADE, A. G.; COSTA, G. S. & FARIA, S. M. Produção e qualidade de serrapilheira de leguminosas arbóreas usadas na recuperação de solos degradados. In.: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**, 25. Resumos. SBCS, Viçosa, MG. p: 2033 –2035. 1995.
- ARCOVA, F. C. S. & CICCIO, V. de. Fluxo de nutrientes através da precipitação, precipitação interna e escoamento pelo tronco em floresta natural secundária no parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Cunha – SP. **Boletim Técnico IPEF**, 41(1): 37-58. 1987.
- ATTIWILL, P. M. The chemical composition of rainwater in relation to cycling of nutrients in mature Eucalyptus forest. **Plant and Soil**, XXIV (3): 390-406. 1966.
- BARROS, M. E. O. Comparação da fertilidade do solo, das características húmicas e da biomassa microbiana em plantios arbóreos de *Acacia mangium* e *Eucalyptus*

- grandis em Linhares (ES). UFRJ, Departamento de Ecologia. 90p. **Tese de Mestrado**. 1994.
- BATAGLIA, O. C. & GALLO, J. R. Determinação de cálcio e magnésio em plantas, por fotometria de chama de absorção. **Bragantia**, 31: 59-74. 1972.
- BINKLEY, D.; DUNKIN, K. A.; DeBELL, D. & RYAN, M. G. Production and nutrient cycling in mixed plantations of *Eucalyptus* and *Albizia* in Hawaii. **Forest Science**. 38(2): 393-408. 1992.;
- BODDEY, R. M. Biological Nitrogen Fixation in Sugar Cane: a Key to Energetically Viable Biofuel production. **Critical Rev. In Plant Sciences**, 14(3): 263-279. 1995.
- CIDE, Anuário Estatístico do Estado do Rio de Janeiro. SECLAN/CIDE. Rio de Janeiro, RJ. 599p. 1990/91.
- COSTA, G. S., ANDRADE, A. G. de & FARIA, S. M. de. Aporte de nutrientes pela serrapilheira de *Mimosa caesalpiniiifolia* (sabiá) com seis anos de idade. In.: **SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3. TRABALHOS Voluntários**. UFV – MG. pp.: 344-349. 1997
- COUTO, L.; BARROS, N. F. & REZENDE, G. C. Interplanting Soybean with Eucalypt as a 2-Tier Agroforestry Venture in South-Eastern Brazil. **Australian Forestry Research**, 12(4): 329-332. 1982.
- DeBEL, D. S.; COLE, T. C. G.; WHITESELL, C. D. Growth, development and yield in pure and mixed status of *Eucalyptus* and *Albizia*. **Forest Science**, 43(2): 286-298. 1997.
- DIAS, L. E.; FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C. Dinâmica de matéria orgânica e de nutrientes e solo degradado pela extração de bauxita e cultivado com *Eucalyptus pellita* e *Acacia mangium*. In.: **SIMPÓSIO SUL-AMERICANO,1., SIMPÓSIO NACIONAL,2. Recuperação de Áreas Degradadas**, Anais... . Foz do Iguaçu, Curitiba, FUPEF. p: 515-25. 1994.
- DOMENACH, A. M.; MOIRUD, A. & JOCTEUR-MONROZIER, L. Leaf carbon and nitrogen constituents of some actinorhizal tree species. **Soil Biol. Biochem**, 26(5): 649-653. 1994.
- DOMINGOS, M.; MORAES, R. M.; DE VUONO, Y. S. & ANSELMO, C. E. Produção de serrapilheira e retorno de nutrientes em um trecho de Mata Atlântica

- secundária, na Reserva Biológica de Paranapiacaba, SP. **Rev. Bras. Bot**, 20(1): 91-96. 1997.
- DOMMERGUES, Y. Ensuring effective symbiosis in N₂-fixing trees. In: **Workshop on Biological Nitrogen Fixation Technology for tropical Agriculture**. Cali, Colômbia. pp.: 9-13. 1981.
- DOMMERGUES, Y. Evaluation du taux de fixation de l'azote dans un sol dunaire reboisé en filão (*Casuarina equisetifolia*). **Agrochimica**, 7(4): 335-340. 1963.
- DOMMERGUES, Y. La fixation symbiotique de l'azote chez les *Casuarina*. **Annales de l'Institut Pasteur**, 111: 247-258. 1966.
- DOMMERGUES, Y. R. & GIRCIS, M. G. Symbioses fixatives d'azote dans les milieux arides et salés: application aux Casuarinacées. **Physiologie des Arbres et Arbustes en zones arides et semi-arides**: 183-194. 1991.
- EUCLYDES, R. F. **Manual de utilização do programa SAEG (Sistema para análises estatísticas e genéticas)**. Viçosa, MG. Imprensa Universitária. 59p. 1983.
- FARIA, S. M. de; FRANCO, A. A.; JESUS, R. M. de; MENANDRO, M. de S.; BAITELLO, J. B.; MUCCI, E. S. F.; DÖBEREINER, J. & SPRENT, J. I. New nodulating legume trees from South-East Brazil. **New Phytologist**, 98: 317-328. 1984.
- FARIA, S. M.; SILVA, M. G.; COSTA, L. P.; CAMPELLO, E. F.; BORDALLO, M. A. & FRANCO, A. A. Cobertura vegetal de pilhas de escória de siderurgia com leguminosas associadas a microrganismos. In: **SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3 TRABALHOS Voluntários**. UFV – MG. p: 324-328. 1997.
- FRANCO, A. A. ; CAMPELLO, E. F. C.; DIAS, L. E.; FARIA, S M. Revegetação de áreas de mineração de bauxita em porto trombetas – PA com leguminosas arbóreas noduladas e micorrizadas. In: **SIMPÓSIO SUL-AMERICANO, I E SIMPÓSIO NACIONAL, II, RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS**, 1994. Foz do Iguaçu, Paraná. p: 145-153. 1994.
- FREIRE, J. R. J. Fixação do nitrogênio pela simbiose rizóbio / leguminosas. pp.: 121-140. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M. & NEVES, M.C.P. **Microbiologia do Solo**. Campinas, SBCS. 360p. 1992.

- GOLLEY, B. F.; MCGINNIS, J. T.; CEMENTS, R. G.; CHILD, G. I. & DUEVER, M. J. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida**. São Paulo: EPU/EDUSP. 256p. 1978.;
- GRIFFITH, J. J. Novas estratégias ecológicas para a revegetação de áreas mineradas no Brasil. In.: **SIMPÓSIO SUL-AMERICANO,1., SIMPÓSIO NACIONAL,2. Recuperação de Áreas Degradadas**, Anais... Foz do Iguaçu, Curitiba, FUPEF, 1994. p: 31-43. 1994.
- GRUSAK, M. A. & POMPER, K. W. Influence of pod stomatal density and pod transpiration on the calcium concentration of snap bean pods. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, 124(2): 194-198. 1999.
- GUIMARÃES, M. C. & AGANO, S. N. Produção e acúmulo de serapilheira em Floresta Mesófila Semidecídua, Rio Claro - Araras, SP. In.: **Congresso Nacional de Botânica, XLIX**. Resumos... UFBA, Instituto de Biologia, Salvador, BA. pp. :306.
- HAAG, J. P.; SARRUGE, J. R.; OLIVEIRA, G. S.; POGGIANI, F. & FERREIRA, C. A. Análise foliar em cinco espécies de eucalipto. **Anais da E.S.A. Luiz de Queiroz** (34): 31-44. 1977.
- KEENAN, R. J.; PRESCOTT, C. E.; KIMMINS, J. P.; PASTOR, J. & DEWEY, B. Litter decomposition in western red cedar and western hemlock forests on northern vancouver Island, British Columbia. **Can. J. Bot.**, 74 (10): 1626-1634. 1996.
- LIM, M. T. Studies on *Acacia mangium* in Kemasul Forest, Malaysia. I. Biomass and productivity. **J. Trop. Ecol.**, 4: 293-302. 1988.
- LIMA, W. de P. **Impacto Ambiental do Eucalipto**. 2 ed., São Paulo: EDUSP. 301 p. 1993.
- MTAMBANENGWE, F. & KIRCHMANN, H. Litter from a tropical savanna woodland (Miombo): chemical composition and C and N mineralization. **Soil Biol. Biochem.**, 27(12): 1639-1651. 1995.
- NEVES, E. J. M.; BELLOTE, A. F. J.; FERREIRA, C. A.; REISSMANN, C. B.; BAUCH, J. & DÜNISCH, O. Concentrações de nitrogênio em diferentes partes de *Ceiba petandra* e de *Virola surinamensis*. **Reunião Bras. de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 22**. SBCE, Manaus, AM. Resumos Expandidos. pp.:302-303. 1996.

- NILSSON, L. O. & WIKLUND, K. Nutrient balance and P, K, Ca, Mg, S and B accumulation in a Norway spruce stand following ammonium sulphate application, fertigation, irrigation, drought and N-free-fertilisation. **Plant and Soil** (168-169): 437-446. 1995.
- NILSSON, L. O.; HÜTTL, R. F.; JOHANSSON, U. T. & JOCHHEIM, H. Nutrient uptake and cycling in forest ecosystems – present status and future research directions. **Plant and Soil** (168-169): 5-13. 1995.
- ODUM, E. P. **Ecologia**. Ed. Guanabara. 434 p. 1986.
- OLIVEIRA, L. A. de & GUITTON, T. L. Relações de concentrações de nutrientes em cinco espécies florestais nativas em um podzólico da Amazônia. **Reunião Bras. de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 22**. SBCS, Manaus, AM. Resumos Expandidos. pp.:568-569. 1996.
- PIRES, L.; PAGANO, S. N. & BRITEZ, R. M. de. Deposição de serapilheira em mata de restinga na Ilha do Mel, Paraná. In.: **Congresso Nacional de Botânica, XLIX**. Resumos... UFBA, Instituto de Biologia, Salvador, BA. pp.: 301.
- PORTES, M. C. G. de; KOEHLER, A. & ALVÃO, F. Floresta Ombrófila Densa Altomontana: Avaliação da deposição de serapilheira e de nutrientes. In.: **Congresso Nacional de Botânica, XLIX**. Resumos... UFBA, Instituto de Biologia, Salvador, BA. pp.: 302.
- QUADROS, R. M. B. de; BELLOTE, A. F. J.; REISSMANN, C. B. & FERREIRA, C. A. Teores de macronutrientes foliares em *Eucalyptus grandis*. **Reunião Bras. de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 22**. SBCS, Manaus, AM. Resumos Expandidos. pp.:180-181. 1996.
- RAMOS, D. P. Levantamento detalhado de solos da área da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, com base em fotografias aéreas e prospecções do terreno. UFRRJ. 128p. **Tese de Mestrado**.1970.
- REIS, M. G. F. & BARROS, N. F. Ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto. In.: BARROS, N. F. & NOVAIS, R. F. de. 1990. **Relação Solo - Eucalipto**. Viçosa. Ed. Folha de Viçosa. p.265-301p. 1990.

- REZENDE, J. L. P.; GARCIA, Q. S.; SCOTTI, M. R. & LEITÃO, M. M. Decomposição de folhas de *Dalbergia nigra* e *Eucalyptus grandis* incubadas em terra de mata e de eucaliptal. In.: **SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS**, 3 TRABALHOS Voluntários. UFV – MG. p: 136-143. 1997.
- RICHARDS, B. N. & CHARLEY, J. L. Mineral Cycling Processes and System Stability in the Eucalypt Forest. **For. Ecology and Manag.**, 7: 31-47. 1984.
- ROCHA FILHO, J. V. de C.; HAAG, H. P.; OLIVEIRA, G. D. de & PITELLI, R. A. Ciclagem de nutrientes em florestas implantadas de *Eucalyptus* e *Pinus*. I. Distribuição no solo e na manta. **Anais da E.S.A. Luiz de Queiroz** (35): 113-123. 1978.
- SCOTT, D. A.; PROCTOR, J. & THOMPSON, J. Ecological studies on a lowland evergreen rain forest on Maracá Island, Roraima, Brazil. II. Litter and nutrient cycling. **Journal of Ecology**, 80: 705-717. 1992.
- SILVA, J. T. A.; GONZAGA, V. & SATURNINO, H. M. Efeito da incorporação de leguminosas sobre a produção de feijoeiro. Reunião Bras. de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 22. SBCS, Manaus, AM. Resumos Expandidos. pp.:30-31. 1996.
- SONGWE, N. C.; FASEHUN, F. E. & OKALI, D. U. U. Leaf nutrient dynamics of two tree species and litter nutrient content in southern Bakundu Forest reserve, Cameroon. **Journal of Tropical Ecology**, 13: 1-15. 1997.
- STRALIOTTO, R. Custo energético da fixação de nitrogênio em soja inoculada com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* com diferentes capacidades de reciclar H_2 . UFRRJ. 148p. **Tese de Mestrado**. 1990.
- SWIFT, M. J.; HEAL, O. W. & ANDERSON, J. M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Univ. of California Press, Berkeley and Los Angeles. 1979.
- TEDESCO, M. J. **Extração simultânea de N, P, K, Ca e Mg em tecido de plantas por digestão com H_2O_2 - H_2SO_4** . Informativo Interno 01/82. Depto. de Solos, UFRGS. Porto Alegre. 23p. 1982.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Boletim Técnico Nº. 5. Depto. de Solos, UFRGS. Porto Alegre. 174p. 1995.

- THORANISORN, S.; SAHUNALU, P. & YODA, K. Litterfall and productivity of *Eucalyptus camaldulensis* in Thailand. **Journal of Trop. Ecology**, (7): 275-279. 1991.
- TORRES, M. C.; FONSECA, G. D. F. M. da & MATOS, D. M. S. Quantificação da produção de serapilheira em fragmentos de Mata Atlântica. In.: **Congresso Nacional de Botânica, XLIX**. Resumos... UFBA, Instituto de Biologia, Salvador, BA. pp.: 305.
- VENEKLAAS, E. J. Litterfall and nutrient fluxes in two montane tropical rain forests, Colombia. **J. Trop. Ecol.**, 7: 319-336. 1991.
- VITOUSEK, P. M. Nutrient cycling and nutrient use efficiency. **American Naturalist**, 119: 553-572. 1982.
- VITOUSEK, P. M. Litterfall, nutrient cycling, and nutrient limitation in tropical forests. **Ecology**, 65(1): 285-298. 1984.

CAPÍTULO II:

DECOMPOSIÇÃO DE FOLHAS SENESCENTES EM PLANTIOS PUROS E CONSORCIADOS DE *Pseudosamanea guachapele* Dugand, *Acacia mangium* Willd. E *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden.

RESUMO

Foi realizado um experimento visando estudar o padrão de decomposição e de liberação de nutrientes contidos em folhas, coletadas de plantios puros de *Acacia mangium*, *Pseudosamanea guachapele* e *Eucalyptus grandis* e de um consórcio 1:1 das duas últimas espécies.

Da velocidade de decomposição das amostras, segundo a equação $C = C_0 e^{-kt}$, foram calculados os valores de meia-vida de decomposição das amostras ($T_{1/2} = 0,693/k$) e, aquelas que apresentaram menor meia-vida foram as folhas de pseudosamanea, coletadas no plantio consorciado ($T_{1/2} = 15,0$ dias), seguidas das folhas desta espécie coletadas no plantio solteiro ($T_{1/2} = 16,8$), das folhas de acácia ($T_{1/2} = 19,9$), das folhas de eucalipto coletadas no plantio consorciado ($T_{1/2} = 20,1$) e das folhas desta última espécie coletadas no plantio solteiro ($T_{1/2} = 24,1$ dias).

A liberação de nutrientes ocorreu de forma similar à perda em massa das amostras. Quanto aos nutrientes estudados, as amostras de pseudosamanea coletadas no consórcio apresentaram meia-vida para o nitrogênio de aproximadamente 15 dias. Para o fósforo, este parâmetro foi alcançado aos 15 e 25 dias nas folhas de acácia e pseudosamanea consorciada e, aos 15 e 30 dias para as folhas de eucalipto coletadas nos plantios consorciado e solteiro, respectivamente. Quanto ao cálcio, a meia-vida foi de 40,40 e 30 dias e, por último, quanto ao magnésio, os valores foram de 25, 10 e 25 dias, respectivamente, para as folhas coletadas dos plantios de pseudosamanea consorciada, eucalipto consorciado e eucalipto solteiro.

ABSTRACT

An experiment was carried out to study the decomposition rate and nutrient release from senescent leaves collected from plantations of *Acacia mangium*, *Pseudosamanea guachapele* and *Eucalyptus grandis*, and of a 1:1 mixed plantation of the last two species.

According to the equation $C = C_0 e^{-kt}$, the time to decompose 50% of total dry mass of the samples was calculated ($T_{1/2} = 0.693/k$), and the pseudosamanea leaves, collected in the pure plantation ($T_{1/2} = 15.0$ days), followed by those collected in the pure plantation ($T_{1/2} = 16.8$), of the acacia leaves ($T_{1/2} = 19.9$), of the eucalyptus leaves collected in the mixed plantation ($T_{1/2} = 20.1$) and f the leaves of this last species collected in the pure plantation ($T_{1/2} = 24.1$ days).

The nutrient release showed a similar response to the loss of mass of the samples among the species. The half-life of nitrogen occurred at 15 days for the pseudosamanea samples collected in the mixed plantation. For phosphorous, this parameter was reached 15 and 25 days in the acacia leaves and mixed pseudosamanea and, at 15 and 30 days for the eucalyptus leaves collected in the mixed and pure plantations, respectively. For potassium, these values were 75, 60 and 30 days, in the leaves of mixed pseudosamanea, mixed and pure eucalyptus, respectively. With respect to calcium, its half-life was reached at 40 (mixed pseudosamanea and eucalyptus) and 30 days (pure eucalyptus) and, at last, for magnesium, the values were of 25, 10 and 25 days, respectively for the collected leaves of the mixed plantations of pseudosamanea, mixed and pure plantations of eucalyptus.

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A decomposição da serapilheira representa um processo essencial na ciclagem de estruturas biogênicas, manutenção do estoque orgânico do solo e, a taxa de reciclagem dos compostos presentes na serapilheira influencia a fertilidade de solos e o funcionamento de ecossistemas florestais, especialmente em regiões de solos bastante intemperizados como os tropicais. Os fatores principais que controlam a decomposição da serapilheira são: o clima, atividade da comunidade saprofítica dos solos e a qualidade do substrato (REZENDE *et al.*, 1997).

Entre os fatores climáticos mais frequentemente associados à alterações na dinâmica de decomposição da serapilheira estão a temperatura, a umidade e a concentração de CO₂ do meio (HEAL *et al.*, 1997).

A organização da biota decompositora do solo, formada de microartrópodos (GARAY, 1989; TIAN *et al.*, 1997 e WACHENDORF *et al.*, 1997), bactérias (REZENDE *et al.*, 1997) e fungos basidiomicetos (HAMMEL, 1997), dentre outros, exerce influência no grau de decomposição da serapilheira depositada no solo. A microfauna do solo promove a biodegradação de compostos orgânicos pela: (1) fragmentação do material original e aumento de sua área específica; (2) produção de enzimas que atuarão na conversão das macromoléculas em outras de menor peso molecular e polimerização de compostos liberados na decomposição, com conseqüente formação do húmus e; (3) por permitirem o desenvolvimento e a interação com microrganismos.

A composição da serapilheira é dependente do tipo de vegetação encontrada em determinado ecossistema; desta forma a organização do sistema florestal, homogêneo ou heterogêneo, confere à serapilheira uma diversidade de resíduos que determina o nicho da comunidade de decompositores à ela associados (BEARE *et al.*, 1992). Dessa forma, a qualidade da serapilheira, avaliada por seus teores em compostos orgânicos e inorgânicos, exerce grande influência sobre a regulação e natureza das interações microbianas do solo, atuando em três escalas: (i) sobre a cadeia alimentar dos microrganismos saprofíticos, representados sobretudo por fungos e bactérias; (ii) sobre o sistema transformador da serapilheira, representados pelos artrópodes e; (iii) sobre os "engenheiros" do solo, caracterizados pelos insetos sociais e minhocas (WARDLE & LAVELLE, 1997).

Inúmeras são as características que envolvem a qualidade da serapilheira e uma revisão destes conceitos é apresentada por HEAL *et al.* (1997). De acordo com estes autores, os itens que melhor definem a qualidade da serapilheira são seus teores em nutrientes e em carbono. Entre os nutrientes, destaca-se o nitrogênio, extensivamente citado como elemento inorgânico regulador da dinâmica de decomposição de resíduos vegetais. Para o carbono, mais importante do que a quantidade deste elemento nos tecidos, como reguladora da atividade da comunidade decompositora, é a forma como ele se apresenta no tecido, seja sob a forma de carboidratos ou compostos fenólicos (ácidos fenólicos, xantonas, flavonóides, isoflavonóides e ligninas).

Apesar dos estudos avançarem na tentativa de elucidar minuciosamente quais dos componentes químicos formadores da serapilheira seriam os mais responsáveis por variações na velocidade de decomposição de resíduos vegetais, a relação C:N ainda é bem aceita na predição da taxa de decomposição (k) desses resíduos (HEAL *et al.*, 1997).

A perda de massa inicial da serapilheira, durante o processo de decomposição, é atribuída a: (1) modificações químicas dos componentes vegetais e mineralização dos compostos facilmente utilizados pelos organismos do solo; (2) redução e redistribuição física das partículas e; (3) lixiviação dos componentes inorgânicos e orgânicos mineralizados, tais como proteínas, ácidos orgânicos e açúcares solúveis. Estes compostos, principalmente os carboidratos, permitem o desenvolvimento da comunidade microbiana do solo que serão responsáveis pela decomposição de

compostos recalcitrantes como a celulose e a lignina através da energia liberada na quebra de suas moléculas, (IBRAHIMA *et al.*, 1995).

A decomposição de compostos orgânicos e a mineralização de nutrientes pode ser vista como um processo contínuo, desde a deposição da serapilheira até a formação da matéria orgânica do solo. Assim, modificações na cobertura vegetal tais como: mudança de culturas empregadas, adoção equivocada de práticas agrícolas e supressão da vegetação provocam sérias consequências nesses processos (MELILLO *et al.*, 1989).

Estudos conduzidos por DELLA BRUNA *et al.* (1991) e FIALHO *et al.* (1991) mostram maior acúmulo de matéria orgânica não decomposta, maiores teores de acidez potencial e menores teores de nutrientes em solos sob plantios de eucalipto, quando comparados a solos do mesmo tipo sob pastagem natural e mata nativa e concluíram que tal efeito deu-se pela menor qualidade da serapilheira daquela espécie.

A supressão da vegetação causa a diminuição do estoque energético proveniente da fotossíntese levando à exploração, pelos microrganismos, do estoque de carbono do solo tendendo a empobrecê-lo (VELDKAMP, 1994).

Existem relatos, em vasta bibliografia, da utilização de alguns métodos para o estudo da decomposição de amostras de serapilheira *in situ*, dos quais podemos citar o método das parcelas pareadas (MORELLATO, 1992), o uso de "litter-bags" (CONSTANTINIDES & FOWNES, 1994), o amarrão de folhas, o uso de discos de folhas, o balanço químico de radioisótopos (MASON, 1980) e a utilização de "covered litter" (FERREIRA *et al.*, 1997).

O primeiro método (também conhecido como o método da serapilheira existente X serapilheira depositada) consiste em marcar parcelas no solo, em áreas contíguas e retirar, seqüencialmente, o material morto de cada uma dessas parcelas. A diferença encontrada entre o peso de cada conjunto de duas parcelas, dividida pelo período de tempo estudado, reflete a velocidade de decomposição da serapilheira (HÖFER *et al.*, 1996).

O uso de discos de folhas é normalmente associado a estudos de decomposição em ecossistemas alagados, em comparação à decomposição de amostras de papel de filtro (MASON, 1980). Não foram encontradas referências práticas da utilização deste método em ecossistemas terrestres.

O uso da metodologia de radioisótopos encontra resistências quanto ao seu custo e complexidade do método. MASON (1980) atesta que o método permite estudar apenas a decomposição de compostos que contenham carbono porém, se o dióxido de carbono evoluído no método for fixado por organismos autotróficos presentes no solo, a velocidade de decomposição das amostras será subestimada.

No método das folhas amarradas (MASON, 1980), as amostras de folhas são presas umas às outras com fios de nylon, formando verdadeiros "tubos" de folhas. Como no caso dos discos de folhas, não foram encontradas referências sobre a utilização extensiva deste método em estudos desta natureza.

No método que prevê a utilização de litter-bags, método mais citado em inúmeros trabalhos, as folhas são incubadas em sacos de nylon, de malha que pode variar de 1 a 7 mm e geralmente colocados diretamente sobre o solo (HAUER *et al.*, 1998).

No método de "covered litter", adaptado dos litter-bags, as amostras para decomposição são depositadas diretamente sobre o solo e cobertas com uma tela de nylon de malha de 10 mesh (BRASIL *et al.*, 1998).

Os objetivos dos experimentos apresentados neste capítulo foram:

1. Estudar a dinâmica da perda de massa em folhas senescentes de *A. mangium*, *P. guachapele* e *E. grandis*, cultivados em monocultura e em consórcio 1:1 das duas últimas espécies;
2. Determinar os teores de nutrientes nas folhas em decomposição durante todo o tempo avaliado e;
3. Propor um novo método ("colares de folhas"), adaptado a partir do método das folhas amarradas, para o estudo de decomposição de amostras de folhas, numa ótica que mais pudesse se assemelhar às condições naturais de decomposição de amostras de serapilheira.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização, coleta e preparação das amostras de folhas.

No experimento que se segue, foram utilizados os mesmos plantios relatados no capítulo anterior, mudando-se apenas a localização das amostras de folhas submetidas à decomposição, que foram dispostas ao acaso no interior da área útil das parcelas.

Foram utilizadas neste experimento as folhas de eucalipto, os folíolos de pseudosamanea e os filódios de acácia, as quais serão chamadas genericamente de folhas, em estado de senescência, caracterizadas por sua coloração verde-amarelada (Figura 1) e, segundo TOKY & SINGH (1993), potenciais formadoras da serapilheira. As folhas utilizadas foram coletadas diretamente das árvores e em redes suspensas de nylon com 1 mm de malha, com o intuito de não utilizar-mos nenhuma folha que estivessem sujeitas a uma decomposição incipiente de suas estruturas.

As folhas assim coletadas foram distribuídas nas parcelas para decomposição no campo, empregando-se um método adaptado das folhas amarradas (MASON, 1980). Nesta adaptação, proposta pelo autor, as folhas recém coletadas foram agrupadas sob a forma de colares, atravessando-lhes, uma a uma e adjacente à nervura principal, um fio de nylon de 0,02 mm de diâmetro (Figuras 2 a 4). Foram usados aproximadamente 5,0 g de folhas recém coletadas para cada colar. Este procedimento foi realizado, baseado em observações visuais, de ocorrência de maior resistência à decomposição nas regiões nervurais dos limbos foliares, com o intuito de preservar as amostras presas ao fio de nylon durante todo o período de estudo.



Figura 1: Folíolos em adiantado estado de senescência (amarelados) de *P. guachapele*.



Figura 2: Amostras de folhas amarradas sob a forma de colares – *A. mangium*.



Figura 3: Amostras de folhas amarradas sob a forma de colares – *P. guachapele*.



Figura 4: Amostras de folhas amarradas sob a forma de colares – *E. grandis*.

Amostras de folhas recém coletadas, à idade de 5 anos após o plantio das árvores (6 repetições por tratamento), foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até peso constante, para determinar o conteúdo de umidade inicial das amostras, além de estimar o peso das folhas secas amarradas nos colares.

Para tentar simular as condições naturais de deposição, as folhas presas nos colares foram dispostas casualmente (pela ação do vento) nas parcelas, sobre a camada de serapilheira presente e sem a secagem prévia das folhas. Tal fato ocorreu pelo conhecimento de que as folhas que formam a serapilheira são depositadas ainda frescas e de forma caótica sobre a manta orgânica já existente no solo. Apesar de terem se depositado perpendicularmente ao solono momento da instalação do experimento (Figura 5), os colares de folhas de pseudosamanea logo apresentaram comportamento idêntico ao natural já que foi observada a ocorrência de chuvas no dia seguinte à deposição dos mesmos, o que não comprometeu a simulação descrita no início do parágrafo.

Foram utilizados arames galvanizados para fixar os colares no solo e plaquetas de plástico para demarcar as amostras nas parcelas (Figuras 5 a 8). Devido à natureza mista do plantio consorciado, foram utilizados, para cada repetição, dois colares distintos (um de pseudosamanea e outro de eucalipto) que foram fixados conjuntamente no solo (Figura 8). Dessa forma, tentou-se prover à comunidade saprofítica igual composição de folhas naturalmente encontrada na serapilheira formada naquele plantio.

Foram realizadas 7 coletas, aos 0, 15, 30, 45, 60, 90 e 120 dias após a instalação do experimento no campo, em três repetições para cada época, durante a época chuvosa. Após a coleta, as amostras foram lavadas em água corrente (para retirar partículas de solo e possíveis organismos presos às folhas), secas, pesadas e preparadas para análise de seus teores em macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg), segundo metodologia descrita em 2.2.



Figura 5: Distribuição das amostras de folhas nas parcelas – *P. guachapele* Solteira.



Figura 6: Distribuição das amostras de folhas nas parcelas – *A. mangium*.



Figura 7: Distribuição das amostras de folhas nas parcelas – *E. grandis*.



Figura 8: Distribuição das amostras de folhas (pseudosamanea e eucalipto) nas parcelas consorciadas.

A taxa de decomposição das espécies foi calculada segundo a função $C = C_0 e^{-kt}$, onde C é a massa final das amostras (t_{120}); C_0 , a massa inicial (t_0); t , o tempo decorrido na experimentação (120 dias) e; k , a constante de decomposição das amostras (MASON, 1980).

O modo mais simples de calcular o valor k é descrito pela razão entre a deposição anual de serapilheira e o teor (%) ou quantidade de carbono ($t.ha^{-1}$) presente no solo; neste caso o valor k calculado indica a decomposição anual dessa serapilheira, assumindo que seja constante durante todo o ano (SIQUEIRA & FRANCO, 1988). Este método entretanto, tende a subestimar o valor de k , à medida em que exclui, dos cálculos de decomposição global da serapilheira, as raízes finas e galhos grossos (VOGT *et al.*, 1982).

Um segundo método consiste em utilizar uma massa conhecida de serapilheira (C_0), em geral folhas, galhos e raízes finas, incubadas sob a forma de "litterbags" (ou nos demais métodos citados) e coletadas em intervalos de tempo determinados (Δt), mensurando a perda de massa dessas amostras (C_f) (LANDSBERG & GOWER, 1997), onde a constante k é calculada multiplicando-se por -1 o coeficiente angular da reta ($-k$; Equação 2) gerada pela linearização da Equação 1:

$$C_f = C_0 \cdot e^{-kt} \quad (\div C_0 \text{ e aplicando } \ln) \quad (1)$$

$$-kt = \ln (C_f / C_0) \quad (2)$$

Segundo esses autores, a linearização da função exponencial permite estipular um valor k independente das concentrações inicial e final de substrato, permitindo o cálculo do tempo requerido para que ocorra a transformação de metade da quantidade inicial deste substrato ($C_f = C_0/2$), definido como meia-vida deste substrato, segundo o modelo abaixo, importante na predição do tempo teórico necessário para que ocorra a reciclagem completa do substrato enfocado já que, no processo de decomposição, compostos secundários são formados pelo rearranjo das partículas mineralizadas e não prontamente recuperadas pela biomassa, após a quebra das macromoléculas (SWIFT *et al.*, 1979).

$$\ln [(C_0/2) / C_0] = -k t_{1/2} \quad (4)$$

$$t_{1/2} = 0,693 / k \quad (5)$$

Apesar de não sofrer influência das concentrações iniciais e finais de substratos e produtos, o valor k (taxa de decomposição do substrato. tempo^{-1}) varia com a natureza do material e de acordo com fatores ambientais tais como temperatura, umidade e aeração, e entre ecossistemas, sendo geralmente superior em solos cultivados e sob florestas tropicais (SIQUEIRA & FRANCO, 1988).

Para facilitar a visualização dos resultados, as curvas correspondentes à marcha de decomposição das amostras foram expressas em porcentagem de massa remanescente das amostras, em relação à massa inicial das mesmas (5, 0 gramas = 100%).

2.2. Análise dos dados.

Igualmente ao ocorrido nas amostras coletadas do capítulo anterior, os dados referentes a este capítulo também foram testados quanto à normalidade de distribuição dos dados e homogeneidade de variâncias, antes de aplicarmos estatísticas paramétricas.

2.2.1. Dinâmica da perda de massa das amostras de folhas.

Os dados referentes à decomposição da serapilheira obedeceram ao desenho experimental inteiramente casualizado, em arranjo fatorial, constando de 5 tratamentos (3 plantios puros + pseudosamanea no consórcio + eucalipto no consórcio) X 7 épocas de coleta X 3 repetições.

2.2.2. Teores de nutrientes nas amostras de folhas em decomposição.

Como no caso anterior, os dados obedeceram a um desenho inteiramente casualizado, em arranjo fatorial, constando de 5 tratamentos X 7 épocas X 3 repetições.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Marcha de decomposição das amostras – perda de massa.

Os resultados obtidos mostram que a dinâmica de perda de massa (expressa em relação à porcentagem de massa remanescente), em base seca das amostras, indica que o processo de decomposição das folhas de pseudosamanea é mais acelerado que para as demais espécies estudadas, tendo sido evidenciada uma decomposição inicial das folhas de eucalipto um pouco mais rápida que para as folhas da acácia (Figura 9). Pode-se observar também que, para as espécies presentes no plantio consorciado, houve uma decomposição mais acelerada quando as mesmas encontravam-se no consórcio, em comparação à dinâmica de perda de massa de suas amostras nos plantios solteiros.

A decomposição das folhas (Tabela 1) foi estudada segundo a função exponencial descrita, onde: C_t é a massa das amostras ao final de t (tempo decorrido na experimentação) igual a 120 dias; C_0 , a massa inicial (t_0) e; k , a constante de decomposição das amostras (MASON, 1980).

Os dados apresentados mostram que o modelo exponencial foi adequado para explicar o padrão de perda de massa das amostras estudadas. O *modelo matemático*, determinado pelo r^2 , que melhor explicaria a decomposição das amostras de folhas, excetuando a pseudosamanea no consórcio, seria o modelo linear simples porém, *aplicações práticas* deste tipo de curva em experimentos de decomposição não foram relatadas na bibliografia consultada, ratificando-se os nossos resultados encontrados.

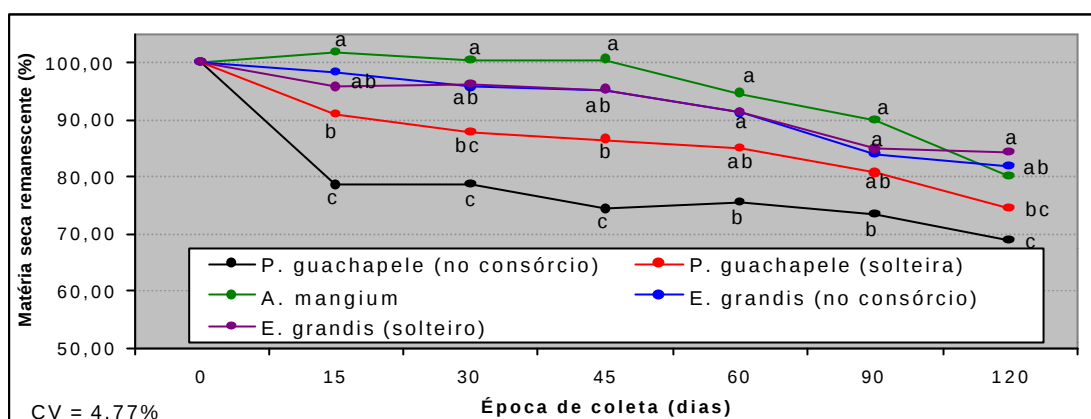


Figura 9 Marcha de decomposição de amostras de folhas senescentes em plantios de *P. guachapele* consorciada e solteira, *A. mangium* e *E. grandis* consorciado e solteiro. Os resultados representam valores médios de três repetições para cada época de coleta. Letras diferentes indicam significância, a 5% pelo teste de Tukey entre tratamentos, dentro de cada época de coleta.

Tabela 1: Parâmetros da função $C = C_0 \cdot e^{-kt}$ ajustada aos valores das amostras de folhas remanescentes em cada parcela, durante o período chuvoso.

Tratamento		C_0 (g)	K (dias ⁻¹)		r^2	$T_{1/2}$ (dias)
Nas parcelas solteiras	<i>P. guachapele</i>	10,159	0,0413	***	0,9323	16,8
	<i>A. mangium</i>	10,922	0,0349	**	0,7388	19,9
	<i>E. grandis</i>	10,359	0,0288	**	0,8946	24,1
Na parcela consorciada	<i>P. guachapele</i>	9,3855	0,0463	*	0,7095	15,0
	<i>E. grandis</i>	10,561	0,0344	**	0,9208	20,1

onde: * significância a $p \leq 0,05$; ** significância a $p \leq 0,01$; *** significância a $p \leq 0,001$; r^2 : coeficiente de determinação e; $T_{1/2} = 0,693 / k$ (PAUL & CLARK, 1987).

Quanto aos parâmetros da função de decomposição, os resultados mostram que os valores altos de k , quando comparados aos obtidos por ESPÍNDOLA *et al.* (1998) e QUESADA *et al.* (1998), podem ser explicados pela utilização de folhas secas nesses trabalhos, em oposição às folhas senescentes utilizadas no presente experimento. Em um experimento conduzido na Embrapa CPAA com folhas frescas decíduas e raízes finas de *Bixa orellana*, *Bertholletia excelsa*, *Theobroma grandiflorum*, *Bactris gasipaes* e *Pueraria phaseoloides*, UGUEN *et al.* (1998) determinaram que a decomposição dessas folhas foi mais acelerada que de folhas secas, fato também observado por TAYLOR (1998), em estudo sobre a decomposição de folhas de *Populus tremuloides* e *Alnus crispa* onde, segundo o autor, a meia-vida de folhas frescas foi 1,5 e 3,6 vezes menor que a das folhas secas.

MASON (1980) afirma que no método das folhas amarradas ("tubos de folhas"), as amostras chegam a perder de 10-15% mais de seu peso que as amostras contidas nos sacos e sobretudo, a fauna encontrada dentro dos sacos durante o período de exposição não se assemelha à que ocorre nas camadas superficiais da serapilheira. Dessa forma, este autor conclui que o padrão de perda de massa no método que emprega os "litter-bags" não pode refletir precisamente o padrão natural de decomposição da serapilheira.

Outra forma de avaliar as diferenças sobre o padrão de decomposição de amostras de serapilheira foi apresentada por REZENDE *et al.* (1998), comparando-se os valores da constante de decomposição (k) e a meia-vida ($T_{1/2}$) de folhas de *Brachiaria humidicola* e *B. humidicola* + *Desmodium ovalifolium*, incubadas segundo 3 métodos diferentes de avaliação da decomposição (Tabela 2). Segundo os autores, a causa principal das discrepâncias entre resultados, aliado ao suprimento contínuo de serapilheira ativa no primeiro método, seriam diferenças micro-climáticas criadas pelos diferentes métodos, o que provocaria uma diminuição da atividade microbiana no interior dos "litter bags" e "covered litter", pelo rápido consumo da fração ativa da serapilheira.

Tabela 2: Valores da constante de decomposição e da meia-vida de amostras de folhas de *Brachiaria humidicola* e *B. humidicola* + *Desmodium ovalifolium*, segundo alguns métodos de avaliação *in situ* da decomposição dessas amostras.

Método	Amostra	k	$T_{1/2}$ (dias)
"Parcelas pareadas"	<i>B. humidicola</i>	0,0746	9,3
	<i>B. humidicola</i> + <i>D. ovalifolium</i>	0,0788	8,8
'Litter bag"	<i>B. humidicola</i>	0,0042	165,4
	<i>B. humidicola</i> + <i>D. ovalifolium</i>	0,0038	181,9
"Covered litter"	<i>B. humidicola</i>	0,0082	84,5
	<i>B. humidicola</i> + <i>D. ovalifolium</i>	0,0044	159,3

A hipótese de que a atividade da fauna do solo fosse responsável pela diferença dos resultados expostos na tabela 2 foi descartada, principalmente após a realização do experimento utilizando o terceiro método citado que permitia o livre acesso pelo solo, desses organismos. Este fato talvez possa ser verdadeiro em pastagens porém, em ambientes florestais, cuja camada de serapilheira depositada no solo pode chegar a alguns centímetros, é comum a presença de uma comunidade faunística mais complexa,

incluindo a fauna edáfica e não-edáfica (CORREIA *et al.*, 1995 e OLIVEIRA, 1997). Neste sentido, o método proposto neste trabalho, pode permitir o acesso às amostras da fauna edáfica e não-edáfica, além de proporcionar a interação constante com a serapilheira ativa depositada ao longo do tempo, o que pode ser visto pelos valores matematicamente próximos da constante k e da meia-vida das amostras calculados por REZENDE *et al.* (1998), no método da serapilheira existente X serapilheira depositada com os valores expostos na Tabela 1. Entretanto, conclusões mais bem fundamentadas só seriam possíveis se o presente método fosse comparado a outros, em um mesmo experimento.

Quanto ao desempenho das espécies presentes no consórcio, em comparação aos seus plantios solteiros, a presença de uma outra espécie nestes tratamentos, em oposição à condição solteira dos demais plantios, pode ter tido influência sobre a maior velocidade de decomposição dessas amostras, conforme resultados encontrados por GAMA-RODRIGUES & BARROS (1998), em estudos de decomposição do folheto de *Peltogyne angustiflora*, *Centrolobium robustum*, *Arapatiellla psilophylla*, *Sclerolobium chrysophyllum*, *Cordia trichotoma* e *Macrolobium latifolium*, em plantios puros e mistos destas espécies, na região dos tabuleiros costeiros do sudeste da Bahia. Além disto, o plantio consorciado dessas espécies permite a criação de um ambiente formado por resíduos vegetais ricos e pobres em nutrientes, em especial o nitrogênio, que gera um efeito competitivo muito forte entre a microbiota saprofítica do solo, potencializando sua atividade (JINGGUO & BAKKEN, 1997).

A composição química das folhas utilizadas no início do experimento (Tabelas 3 a 7) mostram que, curiosamente, os maiores teores de nitrogênio foram determinados nas folhas do eucalipto consorciado, seguido das amostras de pseudosamanea coletadas também no consórcio e dos plantios solteiros de eucalipto, pseudosamanea e acácia. A maior concentração de nutrientes nas folhas de eucalipto pode ter ocorrido em razão desta espécie ser menos eficiente em redirecionar o nitrogênio das folhas senescentes já que estas se apresentavam esverdeadas em contraste com as folhas amareladas das demais espécies.

Os teores de nutrientes determinados nas amostras no decorrer do tempo em que as mesmas foram expostas à decomposição *in situ*, variou bastante entre tratamentos, épocas e amostras. De um modo geral não houve queda pronunciada nos teores de N, P,

Ca e Mg e queda de K nas estruturas remanescentes até 120 dias após a queda das folhas.

Tabela 3: Teores de nitrogênio total (g. kg^{-1}) nas folhas recém coletadas (tempo 0) e no decorrer do processo de decomposição *in situ* das amostras. Cada valor corresponde a uma média de 3 observações por tratamento em cada época de coleta (CV = 228,62%).

Tratamento	Época de coleta (dias)						
	0	15	30	45	60	90	120
	----- % N _{total} -----						
<i>P. guachapele</i> (C)	2,496	2,567	1,523	1,129	1,146	2,615	2,751
<i>P. guachapele</i> (S)	1,375	1,471	1,270	2,838	3,038	1,573	1,286
<i>A. mangium</i>	1,261	3,047	3,282	1,580	1,630	1,590	2,931
<i>E. grandis</i> (C)	3,168	1,687	1,551	1,563	2,879	3,121	1,699
<i>E. grandis</i> (S)	1,975	0,169	1,658	3,146	1,718	0,939	1,174

onde (C) indica a espécie no consórcio e; (S), no plantio solteiro.

Tabela 4: Teores de fósforo (g. kg^{-1}) nas folhas recém coletadas (tempo 0) e no decorrer do processo de decomposição *in situ* das amostras. Cada valor corresponde a uma média de 3 observações por tratamento em cada época de coleta (CV = 443,79%).

Tratamento	Época de coleta (dias)						
	0	15	30	45	60	90	120
	----- % P -----						
<i>P. guachapele</i> (C)	0,084	0,088	0,021	0,084	0,068	0,105	0,112
<i>P. guachapele</i> (S)	0,013	0,059	0,051	0,109	0,110	0,019	0,051
<i>A. mangium</i>	0,050	0,117	0,117	0,022	0,063	0,051	0,108
<i>E. grandis</i> (C)	0,120	0,025	0,068	0,07	0,095	0,108	0,027
<i>E. grandis</i> (S)	0,054	0,044	0,074	0,102	0,029	0,044	0,058

onde (C) indica a espécie no consórcio e; (S), no plantio solteiro.

Tabela 5: Teores de potássio (g. kg^{-1}) nas folhas recém coletadas (tempo 0) e no decorrer do processo de decomposição *in situ* das amostras. Cada valor corresponde a uma média de 3 observações por tratamento em cada época de coleta (CV = 443,93%).

Tratamento	Época de coleta (dias)						
	0	15	30	45	60	90	120
	----- % K -----						
<i>P. guachapele</i> (C)	0,550	0,600	0,600	0,504	0,546	0,224	0,186
<i>P. guachapele</i> (S)	0,116	0,146	0,144	0,149	0,170	0,112	0,123
<i>A. mangium</i>	0,098	0,169	0,179	0,112	0,144	0,153	0,109
<i>E. grandis</i> (C)	0,142	0,086	0,130	0,136	0,114	0,153	0,109
<i>E. grandis</i> (S)	0,127	0,103	0,146	0,120	0,081	0,102	0,078

onde (C) indica a espécie no consórcio e; (S), no plantio solteiro.

Tabela 6: Teores de cálcio (g. kg^{-1}) nas folhas recém coletadas (tempo 0) e no decorrer do processo de decomposição *in situ* das amostras. Cada valor corresponde a uma média de 3 observações por tratamento em cada época de coleta ($\text{CV} = 445,10\%$).

Tratamento	Época de coleta (dias)						
	0	15	30	45	60	90	120
	----- % Ca -----						
<i>P. guachapele</i> (C)	1,427	1,388	0,929	0,779	0,745	1,496	1,605
<i>P. guachapele</i> (S)	1,273	0,895	0,881	1,524	1,705	1,260	0,957
<i>A. mangium</i>	0,825	1,783	1,727	1,138	0,909	0,891	1,618
<i>E. grandis</i> (C)	1,979	1,149	1,071	0,831	0,634	2,057	1,283
<i>E. grandis</i> (S)	0,841	0,919	0,921	1,068	1,458	1,014	0,885

onde (C) indica a espécie no consórcio e; (S), no plantio solteiro.

Tabela 7: Teores de magnésio (g. kg^{-1}) nas folhas recém coletadas (tempo 0) e no decorrer do processo de decomposição *in situ* das amostras. Cada valor corresponde a uma média de 3 observações por tratamento em cada época de coleta (444,00 %).

Tratamento	Época de coleta (dias)						
	0	15	30	45	60	90	120
	----- % Mg -----						
<i>P. guachapele</i> (C)	0,509	0,447	0,232	0,260	0,259	0,274	0,308
<i>P. guachapele</i> (S)	0,160	0,232	0,199	0,215	0,277	0,159	0,202
<i>A. mangium</i>	0,185	0,253	0,262	0,172	0,200	0,179	0,227
<i>E. grandis</i> (C)	1,081	0,209	0,208	0,172	0,206	0,277	0,150
<i>E. grandis</i> (S)	0,191	0,158	0,120	0,251	0,176	0,178	0,137

onde (C) indica a espécie no consórcio e; (S), no plantio solteiro.

De um modo geral, para todos os tratamentos e/ou épocas de coleta estudados, não houve diferenças significativas entre os dados obtidos, o que pode ser explicado pelo alto valor do coeficiente de variação calculado em todas as análises (Tabelas 3 a 7), cujos resultados podem ser atribuídos à não normalidade dos dados e à heterocedasticidade de variâncias, ocorrido em função de possíveis imprecisões no método, à variabilidade dos sítios onde os colares foram depositados ou ao livre acesso, às amostras, da fauna edáfica.

3.2. Marcha de decomposição das amostras – liberação de nutrientes.

Com base no que foi exposto no parágrafo anterior e de acordo com os resultados expostos na Figura 9 e nas Tabelas 3 a 7, foi possível plotar o processo de mineralização dos nutrientes (N, P, K, Ca e Mg) presentes nas folhas (Figuras 10 a 14).

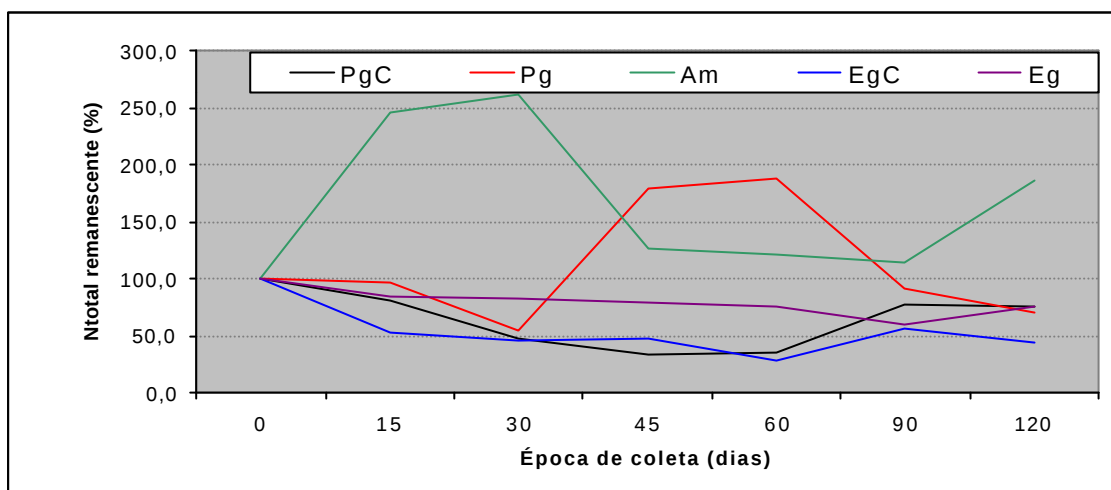


Figura 10: Dinâmica de liberação do N_{total} presente nas folhas em decomposição nos plantios solteiros de *P. guachapele*, *E. grandis*, *A. mangium* e no consórcio das duas primeiras espécies, de outubro / 98 a janeiro / 99. PgC: pseudosamanea no consórcio; Pg: pseudosamanea na monocultura; Am: acácia; EgC: eucalipto no consórcio e; Eg: monocultura de eucalipto.

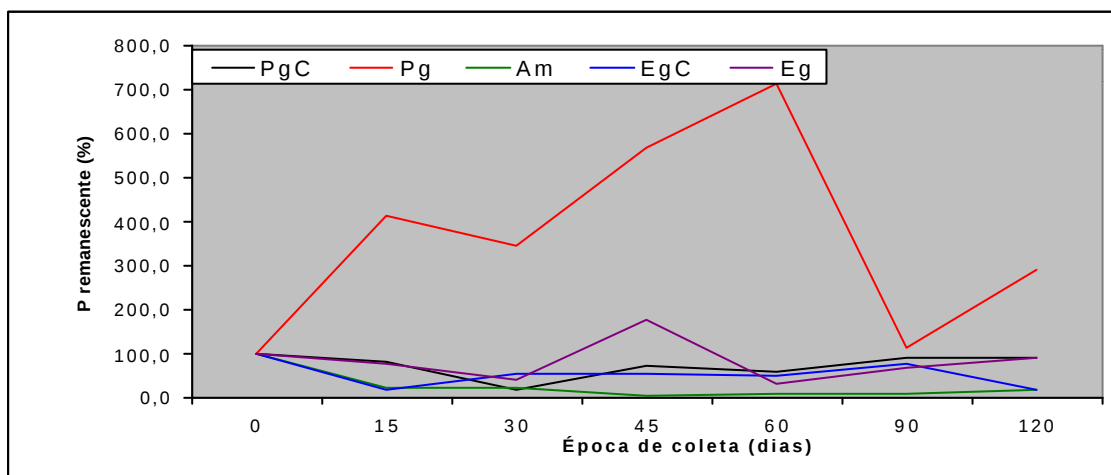


Figura 11: Dinâmica de liberação do fósforo presente nas folhas expostas à processos de decomposição nos plantios solteiros de *P. guachapele*, *E. grandis*, *A. mangium* e no consórcio 1:1 das duas primeiras espécies, no período de outubro / 98 a janeiro / 99. PgC: pseudosamanea no consórcio; Pg: pseudosamanea na monocultura; Am: acácia; EgC: eucalipto no consórcio e; Eg: monocultura de eucalipto.

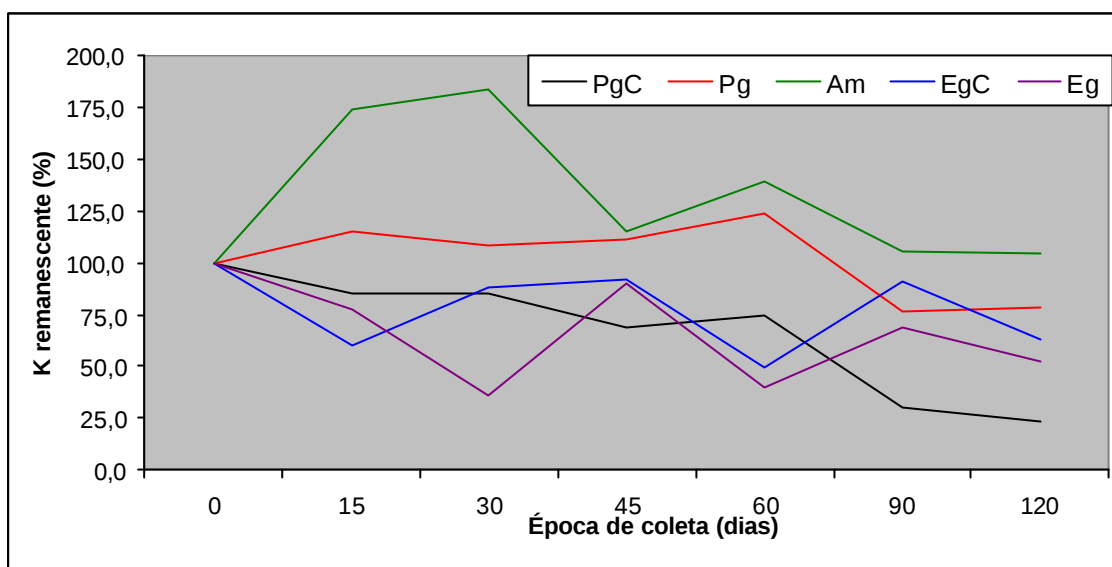


Figura 12: Dinâmica de liberação do potássio presente nas folhas expostas à processos de decomposição nos plantios solteiros de *P. guachapele*, *E. grandis*, *A. mangium* e no consórcio 1:1 das duas primeiras espécies, no período de outubro / 98 a janeiro / 99. PgC: pseudosamanea no consórcio; Pg: pseudosamanea na monocultura; Am: acácia; EgC: eucalipto no consórcio e; Eg: monocultura de eucalipto.

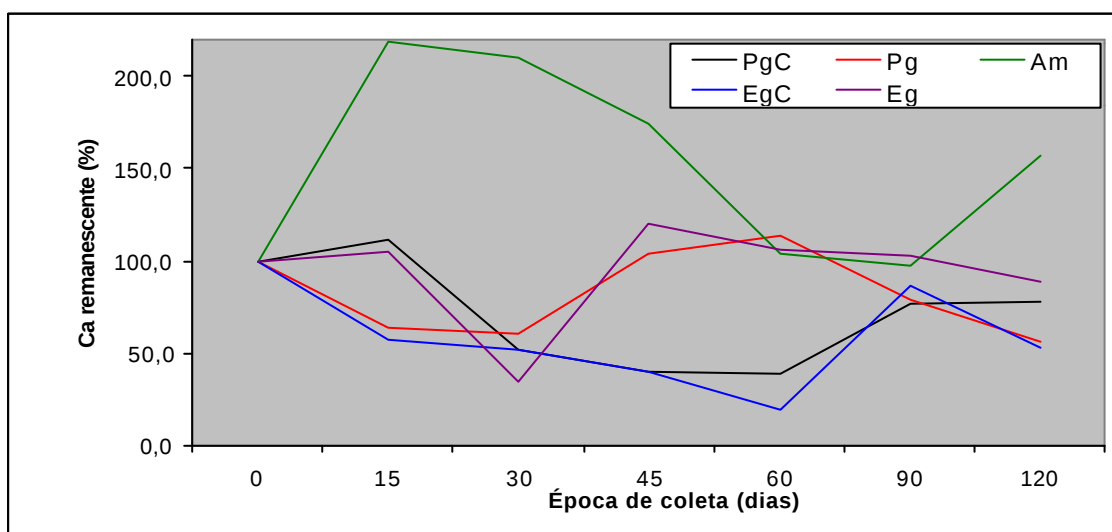


Figura 13: Dinâmica de liberação do cálcio presente nas folhas expostas à processos de decomposição nos plantios solteiros de *P. guachapele*, *E. grandis*, *A. mangium* e no consórcio 1:1 das duas primeiras espécies, no período de outubro / 98 a janeiro / 99. PgC: pseudosamanea no consórcio; Pg: pseudosamanea na monocultura; Am: acácia; EgC: eucalipto no consórcio e; Eg: monocultura de eucalipto.

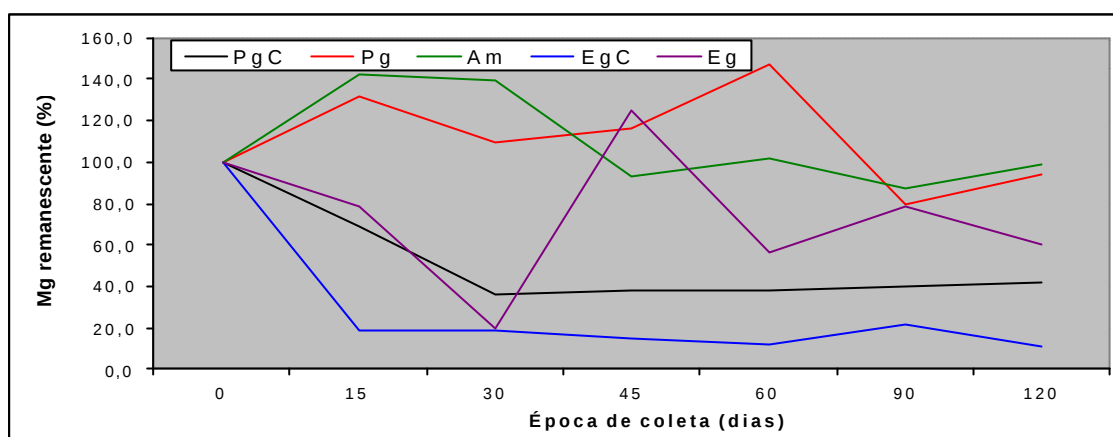


Figura 14: Dinâmica de liberação do magnésio presente nas folhas expostas à processos de decomposição nos plantios solteiros de *P. guachapele*, *E. grandis*, *A. mangium* e no consórcio 1:1 das duas primeiras espécies, no período de outubro / 98 a janeiro / 99. PgC: pseudosamanea no consórcio; Pg: pseudosamanea na monocultura; Am: acácia; EgC: eucalipto no consórcio e; Eg: monocultura de eucalipto.

A liberação dos nutrientes presentes em estruturas sujeitas à decomposição está diretamente ligada à qualidade destas estruturas (LUPWAYI & HAQUE, 1998).

Nas folhas em decomposição da pseudosamanea no consórcio, houve liberação de 50% do conteúdo inicial de N, P, K, Ca e Mg aproximadamente aos 30, 25, 75, 40 e 25 dias, respectivamente, o mesmo não ocorrendo nas amostras de pseudosamanea do plantio solteiro, em nenhum momento do experimento e para nenhum dos nutrientes examinados.

Para os nutrientes contidos nas folhas de acácia, foram observadas, em especial, a mineralização rápida de fósforo, correspondendo à liberação de aproximadamente 50% de seu conteúdo inicial nos primeiros 15 dias de experimentação e o aumento da quantidade remanescente de todos os demais nutrientes, ratificando resultados obtidos por ANDRADE (1997), avaliando a decomposição de folhas desta espécie, incubadas em "litterbags" e colocadas sobre a manta orgânica já existente nos locais estudados.

Para as folhas de eucalipto no consórcio e no plantio solteiro, a liberação de 50% da quantidade inicial de P, K, Ca e Mg se deu aproximadamente aos 15 e 30 dias, 60 e 30, 40 e 30 e, 10 e 25 dias após o início do experimento, respectivamente. Quanto ao nitrogênio total, foi observada somente a liberação, nesses níveis, aos 25 dias após o início do experimento, no consórcio.

Quanto à dinâmica de liberação de nutrientes, resultados obtidos por TIAN *et al* (1992) (*Acioa barteri*), CONSTANTINIDES & FOWNES (1993) (*Calliandra*

calothyrsus, *Inga edulis*, *Cassia siamea* e *Sesbania sesban*), KEENAN *et al.* (1996) (*Thuja plicata*) e LUPWAYI & HAQUE (1998) (*Sesbania sesban* e *Leucaena leucocephala*), mostraram que ocorreu imobilização de nutrientes, especialmente nitrogênio em amostras de folhas em decomposição dessas espécies. THOMAS & ASAKAWA (1993) reportaram ainda a imobilização de cálcio e magnésio durante a decomposição de amostras de folhas de espécies leguminosas. Esses autores concluíram que as espécies de leguminosas são eficientes fontes de nitrogênio, potássio e magnésio porém, pobres em fósforo e cálcio.

No presente trabalho, as amostras de pseudosamanea do consórcio constituíram-se em uma fonte importante de nitrogênio (disponibilização de 80% de seu conteúdo inicial em até 45 dias após início do experimento), potássio (75% em até 90 dias), cálcio (60% em 60 dias) e magnésio (60% em 30 dias) e as amostras de folhas de acácia mostraram-se como importante fonte de fósforo (80% em 15 dias) para o solo. Ressalta-se ainda a contribuição de nitrogênio e magnésio, via folhas do eucalipto no consórcio (85 e 80% em até 60 dias), mostrando clara diferença no padrão de liberação de nutrientes quando comparadas às amostras desta mesma espécie na monocultura. De uma certa forma, estes resultados mostram o efeito benéfico da presença da leguminosa no plantio misto para o eucalipto.

Apesar desses resultados, devido à natureza variável da dinâmica de mineralização de cada um dos nutrientes estudados, não foi possível calcular uma curva padrão para resumir o padrão de mineralização dos nutrientes. Este comportamento, também observado SWIFT & ANDERSON (1989) pode ser explicado pela utilização de folhas frescas durante o experimento, pelo comportamento recalitrante de alguns nutrientes, principalmente os pouco móveis na planta (Ca) e, também, pelo baixo número de repetições proposto e pelo curto tempo de incubação das amostras neste experimento, devendo, com isso, ser repetido no futuro. Além disto, segundo esses mesmos autores, o aumento inicial da concentração de alguns nutrientes poderia ter ocorrido em função de uma rápida degradação de compostos mais solúveis utilizados como fonte de carbono pela microbiota decompositora (carboidratos) provocando, com isto, a imobilização de nutrientes ligados à estruturas vegetais mais resistentes à decomposição (ligninas e polifenóis).

4. CONCLUSÕES

1. A decomposição das folhas, em termos de perda de massa, de pseudosamanea foi mais acelerada que as de acácia e de eucalipto. As amostras em decomposição no plantio consorciado mostraram maior velocidade de decomposição que seus pares nas monoculturas e;
2. Quanto à liberação de nutrientes para o solo, as folhas em decomposição de pseudosamanea apresentaram mineralização mais acelerada que as amostras de eucalipto e acácia, com exceção, nesta última, quanto à mineralização de P.

5. CONCLUSÕES GERAIS

1. *Pseudosamanea guachapele* mostrou melhor potencial para o enriquecimento e recuperação de solos com baixa fertilidade natural e/ou degradados e plantios em consórcio do que *Acacia mangium*, já que possui uma serapilheira de melhor qualidade e de mais rápida decomposição que as demais espécies testadas;
2. O *Eucalyptus grandis* em consórcio com a *pseudosamanea* apresentou folhas senescentes mais ricas em nitrogênio que no plantio solteiro;
3. A *Acacia mangium* apresentou grande acumulação de serapilheira, rica em nutrientes mas de baixa decomposição e liberação destes, mostrando-se apropriada para plantios em rotação de cultura.

6. BIBLIOGRAFIA

- ANDRADE, A. G. Ciclagem de nutrientes e arquitetura radicular de leguminosas arbóreas de interesse para a revegetação de solos degradados e estabilização de encostas. UFRRJ. Seropédica, RJ. 170p. 1997. (**Tese de Mestrado**).
- BEARE, M. H.; PARMELEE, R. W.; HENDRIX, P. F. & GHENG, W. Microbial and faunal interactions and effects on litter nitrogen and decomposition agroecosystems. **Ecological Monographs**, 62(4): 569-591. 1992.
- BRASIL, F.; MACEDO, R.; TARRÉ, R.; FERREIRA, E.; RESENDE, A. S.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. Efeito da liteira da leguminosa na decomposição da liteira de *Panicum maximum* e na liberação de N, P e K para o solo. In.: **FertBIO'98**. Caxambu, MG. Resumos. pp.: 742. 1998.
- CONSTANTINIDES, M. & FOWNES, J. H. Nitrogen mineralization from leaves and litter of tropical plants: relationship to nitrogen, lignin and soluble polyphenol concentrations. **Soil Biol. Biochem.**, 26(1): 49-55. 1994.
- CORREIA, M. E. F.; COSTA, G. S.; ANDRADE, A. G. & FARIA, S. M. Effects of two nitrogen-fixing legume species on soil macrofauna communities. In.: **International Symposium on Sustainable Agriculture for the Tropics – The role of Biological Nitrogen Fixation**. Angra dos Reis, RJ. pp.: 76-77. 1995.
- DELLA BRUNA, E.; BORGES, A. C.; FERNANDES, B.; BARROS, N. F. & MUCHOVEJ, R. M. C. Atividade da microbiota de solos adicionados de serapilheira de eucalipto e de nutrientes. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 15: 15-20. Campinas. 1991.

- ESPÍNDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; TEIXEIRA, M. G.; URQUIAGA, S. & PERIN, A. Decomposição in situ da parte aérea de algumas leguminosas perenes usadas como cobertura viva de solo. In.: **FertBIO'98**. Caxambu, MG. Resumos. pp.: 110. 1998.
- FERREIRA, E.; RESENDE, C. P.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. & ALVES, B. J. R. Decomposição da liteira de diferentes espécies forrageiras avaliadas no campo em diversas condições climáticas. In.: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**, 26. SB-CS, Rio de Janeiro, RJ. CD-ROM. 1997.
- FIALHO, J. F.; BORGES, A. C. & BARROS, N. F. Cobertura vegetal e as características químicas e físicas e atividade da microbiota de um latossolo vermelho-amarelo distrófico. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 15: 21-28. Campinas. 1991.
- GAMA-RODRIGUES, A. C. & BARROS, N. F. de Decomposição e mineralização do folheto de espécies florestais nativas em plantios puros e misto no sudeste da Bahia. In.: **FertBIO'98**. Caxambu, MG. Resumos. pp.: 70. 1998.
- GARAY, I. Relations entre l'hétérogénéité des litières et l'organisation des peuplements d'arthropodes édaphiques. École Normale Supérieure, Laboratoire de Zoologie, N° 35. **PhD Thèse**. 192pp. 1989.
- HAMMEL, K. E. Fungal degradation of lignin. In.: CADISCH, G. & GILLER, K.E. **Driven by Nature: Plant Litter Quality and Decomposition** CAB INTERNATIONAL. pp: 33-46. 1997.
- HAUER, M.; WISNIEWSKI, C.; MEDRADO, M. J. S. & RACHWAHL, M. F. G. Avaliação da decomposição de espécies lenhosas para implantação de sistemas agroflorestais (Alley cropping) em Morretes-PR. In.: **FertBIO'98**. Caxambu, MG. Resumos. pp.: 571. 1998.
- HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. & SWIFT, M. J. Plant litter quality and decomposition: an historical overview. In.: CADISCH, G. & GILLER, K.E. **Driven by Nature: Plant Litter Quality and Decomposition** CAB INTERNATIONAL. pp: 3-30. 1997.
- HÖFER, H.; MARTIUS, C. & BECK, L. Decomposition in an Amazonian rain forest after experimental litter addition in small plots. **Pedobiologia**, 40: 570-576. 1996.

- IBRAHIMA, A.; JOFFRE, R. & GILLON, D. Changes in litter during the initial leaching phase: an experimental on the leaf litter of Mediterranean species. **Soil Biol. Biochem.**, 27(7): 931-939. 1995.
- JINGGUO, W. & AKKEN, L. R. Competition for nitrogen during decomposition of plant residues in soil: effect of spatial placement of N-rich and N-poor plant residues. **Soil Biol. Biochem.**, 29(2): 153-162. 1997.
- KEENAN, R. J.; PRESCOTT, C. E.; KIMMINS, J. P.; PASTOR, J. & DEWEY, B. Litter decomposition in western red cedar and western hemlock forests on northern Vancouver Island, British Columbia. **Can. J. Bot.**, 74(10): 1626-1634. 1996.
- LANDSBERG, J. J. & GOWER, S. T. **Applications of Physiological Ecology to Forest Management**. Academic Press. 354 pp. 1997.
- LUPWAYI, N. Z. & HAQUE, I. Mineralization of N, P, K, Ca and Mg from *Sesbania* and *Leucaena* leaves varying in chemical composition. **Soil Biol. Biochem.**, 30(3): 337-343. 1998.
- MASON, C.F. **Decomposição**. São Paulo: EPU/EDUSP. Temas de Biologia, V.18, 63 p. 1980.
- MELILLO, J. M.; ABER, J. D.; LINKINS, A. E.; RICCA, A.; FRY, B. & NADELHOFFER, K.J. Carbon and nitrogen dynamics along the decay continuum: plant litter to soil organic matter. **Plant and Soil**, 115: 189-198. 1989.
- MORELLATO, L. P. C. Nutrient cycling in two south-east Brazilian forests. I. litterfall and litter standing crop. **Journal of Tropical Ecology**, 8: 205-215. 1992.
- OLIVEIRA, E. P. Monitoramento da mesofauna do solo para avaliação de áreas recuperadas com árvores nativas na Mineração Rio do Norte. In: **Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas**, 3. Ouro Preto, MG. pp.: 215-222. 1997.
- PAUL, E. A. & CLARK, F. E. Dynamics of decomposition and turnover. In: **Soil Microbiology and Biochemistry**. 237 pp. 1987.

- QUESADA, D. M.; XAVIER, R. P.; RESENDE, A.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M.; GUERRA, J. G. M. & URQUIAGA, S. Produção de fitomassa, cobertura do solo e decomposição de resíduos de leguminosas utilizadas como adubos verde em consórcio com cana-de-açúcar. . In.: **FertBIO'98**. Caxambu, MG. Resumos. pp.: 517. 1998.
- REZENDE, C. P.; CANTARUTTI, R. B.; BRAGA, J. M.; GOMIDE, J. A.; PEREIRA, J. M.; FERREIRA, E.; TARRÉ, R.; MACEDO, R.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; CADISCH, G.; GILLER, K. E. & BODDEY, R. M. Litter deposition and disappearance in *Brachiaria* pastures in the Atalntic forest region on the South of Bahia, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, 54(2): 99-112. 1998.
- REZENDE, J. L. P.; GARCIA, Q. S.; SCOTTI, M. R. & LEITÃO, M. M. Decomposição de folhas de *Dalbergia nigra* e *Eucalyptus grandis* incubadas em terra de mata e de eucaliptal. In.: **SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS**, 3 TRABALHOS Voluntários. UFV – MG. p: 136-143. 1997.
- SIQUEIRA, J. O. & FRANCO, A. A. **Biotecnologia do Solo: Fundamentos e perspectivas**. Brasília: MEC – ABEAS – ESAL – FAEPE. 235p. 1988.
- SWIFT, M. J.; HEAL, O. W. & ANDERSON, J. M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Univ. of California Press, Berkeley and Los Angeles. 1979.
- SWIFT, M. J. & ANDERSON, J. M. Decomposition. In.: LIETH, H. S. & WEGER, M. J. A. **Ecosystems of the world - Tropical Rain Forest Ecosystems**. Elsevier Ed. 713 p.
- TAYLOR, B. R. Air-drying depresses rates of leaf litter decomposition. **Soil Biol. Biochem**, 30(3): 403-412. 1998.
- THOMAS, R. J. & ASAKAWA, N. M. Decomposition of leaf litter from tropical forest grasses and legumes. **Soil Biol. Biochem**, 25: 1351-1361. 1993.
- TIAN, G.; BRUSSAARD, L.; KANG, B. T. & SWIFT, M. J. Soil fauna-mediated decomposition of plant residues under constrained environmental and residue quality conditions. In.: CADISCH, G. & GILLER, K.E. **Driven by Nature: Plant Litter Quality and Decomposition**. CAB INTERNATIONAL. pp: 125-134. 1997.

- TIAN, G.; KANG, B. T. & BRUSSAARD, L. Biological effects of plant residues with contrasting chemical compositions under humid tropical conditions-decomposition and nutrient release. **Soil Biol. Biochem.**, 24(10): 1051-1060. 1992.
- TOKY, O. P. & SINGH, V. Litter dynamics in short-rotation high density tree plantations in an arid region of India. **Agric., Ecosyst. Environ.**, 45: 129-145. 1993.
- UGUEN, K.; REVERSAT, F.; LUIZÃO, F.; PEREIRA, J. & SCHROTH, G. Litter nutrient dynamics in an agroforestry system with perennial cover crops. In.: **FertBIO'98**. Caxambu, MG. Resumos. pp.: 335. 1998.
- VELDKAMP, E. Organic carbon turnover in three tropical soils under pasture after deforestation. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 58:175-180. 1994.
- VOGT, K. A.; GRIER, C. C.; MEIRE, C. E. & EDMONDS, R. L. Mycorrhizal role in net primary production and nutrient cycling in *Abies amabilis* ecosystems in western Washington. **Ecology**, 63: 370-380. 1982.
- WACHENDORF, C.; IRMLER, U. & BLUME, H.-P. Relationships between litter fauna and chemical changes of litter during decomposition under different moisture conditions. In.: CADISCH, G. & GILLER, K.E. **Driven by Nature: Plant Litter Quality and Decomposition**. CAB INTERNATIONAL. pp: 135-144. 1997.
- WARDLE, D. A. & LAVELLE, P. Linkages between soil biota, plant litter quality and decomposition. In.: CADISCH, G. & GILLER, K.E. **Driven by Nature: Plant Litter Quality and Decomposition**. CAB INTERNATIONAL. pp: 107-124. 1997.