

HELGA DIAS ARATO

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E DECOMPOSIÇÃO DE  
FOLHAS DE ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS DA MATA  
ATLÂNTICA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2006

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

A663c  
2006

Arato, Helga Dias, 1980-

Caracterização química e decomposição de folhas de  
espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica / Helga  
Dias Arato. – Viçosa : UFV, 2006.  
x, 84f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: Luiz Eduardo Dias.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de  
Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. Recuperação de terra. 2. Revegetação.  
3. Serapilheira. 4. Folhas - Biodegradação. 5. Húmus.  
6. Solos - Conservação. I. Universidade Federal de Viçosa.  
II. Título.

CDD 22.ed. 631.64

HELGA DIAS ARATO

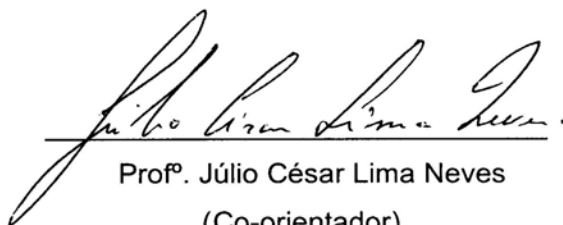
**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E DECOMPOSIÇÃO DE  
FOLHAS DE ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS DA MATA  
ATLÂNTICA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 11 de outubro de 2006.



Prof.º Nairam Félix de Barros  
(Co-orientador)



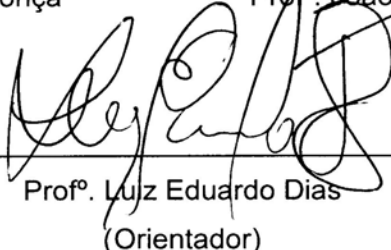
Prof.º Júlio César Lima Neves  
(Co-orientador)



Prof.º Eduardo de Sá Mendonça



Prof.º João Augusto Alves Meira Neto



Prof.º Luiz Eduardo Dias  
(Orientador)

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, por tudo,

Ao professor Luiz Eduardo Dias, pela orientação, incentivo e amizade,

Às estagiárias Liana Notari e Maíra Aguiar pela grande ajuda nos trabalhos de campo e laboratório,

À Igor Assis pela ajuda nos trabalhos de campo,

Aos meus amigos que me acompanharam e aos que ainda me acompanham, em especial Sílvia Ferrari, Tathiane Sarcinelli e Juliana Santedicola Andrade,

Ao meu companheiro pelo amor e incentivo constantes,

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa em nível de Mestrado,

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), em especial ao Departamento de Solos, pela oportunidade para realização do curso,

Aos funcionários do setor de Dendrologia do Departamento de Engenharia Florestal e da Mata do Paraíso que auxiliaram nas coletas de campo,

Aos professores do Departamento de Solos – DPS, pelos ensinamentos transmitidos,

A todos os funcionários do Departamento de Solos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho,

E a outros que, de alguma forma, participaram e contribuíram para a elaboração deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

Helga Dias Arato, filha de Yára Lauriano Dias Arato e Adyles Arato Júnior, nasceu em Ilha Solteira – SP, no dia 29 de dezembro de 1980.

Em 1999 iniciou o curso de graduação em Engenharia Florestal na Universidade Federal de Viçosa – UFV, MG, graduando-se em julho de 2004.

Em agosto de 2004 iniciou o curso de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas, na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

## SUMÁRIO

	Página
RESUMO .....	vi
ABSTRACT.....	ix
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
ÁREA DE ESTUDO.....	3
LITERATURA CITADA.....	6

### **CAPÍTULO 1 - Caracterização química do material foliar de algumas espécies arbóreas da Mata Atlântica, com potencial para utilização em programas de recuperação ambiental**

Introdução .....	7
Materiais e Métodos .....	9
<i>Coleta das amostras foliares</i> .....	10
<i>Análises químicas</i> .....	12
<i>Análises estatísticas</i> .....	13
Resultados e Discussão .....	13
Primeira amostragem.....	13
<i>Teores foliares de Carbono, Nitrogênio, Lignina e Celulose</i> .....	13
<i>Teores foliares de cálcio, magnésio, potássio, fósforo e enxofre</i> .....	16
Segunda amostragem.....	19
<i>Teores foliares de Carbono e Nitrogênio</i> .....	19
<i>Teores foliares de cálcio, magnésio, potássio, fósforo e enxofre</i> .....	22
Conclusões.....	25
Literaturas Citadas .....	25

### **CAPÍTULO 2 - Decomposição e liberação de nutrientes do material foliar de espécies arbóreas da Mata Atlântica com potencial para utilização em programas de recuperação ambiental**

Introdução .....	27
Materiais e Métodos .....	29
<i>Ensaio em casa de vegetação</i> .....	29

<i>Ensaio no campo</i> .....	31
<i>Respirometria</i> .....	33
<i>Análise dos resultados</i> .....	34
Resultados e Discussão .....	36
<i>Decomposição dos materiais em Casa de Vegetação</i> .....	36
<i>Carbono, Nitrogênio, Fósforo, Enxofre, Cálcio, Magnésio, Potássio e Relações C/N e C/P</i> .....	43
<i>Decomposição dos materiais no Campo</i> .....	57
<i>Carbono, Nitrogênio, Fósforo, Enxofre, Cálcio, Magnésio, Potássio e Relações C/N e C/P</i> .....	68
Conclusões.....	80
Literaturas Citadas .....	81

## RESUMO

ARATO, Helga Dias. M.Sc. Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2006.  
**Caracterização química e decomposição de folhas de espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica.** Orientador: Luiz Eduardo Dias. Co-orientadores: Nairan Félix de Barros e Julio César Lima Neves.

Em ambientes degradados a ciclagem biogeoquímica promovida pela serapilheira é de fundamental importância para o estabelecimento e manutenção de uma comunidade vegetal e animal na área. Estudar o potencial de retorno dos nutrientes por meio do folheto de espécies aptas a serem utilizadas em programas de revegetação é essencial para o entendimento do processo de ciclagem de nutrientes nestas áreas, e sua sustentabilidade. Materiais que apresentam rápida decomposição atuam diretamente como fonte de nutrientes e energia para a biota, enquanto aqueles materiais mais recalcitrantes permanecem sobre o solo, conferindo-lhe proteção física. A velocidade de decomposição dos materiais vegetais, em geral, se correlaciona negativamente com os teores de lignina, celulose e as relações lignina/nitrogênio (Lig/N), carbono/nitrogênio (C/N) e carbono/fósforo (C/P), e positivamente com os teores de nitrogênio (N) e fósforo (P). Desta forma, trabalhando com a hipótese de que a cinética de decomposição e liberação de nutrientes de folhas das espécies é função de sua composição química e das condições ambientais, este estudo teve como objetivo caracterizar quimicamente as folhas de 10 espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica na região de Viçosa – MG; avaliar a decomposição das folhas destas espécies em condições de campo e em casa de vegetação, relacionando-a com a composição química das folhas e avaliar o potencial de liberação de nutrientes destas folhas. A caracterização química consistiu da determinação dos teores de carbono (C), nitrogênio (N), lignina, celulose, fósforo (P), enxofre (S), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K) das folhas de 10 espécies. Estas espécies foram, então, classificadas em três grupos de acordo com a velocidade de decomposição prevista (rápida, intermediária e lenta) de seus materiais foliares, com base nos teores de C, N, lignina e celulose, e relações C/N e Lig/N. Esta classificação foi relativa entre as espécies estudadas, considerando de forma conjunta os fatores citados, sendo quatro espécies classificadas no grupo de rápida decomposição (*Senna macranthera*, *Trema micrantha*, *Bauhinia forficata*, *Croton floribundus*), três no grupo das intermediárias (*Cassia ferruginea*, *Zeyheria tuberculosa* e *Luehea grandiflora*) e

três de decomposição lenta (*Aegiphila sellowiana*, *Schinus terebenthifolius* e *Mabea fistulifera*). Foi feita uma nova caracterização química com os materiais das espécies selecionadas coletados para os ensaios de decomposição. Nos ensaios de decomposição foram utilizados 18 “litter bags” contendo folhas frescas, para cada espécie em cada ambiente. Os “litter bags” foram colocados em vasos com solo de uma mata secundária em casa de vegetação, e diretamente no solo de uma mata secundária, sendo retirados três de cada espécie e ambiente a cada 30 dias durante seis meses, para serem pesados e analisados quanto aos teores de C, N, P, S, K, Ca e Mg dos materiais vegetais. Os teores de C, N, S, Ca e Mg, bem como as relações C/N das folhas das diferentes espécies apresentaram variações significativas entre as duas caracterizações. Já os de K mantiveram-se semelhantes e os teores de P apresentaram aumentos significativos. As variações observadas provavelmente se devem ao estágio de maturação dos materiais vegetais coletados, aos ambientes de coleta destes materiais, à variabilidade genética entre os indivíduos da mesma espécie (fragmentos florestais distintos) e à época de coleta (estação do ano). A decomposição acumulada dos materiais foliares em casa de vegetação e no campo variou com a espécie, com sua composição química e com o ambiente. No ensaio em casa de vegetação formaram-se apenas dois grupos, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. As folhas de *A. sellowiana*, *S. terebenthifolius* e *B. forficata* apresentaram velocidade de decomposição rápida. Os materiais foliares das demais espécies (*T. micrantha*, *S. macranthera*, *M. fistulifera*, *C. floribundus*, *Z. tuberculosa*, *C. ferruginea* e *L. grandiflora*) apresentaram decomposição intermediária. No ensaio de campo, as espécies foram alocadas em três grupos. As espécies cujos materiais foliares apresentaram rápida decomposição foram *M. fistulifera*, *B. forficata*, *Z. tuberculosa*, *C. ferruginea*, *S. macranthera* e *S. terebenthifolius*. As folhas do *C. floribundus* apresentaram decomposição intermediária e as das demais espécies apresentaram decomposição lenta. As características químicas utilizadas para prever a velocidade de decomposição relativa dos materiais foliares estudados não foram suficientes para explicar o comportamento destes, indicando que características físicas, bem como químicas não determinadas, também influem na decomposição destes materiais. A influência da biota na decomposição dos materiais foliares em campo foi evidenciada pelo aumento observado na sua decomposição em relação aos valores encontrados em casa de vegetação. A liberação de nutrientes dos materiais vegetais das espécies variou em função das condições ambientais, sendo mais efetiva em condições de campo, devido à ação da biota mais diversa. No ensaio de casa de vegetação, o

período de decomposição dos materiais vegetais possibilitou significativa mineralização de K, Mg, Ca e P para a totalidade das espécies e de S para a maioria destas. Já no ensaio de campo, houve ocorrência de liberação de K, Mg, Ca, P e S para todos os materiais vegetais. Para o material foliar das espécies estudadas, o S seria o nutriente mais limitante do processo de decomposição.

## ABSTRACT

ARATO, Helga Dias. M.Sc. Universidade Federal de Viçosa, october, 2006. **Leaves chemical characterization and decomposition in native tree species from Mata Atlântica**. Adviser: Luiz Eduardo Dias. Co-Advisers: Nairam Félix de Barros and Julio César Lima Neves.

In degraded environments biogeochemical cycle following litter decomposition is very important to maintain plant and animal communities. To study the nutrients release coming from leaves of cycling species potentially useful in revegetation programs is fundamental to know the nutrients cycling process, and its sustainability. Organic materials with fast decomposition are sources of nutrients and energy to biota, while more resistant materials remain on the soil, acting as a physical protection. Rapid decomposition of plant materials, in general, shows negative correlation with lignin and cellulose contents, lignin/nitrogen (lig/N), carbon/nitrogen (C/N) and carbon/phosphorus (C/P) ratios; conversely, shows positive correlation with nitrogen (N) and phosphorus (P) contents. Therefore, it was hypothesized that the kinetic decomposition and nutrients release from leaves is function of its chemical composition and environmental conditions, this study aimed to: characterize chemically leaves from 10 native trees species from Mata Atlântica in Viçosa region, Minas Gerais State; evaluate the leaves decomposition in field and greenhouse conditions, relating it with leaves chemical composition, and; evaluate leaves nutrients release. Chemical characterization was carried by the determination of total carbon (C), nitrogen (N), lignin, cellulose, phosphorus (P), sulfur (S), calcium (Ca), magnesium (Mg) and potassium (K) in the leaves. Species were separated into three groups according to estimated leaves speed decomposition (fast, intermediary, and slow), considering C, N, lignin and cellulose contents and C/N and lig/N ratios. Four species were classified with fast decomposition (*Senna macranthera*, *Trema micrantha*, *Bauhinia forficata*, *Croton floribundus*), three with intermediary (*Cassia ferruginea*, *Zeyheria tuberculosa* e *Luehea grandiflora*), and three with slow decomposition (*Aegiphila sellowiana*, *Schinus terebenthifolius* e *Mabea fistulifera*). Further leaves collection and characterization was performed before the decomposition essay, which was run with 18 litter bags with fresh leaves from each specie and environment (field and greenhouse). In greenhouse, litter bags were inserted in pots with topsoil from a secondary forest, and in field conditions

they were placed over the topsoil of the secondary forest. During six months, materials from three litter bags from each specie and environment were taken each 30 days, weighed and analyzed for C, N, P, S, K, Ca and Mg contents. C, N, S, Ca and Mg contents and C/N ratios values varied significantly among species, while K contents were similar. The observed variations are probably due to different leaves maturation stage, environment and genetic variability among individuals of the same specie (different forest fragments) and collection time (season). The accumulated decomposition of leaves varied according with species, chemical composition and environment. In the greenhouse essay only two groups were formed by Scott-Knott test (5 % of probability): Leaves from *A. sellowiana*, *S. terebenthifolius* e *B. forficata* showed fast decomposition, while leaves from the others species (*T. micrantha*, *S. macranthera*, *M. fistulifera*, *C. floribundus*, *Z. tuberculosa*, *C. ferruginea* e *L. grandiflora*) showed intermediary decomposition. In the field essay, the species formed three groups: fast decomposing material from *M. fistulifera*, *B. forficata*, *Z. tuberculosa*, *C. ferruginea*, *S. macranthera* e *S. terebenthifoliu* intermediary decomposing; from *C. floribundus* intermediary, and slow decomposing materials for the remaining species. The chemical composition of leaves were not the only factor to explain the decomposition rate, suggesting that physical characteristics, or chemical attributes other than those determined, may also affect it. The biotic influence in the decomposition rate was illustrated by the faster speed observed in the field conditions compared with greenhouse conditions. Nutrients release from the leaves varied as a result of the environment, being more effective in field conditions. In the greenhouse experiment the decomposition time was sufficient to enable significant mineralization of K, Ca, Mg and P for all species, and S for most.

## INTRODUÇÃO GERAL

A Zona da Mata de Minas Gerais encontra-se no domínio dos mares de morros, onde as florestas semidecíduas ocorrem em grande parte da área (Veloso *et al.*, 1991). A microrregião de Viçosa esta localizada perifericamente no norte da Zona da Mata e é entrecortada por rios e córregos tributários do Rio Doce (Valverde, 1958; Mariscal - Flores, 1993).

Nos topos de morros e encostas predomina o Latossolo Vermelho-Amarelo álico, enquanto nos terraços a predominância é de Argissolo Vermelho-Amarelo câmbico fase terraço (Rezende *et al.*, 1972; Correa, 1983). O relevo varia de fortemente ondulado a montanhoso (Mariscal-Flores, 1993).

A microrregião de Viçosa e demais municípios da Zona da Mata de Minas Gerais, se caracterizam pela declividade elevada dos terrenos, solos muito intemperizados e de baixa fertilidade. A expansão da cultura cafeeira levou à eliminação das florestas naturais com conseqüente degradação dos solos. A sua substituição por pastagens com baixo nível tecnológico acelerou os processos de degradação dos solos.

Neste contexto, a supressão da vegetação atingiu, inclusive, áreas de preservação permanente como os topos de morros, margens de curso d'água e encostas de elevada declividade, tornando necessários estudos que visem a recuperação destas áreas.

No processo de recuperação de uma área degradada o aporte de matéria orgânica ao solo é de fundamental importância para que haja maior atividade biológica e intensificação do processo de ciclagem de nutrientes, formação de material humificado e melhoria das características físicas do solo. Sendo assim, o potencial de decomposição do material vegetal que aporta ao substrato é importante no sentido de dirigir a dinâmica de incorporação de carbono ao substrato.

Excluindo os fatores ambientais e relativos à fauna de solo, a dinâmica de decomposição do material vegetal é função de sua composição química. Os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), lignina e polifenóis e as relações C/N, C/P, lignina/N e celulose/lignina são importantes características relacionadas com o potencial de decomposição de materiais vegetais. Espécies leguminosas tendem a apresentar velocidade de decomposição maior que espécies não-leguminosas, uma vez que além da relação C/N mais estreita, tendem a apresentar teores de lignina igualmente inferiores

(Constantinides e Fownes, 1994). Este potencial de decomposição tem sido avaliado por meio de diferentes técnicas que por apresentarem aspectos positivos e negativos são passíveis de críticas. No entanto, entre elas destaque especial deve ser dado à técnica de “litter bags” (Albers, et al., 2004), não só pela praticidade como pela eficiência, uma vez que se aproxima do processo natural de decomposição.

A despeito do bom desenvolvimento e do papel ecológico sucessional que algumas espécies exóticas (notadamente as do gênero *Acacia*) possam apresentar, dentro de um modelo local de revegetação de áreas degradadas, algumas espécies nativas possuem características interessantes, que merecem maior atenção. Assim, é importante o estudo de espécies nativas com potencial para recuperação de áreas degradadas, dadas suas vantagens de adaptação às condições ambientais e de interação com os demais elementos do ecossistema regional.

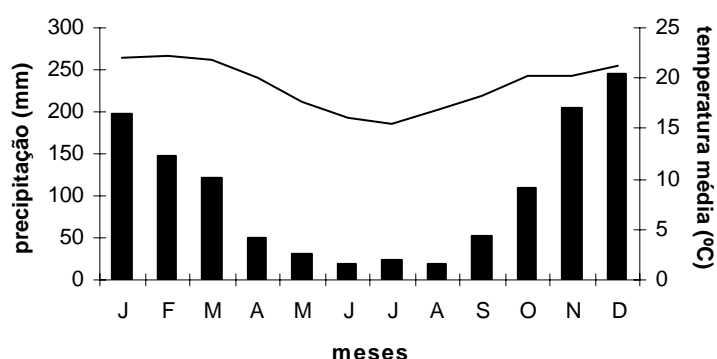
Em estudo prévio baseado em ampla revisão de literatura, foram selecionadas espécies arbóreas da região de Viçosa potenciais para a utilização em programas de recuperação ambiental, através da caracterização destas quanto ao grupo sucessional, as características de solo a que está adaptada, a formação florestal a que pertence, a deciduidade, ao crescimento, à interação com a fauna, a sua utilização (medicinal, mel, madeira, outros), e a resultados de pesquisas realizadas por diversos autores. Dentre estas espécies, 10 foram selecionadas para o presente estudo.

Trabalhando com a hipótese de que a cinética de decomposição e liberação de nutrientes de folhas das espécies é função de sua composição química e das condições ambientais, o presente estudo teve o objetivo de caracterizar o potencial de 10 espécies arbóreas nativas da região de Viçosa - MG, quanto a aspectos relacionados com sua contribuição para recuperação de ambientes degradados. Para tanto, os objetivos norteadores deste trabalho foram: a caracterização química das folhas de 10 espécies arbóreas nativas da região de Viçosa – MG; a avaliação da cinética de decomposição das folhas destas espécies em condições de campo e em ambiente controlado, correlacionando esta característica com a composição química das folhas; a avaliação do potencial de liberação de nutrientes das folhas destas espécies.

## ÁREA DE ESTUDO

Este estudo foi realizado no município de Viçosa, MG. A vegetação da região, incluindo os fragmentos onde foram feitas as coletas e onde foi realizado o ensaio de campo, classifica-se como Floresta Estacional Semidecidual Montana (Veloso et al. 1991).

O clima de Viçosa, segundo a classificação de Köppen, é Cwa – mesotérmico úmido, com verões chuvosos e invernos secos. As temperaturas médias anuais variam de 26,1°C a 14,0°C; a umidade relativa média é elevada em todos os meses, com uma média anual de 80%. A chuva média acumulada no ano é em torno de 1.300 mm. De acordo com o balanço hídrico no município de Viçosa, MG, ocorrem deficiências hídricas de abril a fins de agosto, sendo mais intensas durante os meses mais frios do ano, em setembro inicia-se a estação das chuvas, ocorrendo excedentes hídricos até fins de março (Vianello & Alves, 1991). Portanto, tem-se na região uma marcada estacionalidade climática (Figura 1).



**Figura 1.** Precipitação (colunas) e temperatura médias (linha), ao longo do ano, em Viçosa, Minas Gerais (média de 1961 a 1990). (Extraída de Lopes, 2005).

A coleta do material vegetal utilizado neste estudo foi realizada em dois fragmentos florestais. O primeiro, um arboreto de espécies nativas e exóticas, com intensa regeneração natural, localizado no Setor de Dendrologia do Departamento de Engenharia Florestal da UFV. O segundo, uma reserva florestal da Estação de Pesquisa Treinamento e Educação Ambiental Mata do Paraíso (EPTEAMP) pertencente à UFV e vinculada ao Departamento de Engenharia Florestal. A reserva possui área de aproximadamente 194 ha em bom estado de conservação, embora já tenha sido

utilizada para o plantio de café e tenha sofrido intensa retirada de madeira até o final da década de 60 (Ribon, 2005).

O ensaio realizado em ambiente controlado foi montado em uma Casa de Vegetação pertencente ao Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV), localizada dentro do Campus.

O ensaio de campo foi realizado numa área de meia-encosta em uma propriedade agrícola localizada no município de Viçosa-MG, na latitude 20° 42' 57'' e longitude 42° 52' 02'', com altitude variando de 720 a 732 m. A área possui cerca de 7,0 ha e corresponde a um fragmento florestal em processo sucessional relativamente avançado. Em levantamento florístico realizado neste fragmento foram amostrados 800 indivíduos distribuídos em 83 espécies arbóreas pertencentes a 63 gêneros e 32 famílias botânicas, duas ainda não reconhecidas. Das 30 famílias reconhecidas, aquelas com maior riqueza de espécies foram Leguminosae, com 15 espécies, igualmente distribuídas por suas três subfamílias; Lauraceae, com 10; Myrtaceae, com sete; e Flacourtiaceae, com quatro. Por sua vez, os gêneros *Myrcia* com cinco espécies, *Casearia* com quatro e *Guatteria* e *Ocotea* com três foram os mais ricos. O índice de diversidade de Shannon foi de 3,62 (Soares Júnior, 2000). Para o autor, a diversidade de espécie apresentada por este fragmento pode indicar um processo de sucessão secundária avançado.

O solo desta área apresenta acidez muito elevada (pH cerca de 3,5-3,9 na camada de 0-20 cm) associada a uma baixa saturação por bases (4%) o que pode ocasionar decréscimo da eficiência da biomassa microbiana em utilizar o C da serrapilheira. De modo geral, apresenta características típicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo predominante nas elevações do planalto de Viçosa (Rezende et al., 1972), com valores elevados de H+Al, pobreza de bases, alta saturação de alumínio (80%) e baixos teores de fósforo (Nunes, 2003).

Foi observado nesta área, nos períodos de boa disponibilidade hídrica (janeiro e outubro), um estímulo da atividade microbiana, expresso por maiores valores de carbono da biomassa microbiana (CBM), enquanto nas épocas mais secas (julho), o efeito foi de menor atividade de microrganismos. Este sistema de mata, com maior capacidade de armazenar água em função de maior conteúdo de matéria orgânica, apresenta uma redução de CBM em torno de 20% no período mais seco devido a reduzida queda na umidade do solo (apenas 30%), enquanto que nos sistemas com café vizinhos a esta área essa redução do CBM é de mais de 40% (Nunes, 2003).

Os teores de P disponível nos solos desta mata se encontram na faixa de 3 mg dm<sup>-3</sup> pelo Mehlich (muito baixo) e os valores de atividade de fosfatase ácida nesses ecossistemas variaram de 1.000 a 1.476 µg g<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> de p-nitrofenol. Esses resultados indicam que a menor disponibilidade de P inorgânico no solo aumentou a dependência do sistema em relação à ciclagem do P orgânico pela atividade da fosfatase (Nunes, 2003).

Com relação à fauna do solo desta área, há predominância de três grupos taxonômicos: Formicidae, Coleoptero e Díptera. A proporção de Formicidae foi de mais de 50% do total. Os Coleoptera possuem espécies predadoras de organismos do solo, e este grupo ocorre em grande proporção (12,5 %) na área, favorecido pela densa serapilheira usada como fonte de alimento. A ordem Diptera não possui função no sistema decompositor, já que a maior parte é hematófaga ou fitófaga, com poucos saprófagos. Sendo assim, a ocorrência desta ordem, chegando a números expressivos nesta área de mata, talvez se justifique pelo fato deste grupo utilizar o solo como refúgio (Nunes, 2003). A média da diversidade dos grupos taxonômicos desta área, segundo o índice de Shannon é em torno de 2,14. O índice apresentou variação de acordo com a época do ano com uma queda no período mais seco (2,51 – 1,43) devido ao predomínio do grupo Formicidae (Nunes, 2003).

## LITERATURA CITADA

ALBERS, D. et al. Decomposition of beech leaves (*Fagus sylvatica*) and spruce needles (*Picea abies*) in pure and mixed stands of beech and spruce. **Soil Biology & Biochemistry**, n. 36, p.155-164. 2004.

CONSTANTINIDES, M.; FOWNES, J.H. Nitrogen mineralization from leaves and litter of tropical plants: relationships to nitrogen, lignin and soluble polyphenol concentrations. **Soil Biology & Biochemistry, Elmsford**, v. 26, n.1, p 49-55.1994.

CORREA, G. F. **Modelo de evolução e mineralogia da fração argila de solos do Planalto de Viçosa, MG.**, 1983. 87p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

LOPES, M. M. M. Bignoniaceae Durande de um fragmento Florestal, em Viçosa, Zona da Mata Mineira: florística e aspectos ecológicos. 2005, 111p. (Dissertação Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MARISCAL-FLORES, E.J. **Potencial produtivo e alternativas de manejo sustentável de um fragmento de Mata Atlântica secundária, município de Viçosa, Minas Gerais.** Viçosa: UFV, 1993. 165f. Dissertação (Tese em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 1993.

NUNES, L. A. P. L. Qualidade de um solo cultivado com café e sob mata secundária no município de Viçosa-MG. 2003. 102p. : il. (Tese doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

RESENDE, S.B.; RESENDE, M.; GALLOWAY, H.M. Crono-Topossequência de Solos em Viçosa, MG. **Revista Ceres**, n.19, p.167-181. 1972.

RIBON, R. Demarcação de uma grade de trilhas no centro de pesquisas da Mata do Paraíso, Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore** v.29, n.1, p.151-158. 2005.

SOARES JÚNIOR, F.J. Composição florísticas e estrutura de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual na Fazenda Tico-Tico, Viçosa-MG. 2000. 68f. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

VALVERDE, O. Estudo regional da Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geografia**. v.20. n.1 p.1-82, 1958.

VELOSO, H.P., et al. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal.** Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 124p.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. 1991. **Meteorologia básica e aplicações.** Viçosa: UFV.449p.

## CAPITULO 1

### **Caracterização química do material foliar de algumas espécies arbóreas da Mata Atlântica, com potencial para utilização em programas de recuperação ambiental**

#### **Introdução**

As espécies florestais apresentam diferenças em sua habilidade para a absorção, utilização e redistribuição dos nutrientes em seus diferentes compartimentos arbóreos. Por outro lado, a redistribuição de nutrientes nesses compartimentos, varia para cada elemento em função dos níveis de fertilidade do solo, da densidade populacional, do comportamento do nutriente dentro da planta e da exigência nutricional da espécie (Reis e Barros, 1990).

Golley et al. (1978) investigaram as causas das variações nos teores de nutrientes na vegetação de uma floresta no noroeste da Colômbia, Panamá, encontrando que os teores totais dos nutrientes na vegetação estariam pouco relacionados com os solos onde está localizada. Para explicar esta baixa correlação os autores abordam três aspectos. Primeiro, nem todos os íons estariam disponíveis para a vegetação, e o teor total destes elementos reflete apenas a disponibilidade potencial, e acrescentam que as concentrações dos elementos trocáveis poderiam apresentar altas correlações com os teores encontrados na vegetação. Segundo, que as espécies apresentam requerimentos diferenciados quanto a cada elemento, o que resulta em absorção e estoques diversos nestas. Por fim, os autores ponderam que a floresta tropical desenvolveu mecanismos para superar a dependência das concentrações dos nutrientes no solo como a associação com micorrizas, a variação na taxa de decomposição da serapilheira, a ciclagem interna de nutrientes (ciclo bioquímico), entre outros.

Esta ciclagem interna de nutrientes, a ciclagem bioquímica, refere-se ao mecanismo de ciclagem e redistribuição dos nutrientes dentro da planta, incluindo a recuperação dos nutrientes dos órgãos senescentes, especialmente das folhas, antes de sofrerem abscisão. Esta ciclagem associada ao ciclo biogeoquímico, que compreende os processos de transferência dos nutrientes dentro do sistema solo-planta através da senescência e abscisão das folhas e galhos e da senescência das raízes, permite que as árvores da floresta possam sintetizar a matéria orgânica por meio da fotossíntese, especialmente em solos altamente intemperizados onde a biomassa vegetal é o principal reservatório de nutrientes (Reis e Barros, 1990).

A associação dos ciclos bioquímicos e biogeoquímicos, que são influenciados pelas características genéticas das plantas, pela idade e densidade destas, pelo clima, o solo e a disponibilidade de nutrientes, define a característica química da serapilheira formada. Uma vez que a velocidade de decomposição da serapilheira depende, basicamente, da natureza da comunidade decompositora (macro, meso e microfauna do solo), do ambiente (clima) e de características químicas e físicas do material vegetal, se forem excluídos os fatores ambientais (clima e biota) a composição química e as características físicas dos materiais vegetais que aportam ao solo são fatores importantes que podem controlar a dinâmica de decomposição destes materiais (Jamaludheen e Kumar, 1999; Constantinides e Fownes, 1994).

Sendo assim, os teores de nitrogênio, fósforo, lignina, celulose, bem como as relações carbono/nitrogênio e lignina /nitrogênio e fósforo/lignina são fatores importantes que podem controlar a dinâmica de decomposição de materiais vegetais que aportam ao solo. Muitos trabalhos correlacionam negativamente a velocidade de decomposição com os teores de lignina, celulose e as relações lignina /nitrogênio e carbono/nitrogênio, e positivamente com o teor de nitrogênio (Jamaludheen e Kumar, 1999; Constantinides e Fownes, 1994).

No processo de recuperação de uma área degradada, tem-se como princípio básico o retorno de condições mínimas para o estabelecimento e crescimento de plantas. Para tanto, a incorporação de carbono orgânico (CO) ao solo e a ciclagem de nutrientes, principalmente pela formação e decomposição da serapilheira, desempenha papel essencial para o desenvolvimento das espécies e para o êxito do processo de recuperação de solos. A camada de serapilheira, juntamente com a parte aérea e radicular das plantas, protege o solo dos agentes erosivos e propicia condições para o restabelecimento de suas propriedades físicas, químicas e biológicas (Dias & Griffith, 1998, Griffith et al., 2000).

Desta forma, o conhecimento das características químicas dos materiais vegetais que aportam ao solo é de fundamental importância na predição do comportamento e papel destes frente à formação de serapilheira (tempo de permanência do resíduo sobre o solo), ciclagem de nutrientes e incorporação de CO.

Portanto, este estudo tem como hipótese principal que os teores de carbono, nitrogênio, a relação entre estes, o teor de celulose e o teor de lignina e sua relação com os teores de N total são variáveis utilizadas para predizer a resistência à mineralização de materiais vegetais e explicar as diferenças de velocidade de decomposição entre

estes. Desta forma, o presente estudo teve como objetivo caracterizar quimicamente as folhas de 10 espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica da região de Viçosa – MG, com potencial para utilização em programas de recuperação de áreas degradadas, e a partir desta caracterização, classificá-las em três grupos de acordo com a velocidade de decomposição prevista (rápida, intermediária e lenta) de seus materiais foliares, com base nos teores de C, N, lignina e celulose, e relações C/N e Lig/N. Esta classificação foi relativa entre as espécies estudadas, considerando de forma conjunta os fatores citados.

## **Material e Métodos**

A seleção das espécies utilizadas foi realizada em duas etapas. Na primeira fez-se a caracterização química (carbono, nitrogênio, lignina, celulose, fósforo, enxofre, cálcio, magnésio e potássio) de folhas das 10 espécies potenciais para utilização em programas de recuperação de áreas degradadas (Quadro 1). As espécies foram pré-selecionadas em estudo anterior, baseado em revisão de literatura, onde diferentes características relacionadas à aptidão para projetos de recuperação ambiental foram consideradas (deciduidade, tolerância a solos ácidos e pobres em nutrientes, tolerância a insolação direta, interação com a fauna, entre outras).

Com base nos teores de carbono, nitrogênio e lignina, bem como nas relações C/N e lignina/N obtidos nesta caracterização, procedeu-se à definição de três grupos de espécies, de acordo com sua velocidade de decomposição esperada, sendo eles: espécies de decomposição lenta, espécies de decomposição rápida e espécies intermediárias (cuja constituição química apresenta características intermediárias entre os dois primeiros grupos). Estas variáveis utilizadas na separação dos grupos foram avaliadas conjuntamente, buscando-se relacionar os possíveis efeitos de cada variável no comportamento do material vegetal. Desta forma, a separação das espécies em grupos foi qualitativa.

Na segunda etapa da seleção, foi realizada a coleta dos materiais vegetais destas mesmas espécies, a serem utilizados nos experimentos de decomposição, e procedeu-se à caracterização química destes.

Os resultados foram analisados por meio de análises de variância e do teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

### *Coleta das amostras foliares*

Na primeira etapa deste trabalho, todo material vegetal analisado foi coletado de indivíduos adultos, consistindo de folhas totalmente expandidas, maduras. As folhas foram coletadas diretamente de, no mínimo, dois indivíduos por espécie (Quadro 1).

Na segunda etapa, em função da época de coleta (dezembro), algumas espécies apresentavam poucas folhas maduras. Porém, do mesmo modo que na primeira etapa, procurou-se coletar aquelas folhas totalmente expandidas, que representariam melhor as características dos materiais vegetais depositados no solo pelos indivíduos. Desta forma, foram misturados materiais relativamente jovens e materiais maduros, coletados de no mínimo dois indivíduos de cada espécie (Quadro 2).

Em ambas as etapas, o material vegetal coletado foi acondicionado em sacos de papel, seco em estufa a 70°C com ventilação forçada, sendo posteriormente triturado em moinhos e misturado de forma a constituir uma amostra composta por espécie.

Quadro 1. Nomes específicos e vulgares, número de indivíduos coletados, data e local de coleta e materiais coletados de 10 espécies arbóreas da Mata Atlântica, na primeira etapa

<b>Espécie</b>	<b>Nome vulgar</b>	<b>Indivíduos<sup>1</sup></b>	<b>Data coleta</b>	<b>Local da coleta</b>	<b>Partes coletadas<sup>2</sup></b>
<i>Aegiphila sellowiana</i> Cham.	tamanqueira, papagaio	2	28/09/2005 04/10/2005	EPTEA Mata do Paraíso <sup>3</sup> DEF – Setor Dendrologia	folha completa folha completa
<i>Bauhinia forficata</i> Link	pata-de-vaca, mororó	3	28/09/2005 04/10/2005	EPTEA Mata do Paraíso DEF – Setor Dendrologia	folha completa folha completa
<i>Cassia ferruginea</i> (Schrad) Schrad ex DC.	canafístula, chuva-de-ouro, acácia-dourada	2	04/10/2005	DEF – Setor Dendrologia	folha completa
<i>Croton floribundus</i> Spreng.	capixingui, capoeira-preta	3	28/09/2005	EPTEA Mata do Paraíso	folha completa
<i>Luehea grandiflora</i> Mart. et. Zucc.	açoita-cavalo, ibitingui	3	28/09/2005	EPTEA Mata do Paraíso	folha completa
<i>Mabea fistulifera</i> Mart.	canudo-de-pito, raiz-de-tiú	3	04/10/2005	DEF – Setor Dendrologia	folha completa
<i>Schinus terebenthifolius</i> Raddi	aroeirinha, fruto-de-sabiá	3	28/09/2005	EPTEA Mata do Paraíso	folha completa
<i>Senna macranthera</i> (DC ex Collad.) H.S.Irwin & Barney	fedegoso	2	28/09/2005	EPTEA Mata do Paraíso	só folíolos
<i>Trema micrantha</i> (L) Blume	crindiúva, pau-pólvora	3	28/09/2005	EPTEA Mata do Paraíso	sem pecíolo
<i>Zeyheria tuberculosa</i> (Vell) Bur.	ipê-felpudo, bolsa-de-pastor	3	28/09/2005 29/09/2005	EPTEA Mata do Paraíso DEF – Setor Dendrologia	sem pecíolo sem pecíolo

<sup>1</sup>Numero de indivíduos coletados por espécie.

<sup>2</sup>Folha simples completa: limbo e pecíolo. Folha composta completa: limbo, ráquis e pecíolo.

<sup>3</sup>Estação de Pesquisa, Treinamento e Educação Ambiental Mata do Paraíso – Viçosa, MG.

<sup>4</sup>Setor de Dendrologia do Departamento de Engenharia Florestal, UFV.

Quadro 2. Espécies, número de indivíduos, data e local de coleta, partes e características dos materiais coletados na segunda etapa

<b>Espécie</b>	<b>nº ind<sup>1</sup></b>	<b>Data coleta</b>	<b>Local da coleta</b>	<b>Partes coletadas<sup>2</sup></b>	<b>Características dos materiais</b>
<i>Mabea fistulifera</i>	4	19/12/2005	DEF – Setor Dendrologia <sup>3</sup>	folha completa	novas e poucas maduras
<i>Bauhinia forficata</i>	2	19/12/2005	DEF – Setor Dendrologia	folha completa	maduras e poucas novas
<i>Aegiphila sellowiana</i>	3	19/12/2005	DEF – Setor Dendrologia	folha completa	maduras e novas
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	3	19/12/2005	DEF – Setor Dendrologia	folha sem pecíolo	intermediárias e poucas maduras
<i>Luehea grandiflora</i>	3	19/12/2005	DEF – Setor Dendrologia	folha completa	maduras
<i>Croton floribundus</i>	3	19/12/2005	DEF – Setor Dendrologia	folha completa	maduras
<i>Trema micrantha</i>	2	19/12/2005	DEF – Setor Dendrologia	folha completa	maduras e pouquíssimas novas - início frutificação
<i>Cassia ferruginea</i>	2	19/12/2005	DEF – Setor Dendrologia	folha completa	maduras
<i>Senna macranthera</i>	3	19/12/2005	DEF – Setor Dendrologia	folha completa	maduras
<i>Schinus terebenthifolius</i>	4	19/12/2005	DEF – Setor Dendrologia	folha completa	novas e pouquíssimas maduras - início da floração

<sup>1</sup>Numero de indivíduos coletados por espécie.

<sup>2</sup>Folha simples completa: limbo e pecíolo. Folha composta completa: limbo, ráquis e pecíolo.

<sup>3</sup>Setor de Dendrologia do Departamento de Engenharia Florestal, UFV.

### *Análises químicas*

O teor de carbono total (C) foi determinado por combustão seca (a 550°C na mufla) na primeira etapa, e por oxidação via úmida com aquecimento externo (Yeomans & Bremner, 1988) modificado (10ml dicromato de potássio, 15ml de ácido sulfúrico, 0,03g de material vegetal moído, sal de Mohr 0,2N) na segunda etapa. O nitrogênio total (N) foi determinado pelo método Kjeldahl (Bremner e Mulvaney, 1982) em ambas as etapas. A lignina (Lig) e celulose (Cel) foram determinadas apenas nos materiais da primeira coleta, a partir da fibra em detergente ácido (FDA – lignina, celulose e sílica) pelo método do permanganato de potássio (Silva e Queiroz, 1990). A partir destes resultados foram calculadas as relações C/N e Lig/N.

Para a caracterização dos teores totais de fósforo (P), enxofre (S), cálcio (Ca), magnésio (Mg), e potássio (K) os materiais vegetais foram submetidos à digestão nitricoperclórica. A dosagem de P foi realizada por espectrometria de absorção molecular, a de S por turbidimetria, a de Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica e a de K por fotometria de chama.

### *Análises estatísticas*

Os dados obtidos com as diferentes determinações foram submetidos à análise de variância em nível de 5% de probabilidade por meio do Sistema de Análise Estatística e Genética-SAEG e foram realizados testes de médias (Scott-Knott) com estes dados.

## **Resultados e Discussão**

### **Primeira Amostragem**

- *Teores foliares de Carbono, Nitrogênio, Lignina e Celulose*

Os resultados referentes aos teores de nitrogênio total, carbono total, lignina e celulose das amostras coletadas na primeira etapa deste trabalho, bem como as relações C/N, lignina/N obtidas com estes resultados encontram-se na Quadro 3. Para todas as variáveis analisadas observaram-se valores estatisticamente diferentes entre as espécies.

Neste estudo encontraram-se teores de C variando entre 49,72 ( $\pm 0,31$ ) e 56,46 ( $\pm 0,5$ ) dag/kg; de N variando entre 1,79 ( $\pm 0,20$ ) e 3,09 ( $\pm 0,36$ ) dag/kg; de lignina entre 16,31 e 28,63 dag/kg e celulose entre 15,84 e 27,75 dag/kg.

Teores de C em folhas de espécies florestais analisadas em diversos estudos variaram em média entre 44,0 e 49,0 dag/kg (Gama-Rodrigues et al., 2003; Costa et al., 2004; Costa et al., 2005). Para N os valores encontrados em literatura ficam entre 0,99 e 2,52 dag/kg (Neves et al., 2001; Gama-Rodrigues et al., 2003; Costa et al., 2005). Os teores de lignina variam de 18,6 até 30,4 dag/kg e os de celulose de 17 até 38 dag/kg (Gama-Rodrigues et al., 2003; Costa et al., 2005).

Desta forma, os teores de C encontrados neste estudo podem ser considerados altos, por estarem acima daqueles relatados em literatura. Os teores de N também

podem ser considerados altos. Já os teores de lignina e celulose, de acordo com aqueles apresentados em literatura, podem ser considerados intermediários.

Quadro 3. Teores de carbono total, nitrogênio total, lignina e celulose das amostras foliares coletadas das espécies na primeira etapa, e relações carbono/nitrogênio (C/N) e lignina/nitrogênio (Lig/N)

Espécie	C total	N total	Lignina	Celulose	C/N	Lig/N
	-----dag/kg-----					
<i>Aegiphila sellowiana</i>	54,97± <b>b</b> (0,29)*	2,48± <b>c</b> (0,38)	24,63	24,24	22,51± <b>c</b> (3,47)	9,93
<i>Bauhinia forficata</i>	52,35± <b>d</b> (0,22)	3,09± <b>a</b> (0,36)	16,79	24,06	17,11± <b>e</b> (1,96)	5,44
<i>Croton floribundus</i>	53,93± <b>c</b> (0,43)	2,74± <b>b</b> (0,15)	18,84	25,00	19,75± <b>d</b> (1,23)	6,88
<i>Luehea grandiflora</i>	54,68± <b>b</b> (0,36)	2,44± <b>c</b> (0,19)	17,79	27,75	22,47± <b>c</b> (1,71)	7,28
<i>Schinus terebenthifolius</i>	55,10± <b>b</b> (0,27)	1,95± <b>d</b> (0,13)	24,27	25,17	28,37± <b>b</b> (1,90)	12,46
<i>Senna macranthera</i>	55,34± <b>b</b> (0,93)	2,55± <b>c</b> (0,04)	21,07	16,70	21,74± <b>c</b> (0,67)	8,28
<i>Trema micrantha</i>	49,72± <b>e</b> (0,31)	2,07± <b>d</b> (0,22)	17,53	15,84	24,20± <b>c</b> (2,52)	8,47
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	54,78± <b>b</b> (0,05)	2,47± <b>c</b> (0,18)	16,31	26,35	22,24± <b>c</b> (1,56)	6,60
<i>Cassia ferruginea</i>	56,53± <b>a</b> (0,05)	1,79± <b>d</b> (0,03)	18,42	17,24	31,51± <b>a</b> (0,54)	10,27
<i>Mabea fistulifera</i>	56,46± <b>a</b> (0,50)	2,55± <b>c</b> (0,03)	28,63	19,21	22,14± <b>c</b> (0,35)	11,23

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

\* Desvio padrão.

A discussão que se segue classifica os teores observados de cada elemento para cada espécie estudada como alto, intermediário ou baixo através do teste de Scott-Knott e do desvio padrão de cada um.

Os teores de lignina e celulose observados sugerem que os materiais foliares das espécies *A. sellowiana*, *S. terebenthifolius*, e *M. fistulifera* podem apresentar decomposição mais lenta em relação às demais, uma vez que lignina e celulose são componentes fibrosos mais resistentes à decomposição (Silva e Queiroz, 1990). Segundo Constantinides e Fownes (1994), a imobilização líquida de N geralmente domina em materiais de plantas com concentração de N  $\leq 1,8$  dag/kg, porém apesar

destas espécies possuem teores de N superiores a este, elas apresentam relações C/N e Lig/N elevadas, indicando que o balanço entre imobilização de nitrogênio, nitrogênio menos disponível ligado a lignina e menor presença de carbono facilmente decomponível (alto teor de lignina e celulose) poderão determinar uma decomposição mais lenta.

Para as espécies que apresentaram teores menores de lignina e celulose em suas folhas, *S. macranthera* e *T. micrantha*, espera-se uma decomposição mais rápida de seus materiais com conseqüente liberação rápida de nutrientes. Apesar de apresentarem relação C/N intermediária, possuem teores de N superiores a 1,8 dag/kg e relação Lig/N baixa à intermediária. Desta forma, pode-se inferir que provavelmente não haverá problemas de imobilização de N durante a decomposição de suas folhas, facilitando a decomposição destas.

O material foliar de *C. ferruginea*, apesar de apresentar teor baixo de lignina e celulose, possui relações C/N e Lig/N altas em relação à das demais espécies e o teor de N baixo (menor que 1,8 dag/kg). Desta forma, para as folhas desta espécie espera-se um comportamento intermediário tendendo para uma decomposição lenta, com possível imobilização de N.

Dentre as espécies cujos tecidos foliares apresentaram valores intermediários para lignina e celulose (*L. grandiflora*, *B. forficata* e *C. floribundus*), a primeira provavelmente apresentará decomposição mais lenta de suas folhas em relação às demais, uma vez que o resultado indicou relação C/N intermediária para ela, e a despeito do teor de N intermediário, esta também deve apresentar imobilização de N, uma vez que possui relação Lig/N intermediárias.

Diferentemente, *B. forficata* e *C. floribundus* apresentaram valores de C/N e Lig/N baixos em seus materiais foliares, indicando uma decomposição tendendo a rápida, sem ou com baixa imobilização de N, uma vez que os teores deste elemento foram relativamente altos.

*Z. tuberculosa* apresentou valores intermediários para todas as variáveis estudadas, desta forma, dentre as espécies estudadas, ela deve apresentar velocidade de decomposição intermediária, bem como uma imobilização de N também intermediária.

Portanto, a partir dos teores foliares de C, N, lignina, celulose e de suas relações C/N e Lig/N, as espécies foram divididas em três grupos relativos à expectativa de velocidade de decomposição de suas folhas (Quadro 5).

Quadro 5. Separação das espécies quanto a expectativa de velocidade de decomposição de suas folhas

<b>Velocidade de decomposição esperada</b> <sup>1/</sup>	<b>Espécies</b>
<b>Lenta</b>	<i>A. sellowiana</i> , <i>S. terebenthifolius</i> e <i>M. fistulifera</i>
<b>Intermediária</b>	<i>C. ferruginea</i> , <i>Z. tuberculosa</i> , e <i>L. grandiflora</i>
<b>Rápida</b>	<i>S. macranthera</i> , <i>T. micrantha</i> , <i>B. forficata</i> , <i>C. floribundus</i>

<sup>1/</sup> Velocidade de decomposição estimada a partir dos teores foliares de C, N, lignina, celulose e de suas relações C/N e Lig/N

- **Teores foliares de Ca, Mg, K, P e S**

Os teores foliares de Ca, Mg, K, P e S referentes à primeira coleta diferiram estatisticamente entre as espécies (Quadro 4).

Os teores de fósforo no material vegetal de espécies arbóreas relatados em literatura, de 0,013 a 0,096 dag/kg (Neves et al., 2001; Toledo et al., 2002; Gama-Rodrigues et al., 2003; Costa et al., 2004) encontram-se abaixo daqueles observados para as espécies analisadas.

Neves et al. (2001) observaram que na serapilheira depositada pelas espécies *Ceiba pentandra* e *Virola surinamensis* o P foi o elemento que apresentou o menor retorno. Segundo os autores isto reflete a condição de baixa fertilidade do solo em que as espécies foram estabelecidas, somada ao fato de ser um nutriente de elevada redistribuição interna, sendo grande parte do mesmo encontrada nas folhas, em plena atividade metabólica.

Desta forma, as folhas coletadas neste estudo podem estar apresentando ainda maior atividade metabólica que aquelas analisadas nos estudos citados, por terem sido coletadas diretamente das árvores e não terem sofrido abscisão, não havendo tempo para uma redistribuição interna.

De acordo com a classificação dos teores realizada através do teste de médias, os maiores teores de P foram observados para *A. sellowiana*, *B. forficata* e *T. micrantha*, e os menores para *Z. tuberculosa*, *C. ferruginea* e *M. fistulifera*. As demais espécies apresentaram teores intermediários para este elemento (Quadro 4).

É interessante comparar os resultados obtidos nesta análise com a informação presente na literatura acerca da associação das espécies com micorrizas. Dentre as espécies estudadas, *S. terebenthifolius*, *B. forficata*, *C. floribundus*, *L. grandiflora*, *S.*

*macranthera*, e *T. micrantha* associam-se com micorrizas (Saggin-Júnior & Siqueira, 1998). Assim, dentre as espécies que apresentaram maiores valores para fósforo apenas *A. sellowiana* não possui associação simbiótica com micorrizas relatada na literatura.

No entanto, a associação da planta com micorrizas não significa, necessariamente, que ela apresentará maiores teores foliares de P, mas sim que esta provavelmente sofrerá menos com a falta deste elemento em ambientes distrófios.

Os teores de potássio observados ficaram entre 1,68 – 0,51 dag/kg, acima daqueles relatados em literatura de 0,11 a 0,88 dag/kg (Costa et al., 2005; Costa et al., 2004; Toledo et al., 2002; Neves et al., 2001).

Assim como observado para os teores de P, provavelmente os valores elevados de K encontrados neste trabalho devem-se ao fato de que o material foliar foi coletado diretamente das árvores, e não da serapilheira como nos estudos citados.

Quadro 4. Teores de fósforo, potássio, enxofre, cálcio e magnésio das amostras foliares coletadas das espécies na primeira etapa e a relação carbono/fósforo

<b>Espécie</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>S</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>
	----- dag/kg -----				
<i>Aegiphila sellowiana</i>	0,15± <b>b</b> (0,020)*	1,03± <b>c</b> (0,310)	0,20± <b>b</b> (0,003)	1,00± <b>f</b> (0,087)	0,35± <b>f</b> (0,023)
<i>Bauhinia forficata</i>	0,16± <b>a</b> (0,004)	1,50± <b>b</b> (0,190)	0,14± <b>c</b> (0,003)	3,85± <b>a</b> (0,120)	0,39± <b>e</b> (0,021)
<i>Croton floribundus</i>	0,12± <b>c</b> (0,000)	0,98± <b>c</b> (0,074)	0,18± <b>b</b> (0,020)	2,21± <b>c</b> (0,019)	0,79± <b>a</b> (0,006)
<i>Luehea grandiflora</i>	0,14± <b>c</b> (0,002)	1,68± <b>a</b> (0,046)	0,18± <b>b</b> (0,014)	1,91± <b>d</b> (0,025)	0,45± <b>d</b> (0,016)
<i>Schinus terebenthifolius</i>	0,13± <b>c</b> (0,010)	1,06± <b>c</b> (0,040)	0,13± <b>d</b> (0,003)	1,57± <b>e</b> (0,046)	0,28± <b>f</b> (0,011)
<i>Senna macranthera</i>	0,13± <b>c</b> (0,006)	0,76± <b>d</b> (0,040)	0,36± <b>a</b> (0,015)	1,81± <b>d</b> (0,140)	0,20± <b>g</b> (0,013)
<i>Trema micrantha</i>	0,14± <b>b</b> (0,002)	1,00± <b>c</b> (0,043)	0,07± <b>e</b> (0,012)	3,52± <b>b</b> (0,290)	0,50± <b>c</b> (0,032)
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	0,09± <b>d</b> (0,008)	1,08± <b>c</b> (0,320)	0,18± <b>b</b> (0,008)	1,53± <b>e</b> (0,130)	0,76± <b>a</b> (0,067)
<i>Cassia ferruginea</i>	0,08± <b>e</b> (0,00)	0,54± <b>e</b> (0,038)	0,13± <b>d</b> (0,009)	0,88± <b>f</b> (0,029)	0,17± <b>g</b> (0,006)
<i>Mabea fistulifera</i>	0,10± <b>d</b> (0,002)	0,51± <b>e</b> (0,046)	0,12± <b>d</b> (0,008)	0,57± <b>g</b> (0,047)	0,17± <b>g</b> (0,015)

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

\* Desvio padrão

O K é um elemento que se encontra livre no interior das células vegetais, não sendo componente estrutural de qualquer composto das plantas (Maestri et al., 1998; Costa et al., 2005), desta forma, as folhas da serapilheira já perderam grande parte deste elemento por lixiviação. Esta afirmativa é confirmada pelo trabalho de Golley et al. (1978), que estudando os teores de nutrientes na vegetação de uma floresta no noroeste da Colômbia, Panamá, encontraram valores de K na serapilheira da floresta na ordem de 0,18 dag/kg e nas folhas do dossel 1,02 dag/kg.

Os maiores teores foliares de K foram observados para *B. forficata* e *L. grandiflora*, enquanto os menores valores foram encontrados em *C. ferruginea* e *M. fistulifera*. As demais espécies apresentaram valores intermediários.

Com exceção do material foliar de *S. macranthera* cujo teor de S foi quase o dobro do segundo maior teor encontrado nos demais materiais (0,36 dag/kg em relação a 0,2 dag/kg), os teores deste nutriente apresentaram pequena variação entre as espécies (0,20 a 0,07 dag/kg).

Os maiores teores de Ca de acordo com a classificação pelo teste de médias, além da *S. macranthera*, foram observados para as folhas de *A. sellowiana*, *C. floribundus*, *L. grandiflora*, e *Z. tuberculosa*. *B. forficata* apresentou valor intermediário, e as demais espécies valores inferiores a 0,14 dag/kg. Ressalta-se que *T. micrantha* apresentou teor muito baixo em relação às demais espécies, apenas 0,07 dag/kg, porém ainda dentro da faixa de teores relatados em literatura.

Excluindo *S. macranthera*, os teores de S encontrados neste estudo estão próximos aos relatados em literatura, na faixa de 0,05 à 0,17 dag/kg (Bertalot et al., 2004; Neves et al., 2001).

Os teores de cálcio apresentaram as maiores variações (0,57 até 3,85 dag/kg). Excluindo-se *B. forficata* e *T. micrantha*, os teores observados estão de acordo com aqueles encontrados em literatura de 0,39 até 1,91 dag/kg (Golley et al., 1978; Neves et al., 2001; Toledo et al. 2002; Costa et al., 2004; Costa et al., 2005).

Dentre os resultados destacam-se a *B. forficata* e a *T. micrantha* por apresentarem teores consideravelmente superiores em relação às demais espécies (3,85 dag/kg e 3,52 dag/kg respectivamente), sendo espécies cujo folheto possui potencial de acúmulo e retorno do Ca ao solo. *A. sellowiana*, *C. ferruginea* e *M. fistulifera* apresentaram valores relativamente baixos (1,00 até 0,57 dag/kg), enquanto que as demais espécies apresentaram valores intermediários variando de 1,53 até 2,21 dag/kg.

Em relação ao magnésio, os teores encontrados não variaram muito, sendo que os dois maiores valores foram semelhantes 0,79 e 0,76 dag/kg (respectivamente *C. floribundus* e *Z. tuberculosa*) e os dois menores foram iguais – 0,17 dag/kg (*C. ferruginea*, e *M. fistulifera*). As demais espécies apresentaram valores intermediários, que variaram de 0,20 até 0,50 dag/kg. Este elemento apresentou teores altos, porém na maioria das espécies dentro da faixa de valores citada em literatura de 0,22 a 0,30 dag/kg (Golley et al., 1978; Neves et al., 2001; Toledo et al., 2002; Costa et al., 2005).

Valores mais elevados foram encontrados por Costa et al. (2004), que relatou teores variando de 0,32 a 0,76 dag/kg. Estes autores associaram a elevada variabilidade encontrada para concentração de Mg nas folhas aos diferentes níveis de degradação do pigmento de clorofila, assim como sua retranslocação no momento da senescência e abscisão, uma vez que este elemento é constituinte da molécula da clorofila, apresentando alto percentual (70 % ou mais) livremente difusível no citoplasma celular. Assim, os valores relativamente altos encontrados neste estudo provavelmente se devem ao fato de que as folhas foram coletadas diretamente das árvores, antes da abscisão.

## **Segunda Amostragem**

- ***Teores foliares de Carbono e Nitrogênio***

Os teores de C e N nas amostras foliares (segunda coleta) foram estatisticamente diferentes entre as espécies (Quadro 6).

Comparando os resultados obtidos com os materiais foliares da primeira coleta, as espécies *M. fistulifera*, *A. sellowiana*, *C. ferruginea* e *S. macranthera* apresentaram variações significativas nos teores de N, C e relação C/N (Quadros 3 e 6).

As demais espécies apresentaram variações relativamente baixas e não significativas nos teores de N, C e nas relações C/N e Lig/N, exceto para *Z. tuberculosa* que apresentou baixa, porém significativa, redução no teor de C ( $54,78 \pm 0,05$  para  $51,74 \pm 1,67$  dag/kg).

As variações observadas nos teores foliares dos elementos analisados ocorreram, em sua maioria, provavelmente em função do estágio de maturação das folhas nesta segunda coleta (Quadro 2). De modo geral, observou-se que folhas mais jovens tendem a apresentar menores teores relativos de C e maiores de N.

Quadro 6. Teores de carbono total e nitrogênio total e as relações carbono/nitrogênio (C/N) e lignina/nitrogênio (Lig/N) das amostras foliares das espécies, coletadas na segunda etapa

<b>Espécie</b>	<b>N total</b>	<b>C total</b>	<b>C/N</b>	<b>Lig/N*</b>
	----- dag/kg -----			
<i>Mabea fistulifera</i>	2,99± c (0,13)**	50,37± c (1,37)	16,86± c (1,16)	9,58
<i>Bauhinia forficata</i>	2,88± c (0,11)	44,47± d (0,36)	15,44± c (0,67)	5,83
<i>Aegiphila sellowiana</i>	3,67± a (0,25)	48,52± c (1,02)	13,25± d (0,71)	6,71
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	2,44± d (0,10)	51,74± b (1,67)	21,25± b (1,56)	6,68
<i>Luehea grandiflora</i>	2,14± e (0,09)	52,54± b (3,62)	24,58± a (2,63)	8,31
<i>Croton floribundus</i>	3,26± b (0,20)	52,74± b (2,18)	16,19± c (0,88)	5,78
<i>Trema micrantha</i>	2,65± d (0,12)	47,94± c (3,46)	18,15± c (2,02)	6,62
<i>Cassia ferruginea</i>	2,72± d (0,24)	58,84± a (2,03)	21,71± b (1,45)	6,77
<i>Senna macranthera</i>	2,92± c (0,07)	57,43± a (0,63)	19,68± b (0,61)	7,22
<i>Schinus terebenthifolius</i>	2,10± e (0,18)	53,46± b (0,65)	25,55± a (2,40)	11,56

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

\*valores de lignina obtidos da análise realizada na primeira etapa.

\*\* Desvio padrão

Outro fator que influenciou nestes resultados foi a variabilidade genética entre indivíduos da mesma espécie, uma vez que o material foi coletado em fragmentos diferentes, conseqüentemente, populações distintas.

Pinto e Marques (2003) estudaram a dinâmica de nutrientes em três fases de desenvolvimento da floresta: inicial (18 anos), intermediária (31 anos), e avançada (56 anos), e observaram variações nos teores de N, Ca, Mg e K à medida que a sucessão avança, o que eles associaram principalmente às características morfológicas das folhas e também ao microclima (maior umidade) e características do solo (maior espessura dos horizontes orgânicos) da fase avançada. Esta variação pode explicar também a diferença nos teores encontrados entre as duas coletas realizadas na Mata do Paraíso e na Dendrologia, dois fragmentos em diferentes estágios de desenvolvimento.

Há de se considerar também a época de coleta, que neste estudo aparentemente também está influenciando nos resultados encontrados. Bertalot et al. (2004) observaram variações nos teores de nutrientes de folhas de espécies florestais entre as quatro estações do ano.

Segue abaixo a reclassificação das espécies dentro dos grupos formados anteriormente, com base nos resultados obtidos nas análises realizadas nesta segunda etapa e o teste de médias Scott-Knott, para dar suporte às discussões referentes ao estudo de cinética de decomposição nos capítulos posteriores.

Espécies de decomposição esperada lenta:

***S. terebenthifolius*** – Permaneceu neste grupo, pois reduções no C e nas relações C/N e lig/N foram muito pequenas, bem como o aumento no teor de N não foi significativo.

***L. grandiflora*** – Considerada inicialmente como intermediária, os aumentos nas relações C/N e lig/N e a queda nos teores de N, resultaram na sua reclassificação.

Espécies de decomposição esperada intermediária:

***Z. tuberculosa*** – Permaneceu neste grupo, pois manteve teores próximos dos anteriores.

***M. fistulifera*** – Inicialmente classificada como de decomposição lenta, a redução na relação C/N permitiu que fosse reclassificada como de decomposição intermediária.

***C. ferruginea*** – Permaneceu neste grupo, apesar do teor de C e das relações C/N e Lig/N terem reduzido significativamente e o teor de N aumentado.

Espécies de decomposição esperada rápida:

***S. macranthera*** – Permaneceu neste grupo, sendo que o teor de N aumentou e o de C reduziu, ambos significativamente, assim como as relações C/N e Lig/N reduziram significativamente.

***T. micrantha*** – Permaneceu neste grupo, sendo que o teor de N aumentou e o de C reduziu, ambos significativamente, assim como a relação C/N sofreu grande redução.

***B. forficata*** - Permaneceu neste grupo, sendo que o teor de N aumentou e o de C reduziu, ambos significativamente, assim como a relação C/N também reduziu.

***C. floribundus*** - Permaneceu neste grupo, sendo que o teor de N aumentou e o de C reduziu, ambos significativamente, assim como a relação C/N sofreu grande redução.

***A. sellowiana*** – Inicialmente considerada como de decomposição lenta, foi reclassificada para este grupo em função da redução da relação C/N.

- ***Teores foliares de Ca, Mg, K, P e S***

Os teores foliares de Ca, Mg, K, P e S dos materiais vegetais amostrados na segunda coleta mostraram-se estatisticamente diferentes entre as espécies (Quadro 7).

De modo geral, os teores encontrados para K, Ca e Mg nesta amostragem foram consideravelmente mais baixos em relação àqueles obtidos na primeira etapa deste trabalho.

Os teores de K variaram de  $1,25 \pm 0,02$  para  $0,49 \pm 0,07$  dag/kg, sendo que a redução ocorreu principalmente para os teores mais altos, reduzindo assim a variação dos teores entre espécies. Entretanto, os teores mantiveram-se elevados em relação aos citados em literatura (0,11 a 0,88 dag/kg). Provavelmente a redução nos teores foliares de K seja devida ao período de coleta das folhas, úmido e quente, tendo sido possivelmente “lavado” das folhas.

Para o Ca os teores tiveram sua amplitude de variação elevada cerca de 8,5 vezes (teores variando de  $3,18 \pm 0,18$  para  $0,39 \pm 0,06$  dag/kg). Os teores de Ca continuam próximos aos citados para outras espécies.

O Ca localiza-se nas paredes e membranas celulares (Maestri et al., 1998), e provavelmente a maior proporção de folhas jovens nesta coleta seja responsável pela redução nos valores obtidos, bem como no aumento da variação destes uma vez que algumas espécies apresentaram somente folhas maduras e outras uma maior proporção de folhas jovens.

O Mg apresentou variação semelhante a anterior, porém valores inferiores,  $0,42 \pm 0,016$  a  $0,12 \pm 0,02$  dag/kg. Com estas reduções os teores de Mg agora estão semelhantes com aqueles encontrados em literatura para outras espécies. Por ser um elemento constituinte de clorofilas e atuar como ativador enzimático (Maestri et al., 1998; Costa et al., 2004), provavelmente nas folhas jovens seu teor seja menor em relação às maduras, pois estas, apesar de estarem em plena formação, ainda não atingiram o ápice de sua atividade fotossintética.

Para S os teores se mantiveram semelhantes ( $0,08 \pm 0,003$  e  $0,34 \pm 0,03$  dag/kg), não apresentando diferenças significativas em relação aos materiais da primeira coleta.

Quadro 7. Teores de fósforo, potássio, enxofre, cálcio e magnésio das amostras foliares das espécies coletadas na segunda etapa

<b>Espécie</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>S</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>
	----- dag/kg -----				
<i>Mabea fistulifera</i>	0,15± c (0,005)*	0,49± f (0,073)	0,11± d (0,013)	0,39± f (0,065)	0,12± i (0,018)
<i>Bauhinia forficata</i>	0,23± a (0,007)	0,86± c (0,017)	0,12± d (0,009)	3,18± a (0,180)	0,42± a (0,016)
<i>Aegiphila sellowiana</i>	0,16± c (0,003)	1,16± b (0,015)	0,12± d (0,008)	0,78± e (0,017)	0,37± b (0,011)
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	0,17± c (0,003)	0,88± c (0,017)	0,08± e (0,003)	0,55± f (0,017)	0,24± e (0,003)
<i>Luehea grandiflora</i>	0,11± e (0,004)	0,55± e (0,031)	0,10± e (0,016)	0,87± e (0,052)	0,22± f (0,007)
<i>Croton floribundus</i>	0,14± d (0,003)	1,10± b (0,054)	0,18± b (0,018)	1,04± d (0,017)	0,29± d (0,007)
<i>Trema micrantha</i>	0,18± b (0,038)	1,25± a (0,023)	0,08± e (0,00)	2,07± b (0,079)	0,32± c (0,006)
<i>Cassia ferruginea</i>	0,13± d (0,004)	0,89± c (0,031)	0,11± d (0,014)	0,88± e (0,045)	0,15± h (0,003)
<i>Senna macranthera</i>	0,19± b (0,012)	0,71± d (0,030)	0,34± a (0,030)	1,72± c (0,180)	0,25± e (0,006)
<i>Schinus terebenthifolius</i>	0,14± d (0,010)	1,20± a (0,045)	0,16± c (0,009)	0,71± e (0,057)	0,18± g (0,007)

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

\* Desvio padrão

Diferente dos demais elementos, os teores de P apresentaram um aumento considerável em relação à primeira coleta ( $0,23 \pm 0,007$  a  $0,11 \pm 0,004$  dag/kg). Desta forma, os teores antes considerados altos em relação aos citados em literatura passaram a ser mais elevados, provavelmente devido ao fato de que nesta nova coleta a proporção de folhas novas era maior, apresentando maior atividade metabólica que aquelas analisadas nos estudos citados e na coleta anterior, além de reduzida translocação deste elemento, como explicado anteriormente.

Por se tratar de um elemento essencial no processo de conservação e transferência de energia nas células e estar relacionado com o metabolismo do carbono (Maestri et al., 1998), as folhas jovens requerem o P em maior concentração, uma vez que estão em formação e utilizando muita energia própria e das folhas já formadas, assim como metabolizando compostos carbonicos.

As diferenças nos teores de nutrientes observadas entre as duas coletas também podem ser explicadas pela época de coleta do material vegetal. Bertalot et al. (2004) encontraram variações nas quatro estações do ano nos teores de nutrientes de espécies florestais. Eles relataram maiores concentrações de nutrientes no inverno na serapilheira de leucenas, em comparação com as demais espécies, exceto para Ca. Os autores sugerem um efeito concentrador devido a seu menor crescimento e menor produção de serapilheira no período, enquanto a menor concentração de Ca seria devido este ser absorvido por fluxo de massa. Por outro lado, a bracatinga apresentou maior teor de K na primavera e maior teor de P no verão, sendo que a bracatinga e acácia apresentaram tendência de maior acúmulo de nutrientes na primavera/verão.

Pinto e Marques (2003) estudaram a dinâmica da ciclagem de nutrientes na Floresta Estadual do Palmito classificada como Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, município de Paranaguá - PR. Estes autores também encontraram variações nos teores de alguns nutrientes na serapilheira no decorrer das estações do ano, sendo mais evidente no caso do Na e K.

Porém, Toledo et al. (2002) estudando a transferência de nutrientes em duas áreas de florestas secundárias, floresta secundária inicial, com aproximadamente 10 anos de regeneração, e floresta secundária tardia, com aproximadamente 50 anos de regeneração, não encontraram relevantes diferenças nos conteúdos de nutrientes aportados ao solo entre as quatro estações do ano de 1998.

Cada espécie apresentou variações distintas nos teores de cada elemento no seu material foliar, porém de modo geral o teor do P aumentou ou manteve-se semelhante, os teores de Mg e S reduziram ou mantiveram-se semelhantes para a maioria das espécies, o teor de Ca reduziu em todas (exceto *C. ferruginea*, que não alterou) e o teor de K que se manteve semelhante para a maioria das espécies (Quadros 4 e 7).

As variações observadas nos teores foliares de nutrientes de cada espécie podem ser explicadas, em sua maioria, pelo nível de maturação das folhas. Nesta coleta, algumas espécies apresentavam grande proporção de folhas novas (Quadro 2). Por outro lado, para algumas espécies, estas variações podem ter origem genética associada, uma vez que todos os indivíduos coletados na etapa anterior eram pertencentes à Mata do Paraíso e nesta etapa à Dendrologia.

Como citado anteriormente, Pinto e Marques (2003) estudaram a dinâmica de nutrientes em três fases de desenvolvimento da floresta e observaram um aumento nos teores de N e K à medida que a sucessão avança, o que eles associaram principalmente

às características morfológicas das folhas, e também ao microclima (maior umidade) e características do solo (maior espessura dos horizontes orgânicos) da fase avançada. O Ca e o Mg também apresentaram variações entre os diferentes estágios de desenvolvimento. Assim, a diferença nos teores encontrados entre as duas coletas realizadas na Mata do Paraíso e na Dendrologia, dois fragmentos em diferentes estágios de desenvolvimento, podem também ser explicadas em termos de variação ambiental.

### **Conclusões**

Os teores de carbono, nitrogênio, a relação C/N, o teor de celulose e o teor de lignina e sua relação com os teores de N total, permitiram classificar as espécies em três grupos de acordo com a velocidade de decomposição prevista. Assim, dentre as espécies estudadas, cinco tiveram o material foliar classificado como de rápida decomposição (*S. macranthera*, *T. micrantha*, *B. forficata*, *C. floribundus*, *A. sellowiana*), três de decomposição intermediária (*Z. tuberculosa*, *M. fistulífera*, *C. ferruginea*) e duas de decomposição lenta (*S. terebenthifolius* e *L. grandiflora*).

Os teores foliares de C, N, S, Ca e Mg, bem como as relações C/N das diferentes espécies apresentaram variações significativas entre as coletas. Já os de K mantiveram-se semelhantes e os teores de P apresentaram aumentos significativos

As variações observadas entre os elementos analisados nas duas coletas provavelmente se devem ao estágio de maturação dos materiais vegetais coletados, aos diferentes estágios de desenvolvimento dos fragmentos além da possível variabilidade fenotípica entre os indivíduos da mesma espécie (fragmentos florestais distintos) e a época de coleta (estação do ano).

## Literatura Citada

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

BREMNER, J.M., MULVANEY, C. S. Nitrogen total. In: PAGE, A. L (Ed) **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy. p. 595-624, 1982.

CONSTANTINIDES, M. e FOWNES, J.H. Nitrogen mineralization from leaves and litter of tropical plants: relationships to nitrogen, lignin and soluble polyphenol concentrations. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v.26, n.1, p.49-55.1994.

COSTA G.S. et al. Aporte de nutrientes pela serapilheira em uma área degradada e revegetada com leguminosas arbóreas. **R. Bras. Ci. Solo**, n. 28, p.919-927. 2004.

COSTA, G. S.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; CUNHA, G. M. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em povoamentos de *Eucalyptus grandis* no norte fluminense. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.4, p.563-570, 2005.

DIAS, L.E.; GRIFFITH, J.J. Conceituação e caracterização de áreas degradadas. In: DIAS, L.E. & MELLO, J.W.V. de (Eds.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa, UFV, Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas. Editora Folha de Viçosa Ltda. Viçosa-MG. p.1-8. 1998.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F.; SANTOS, M. L. Decomposição e Liberação de Nutrientes do Folheto de Espécies Florestais Nativas em Plantios Puros e Mistos no Sudeste da Bahia. **R. Bras. Ci. Solo**, n.27, p.1021-1031, 2003.

GOLLEY, F. B.; RICHARDSON, T.; CLEMENTS, R. G. Elemental concentrations in tropical forests and soils of northwestern Colombia. **Biotropica**, v.10, n.2, p144-151. 1978.

GRIFFITH, J.J.; DIAS, L.E.; DE MARCO, P. JR. A Recuperação Ambiental. **Ação Ambiental**. n.10, p.8-11. 2000.

JAMALUDHEEN, V.; KUMAR, B.M. Litter of multipurpose trees in Kerala, India: variations in the amount, quality, decay rates and release of nutrients. **Forest Ecology and Management**, n.115, p.1-11. 1999.

MAESTRI et al. Fisiologia Vegetal. **Cadernos didáticos** n. 20. 1998.

NEVES. E. J. M.; MARTINS, E. G.; REISSMANN, C. B. Deposição de serapilheira e de nutrientes de duas espécies da Amazônia. **Bol. Pesq. Fl.**, Colombo, n.43, p. 47-60. 2001.

PINTO, C. B.; MARQUES, R. Aporte de nutrientes por frações da serapilheira em sucessão ecológica de um ecossistema da floresta atlântica. **Revista Floresta** n.33, v.3, p. 257-264. 2003.

REIS, M. G. F.; BARROS, N. F. Ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto. In:BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa : Ed. Folha de Viçosa, p. 265-302. 1990

SAGGIN-JÚNIOR, O. J.; SIQUEIRA, J. O. Dependência micorrízica de espécies arbóreas nativas. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 13, REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7, SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5, REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2, 1998, Caxambu. **Resumos...** Lavras:UFLA/SBCS/SBM, MG. 863p.:il. 783.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos**: métodos químicos e biológicos. Viçosa, MG, Univ. Federal de Viçosa. 1990. 165p.

TOLEDO, L.; PEREIRA, M.G.; MENEZES, C.E.G. Produção de serapilheira e transferência de nutrientes em florestas secundárias localizadas na região de Pinheiral, RJ. Santa Maria, **Ciência Florestal**, v. 12, n. 2, p. 9-16, 2002.

YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, n.19, p.1467-1476,1988.

## CAPÍTULO 2

### **Decomposição e liberação de nutrientes do material foliar de espécies arbóreas da Mata Atlântica com potencial para utilização em programas de recuperação ambiental**

#### **Introdução**

A preocupação em recuperar áreas degradadas está ligada a fatores como a recomposição da paisagem, a conservação de recursos hídricos, a fixação e a conservação da fauna e da flora, a preservação de encostas, a contenção da erosão, a prevenção de assoreamento dos cursos d'água e o cumprimento da legislação ambiental vigente (Glufke, 1999).

No processo de recuperação de uma área degradada, tem-se como princípio básico o retorno de condições mínimas para o estabelecimento e crescimento de plantas. Para tanto, a incorporação de carbono orgânico (CO) ao solo e a ciclagem de nutrientes, principalmente pela formação e decomposição da serapilheira, desempenha papel essencial para o estabelecimento e crescimento das espécies e para o êxito do processo de recuperação de solos. O potencial de incorporação de CO e de decomposição da serapilheira dependerá, basicamente, da natureza da comunidade decompositora (macro, meso e microfauna do solo), as características do ambiente (substrato e clima), de características do material vegetal que determinam sua degradabilidade (Lekha e Gupta, 1989; Dias & Griffith, 1998, Griffith et al., 2000).

Além de conter grandes quantidades de carbono, nutrientes e energia, o conjunto serapilheira-solo faz a comunicação entre o solo e a vegetação constituindo-se em um habitat onde ocorrem abundante fauna e comunidade microbiana heterotrófica. O estoque de serapilheira é regulado pela queda de material e sua decomposição na superfície do solo, sendo, portanto, a porção mais dinâmica desse conjunto e, possivelmente, a mais variável não só entre ecossistemas, mas também dentro de um mesmo ecossistema (Moreira & Siqueira, 2002).

Este compartimento formado pela serapilheira e pelo solo é o sítio de todas as etapas da decomposição da matéria orgânica e da ciclagem de nutrientes, sendo a vegetação a principal responsável pela variabilidade horizontal da serapilheira, ou seja, quanto mais diversa for a comunidade vegetal, mais heterogênea será a serapilheira (Correia e Andrade, 1999).

O aporte de material vegetal na superfície do substrato permite que se estabeleça um ambiente favorável ao estabelecimento da fauna de solo e de microrganismos decompositores, mesmo em substratos isentos de carbono orgânico. Este comportamento tem sido evidenciado em trabalhos conduzidos em um substrato formado basicamente por filitos com a presença de sulfetos metálicos em área de mineração de ouro (Campello et al., 2000 e Dias et al., 2000).

Desta forma, em áreas degradadas o aporte de serapilheira desempenha diferentes papéis no processo de recuperação dos solos, atuando como fonte de nutrientes e CO para a vegetação e fauna do solo, promovendo a proteção física do solo através da redução do impacto da chuva e do escoamento superficial, e promovendo a formação de um estoque de nutrientes e carbono orgânico (matéria orgânica e húmus) que também atua na própria estruturação do solo.

Estes diferentes papéis da serapilheira dependem da velocidade de decomposição dos materiais vegetais que a compõe. Materiais que possuem rápida decomposição atuam diretamente como fonte de nutrientes e CO para a biota, enquanto aqueles materiais mais recalcitrantes permanecem sobre o solo conferindo-o proteção física.

Os materiais vegetais que aportam ao solo possuem velocidade de decomposição variada, em função de suas características físicas e químicas. Muitos trabalhos correlacionam negativamente a velocidade de decomposição dos materiais vegetais com os teores de lignina, celulose e as relações lignina /N, C/N e C/P, e positivamente com os teores de N e P (Jamaludheen e Kumar, 1999; Constantinides e Fowes, 1994).

À medida que as folhas, galhos e raízes vão sendo incorporados à serapilheira e sofrem o processo de decomposição, ocorre liberação desses nutrientes ao solo e, conseqüentemente, disponibilização para as plantas. O conhecimento da quantidade de serapilheira depositada, a velocidade com a qual se decompõem e o retorno de elementos minerais que esta promove ao solo, são informações importantes para o balanço de nutrientes dentro do ecossistema florestal (Lekha e Gupta, 1989).

Assim, conhecer a velocidade de decomposição do material vegetal das diferentes espécies utilizadas em programas de recuperação ambiental permite a escolha de espécies de forma a promover a ciclagem dos nutrientes associada à proteção do solo. Assim se faz necessário o conhecimento da velocidade com a qual os materiais vegetais se decompõem e o retorno de elementos minerais que estes promovem ao solo, bem como o conhecimento das características químicas que atuam neste processo.

Diante disto, trabalhando com a hipótese de que a velocidade de decomposição dos materiais vegetais é função dos teores de nitrogênio, carbono, lignina, celulose, fósforo e enxofre e suas relações C/N, C/P e lignina/N, bem como dos fatores bióticos do meio, excluindo os fatores ambientais, o presente estudo teve como objetivo caracterizar a dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes de dez espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica no campo e em ambiente controlado, relacionando os teores de N, C, P, S, lignina e celulose, bem como as relações C/N, C/P e lignina/N com a decomposição dos materiais; comparando a decomposição entre os dois ambientes (atuação da biota); e avaliando a liberação de nitrogênio, fósforo, enxofre, cálcio, magnésio e potássio destes materiais.

## **Material e Métodos**

### *Ensaio em casa de vegetação*

O estudo de decomposição foi conduzido por meio da técnica de sacos de polietileno (“litter bags”), confeccionados utilizando uma tela de 35% de sombra, costurados nas laterais com fio de nylon.

Amostras de folhas totalmente expandidas foram coletadas no terço médio de no mínimo dois indivíduos de dez espécies selecionadas. Após a coleta, as folhas maiores foram seccionadas em pedaços (Quadro 1) de forma a caberem nos sacos e homogeneizadas. Cada saco de 10 x 15 cm recebeu 15 g (base fresca) de folhas frescas de uma única espécie. Para cada espécie foram confeccionados 18 sacos.

Amostras de solo provenientes da camada superficial (0-10 cm) de um Latossolo Vermelho-Amarelo (Quadro 2) sob Mata Secundária do município de Viçosa foram coletadas, homogeneizadas, divididas em subamostras de 1,0 dm<sup>3</sup> e colocadas em vasos plásticos. Em seguida, os sacos contendo os materiais vegetais foram parcialmente enterrados nas amostras de solo (Figura 1). O ensaio teve início em janeiro de 2006.

Os sacos e o solo foram irrigados a cada dois dias, com colocação de água uniformemente diretamente sobre o material foliar (semelhante a uma chuva no campo) até que ocorresse início de drenagem de água pelo fundo do vaso.

Quadro 1. Características do material foliar coletado das espécies selecionadas para os experimentos de decomposição

Espécie	Características físicas das folhas	Material vegetal	Observações <sup>1</sup>
<i>Mabea fistulifera</i>	Simples, glabras, membranáceas, com 8-12 cm x 3-4 cm	folha completa	folhas inteiras - novas e poucas maduras
<i>Bauhinia forficata</i>	Glabras, cartáceas, com 8-12 cm x 6cm	folha completa	folhas picadas ao meio - maduras e poucas novas
<i>Aegiphila sellowiana</i>	Simples, membranáceas, pubescentes, 18-28 cm de comprimento	folha completa	folhas picadas em 3 a 4 partes - maduras e novas
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	Compostas digitadas, folíolos de 40-60 cm de comprimento, denso pubescentes, cartáceos	só folíolos e ráquis	folhas picadas em 4-8cm - novas e poucas maduras
<i>Luehea grandiflora</i>	Simples, cartáceas, com 10-15 cm x 8-10 cm, ferrugíneo-tomentosas na face inferior	folha completa	folhas picadas em 3 a 4 partes - maduras
<i>Croton floribundus</i>	Simples, cartáceas, 8-12 cm x 5-6 cm, ambas faces bem ásperas igual lixa; ao ser arrancada exsuda látex aquoso.	folha completa	folhas picadas em 3 a 4 partes - maduras
<i>Trema micrantha</i>	Simples, membranosas, com 5-12 cm x 4-7 cm, face superior áspera e inferior pubescente	folha completa	folhas inteiras - maduras e pouquíssimas novas - início frutificação
<i>Cassia ferruginea</i>	Compostas, com 10-30 folíolos pequenos, ligeiramente ásperos na face superior e ferrugíneo-tomentosos na face inferior, membranáceos	folha completa	folhas inteiras - maduras
<i>Senna macranthera</i>	Compostas, 4 folíolos coriáceos grandes, face superior glabra e inferior com pilosidade dourada	folha completa	folhas inteiras - maduras praticamente todas as folhas estão queimadas devido calor dentro saco
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Compostas, folíolos de 5-10cm x 2-3cm; membranáceos, glabros; exudação de terebentina	folha completa	folhas inteiras - novas e pouquíssimas maduras - início da floração

Folha simples completa: limbo e pecíolo. Folha composta completa: folíolos, ráquis e pecíolo.

<sup>1</sup> As folhas maiores foram parcialmente seccionadas em pedaços de forma a caberem nos sacos utilizados em casa de Vegetação. Apesar dos sacos de campo serem maiores as folhas receberam o mesmo tratamento de corte para padronização.

Quadro 2 - Características químicas do Latossolo Vermelho-Amarelo coletado sob Mata Secundária do município de Viçosa

Prof.	pH H <sub>2</sub> O	Matéria orgânica	P	K	Na	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al
		dag kg <sup>-1</sup>	-----mg dm <sup>-3</sup> -----			-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			
0 – 2,5	3,5	12,9	3,3	55,1	55,0	0,1	0,1	3,3	17,2
2,5 – 7,5	3,6	9,0	2,9	38,1	38,4	0,1	0,1	3,0	14,6
7,5 – 20	3,9	5,6	2,0	26,0	25,5	0,1	-	2,4	10,0

Adaptado de Nunes, 2003.

O ensaio foi conduzido em uma casa de vegetação do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, com os vasos distribuídos em delineamento em blocos casualizados com três repetições, perfazendo um total de 180 unidades experimentais referentes a 10 espécies x 6 épocas de amostragem x 3 repetições (Figura 2).

Aos 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias após o início do experimento, três sacos com o material de cada espécie foram retirados para a determinação do peso do material vegetal seco em estufa a 70 °C com circulação forçada de ar, e dos teores totais de C, N, P, S, Ca, Mg e K. Os teores de C foram analisados por oxidação via úmida com aquecimento externo (Yeomans & Bremner, 1988) modificado (10 ml dicromato de potássio, 15 ml de ácido sulfúrico, 0,03 g de material vegetal moído, sal de Mohr 0,2N) e de N pelo método Kjeldahl (Bremner e Mulvaney, 1982). Para a caracterização dos teores totais de P, S, Ca, Mg e K os materiais vegetais foram submetidos à digestão nitricoperclórica. A dosagem de P foi realizada por espectrometria de absorção molecular, a de S por turbidimetria, a de Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica e a de K por fotometria de chama.

### ***Ensaio no campo***

Sacos do mesmo material utilizado para o ensaio em casa de vegetação com 20 x 15 cm contendo 40 g (base fresca) de folhas frescas de uma única espécie foram colocados diretamente sobre o solo (Quadro 2) de uma Mata Secundária, localizada no município de Viçosa, MG. Para tanto, a serapilheira foi removida no local de fixação dos sacos de modo que estes ficassem em contato direto com o solo (Figura 3). Os sacos foram fixados por grampos metálicos e neles amarradas etiquetas de identificação contendo o número da espécie e da repetição. O material foliar foi coletado e preparado simultaneamente com o utilizado em casa de vegetação, bem como o ensaio foi montado na mesma época.

Da mesma maneira que o ensaio em casa de vegetação, para o ensaio em condições de campo foram utilizados 18 sacos para cada espécie, três deles retirados do campo em intervalos de 30 dias em um período de seis meses para a caracterização do peso do material vegetal seco e dos teores totais de C, N, P, S, Ca, Mg e K pelos mesmos métodos utilizados para o material da casa de vegetação. Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados com três repetições, com um total de 180 unidades experimentais (Figuras 4 e 5). As coletas foram realizadas nos mesmos dias de coleta dos materiais do experimento em casa de vegetação.



Figura 1. Unidade experimental do ensaio em casa de vegetação. O saco encontra-se semi-enterrado no solo do vaso.



Figura 3. Unidade experimental do ensaio em campo. O saco encontra-se em contato direto com o solo da mata, preso por um grampo metálico. Observa-se a etiqueta de identificação presa ao saco.



Figura 2. Ensaio em casa de vegetação: A) bloco 1; B) bloco 2 em primeiro plano e bloco 3 ao fundo; C) Seis vasos correspondentes a repetição 2 (bloco 2) de uma espécie.



Figura 4. Ensaio de campo: A) vista parcial dos seis sacos de uma repetição (bloco) de uma única espécie. B) vista parcial da divisão da área em blocos por meio de fitas.

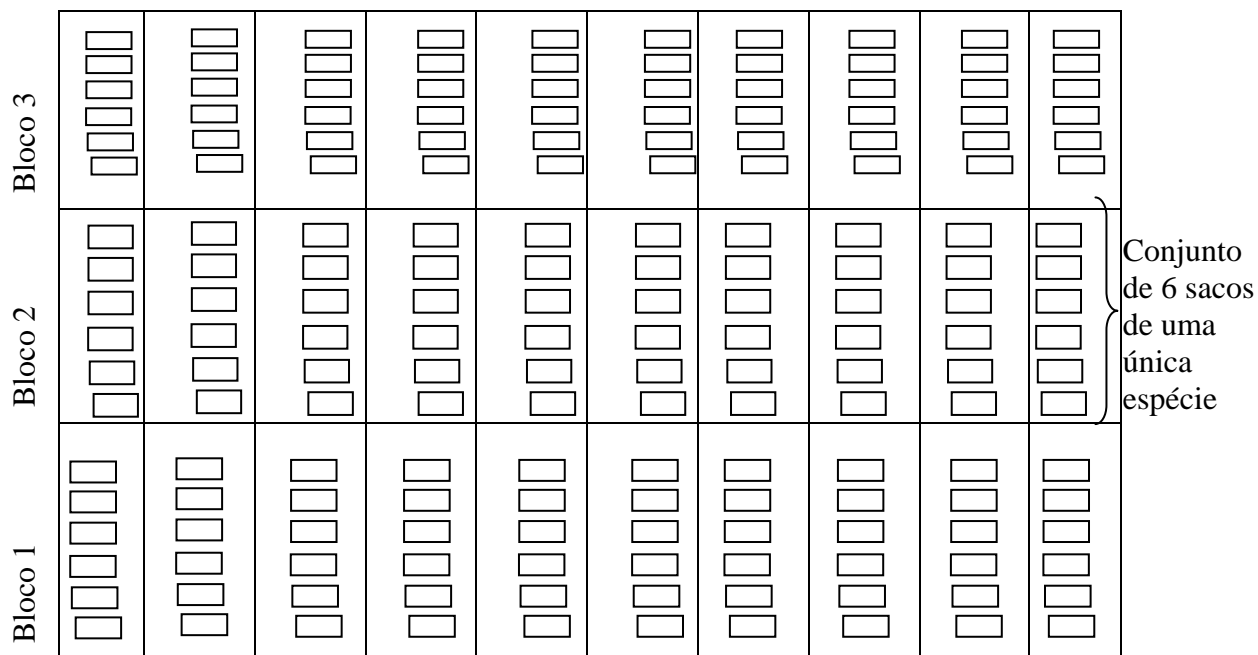


Figura 5. Esquema da alocação das unidades experimentais no ensaio de campo. Os conjuntos de seis (6) sacos de cada espécie foram alocados de forma casualizada em cada parcela. A cada coleta um saco deste conjunto era retirado para as análises.

### ***Respirometria***

A atividade microbiana do solo no campo foi estimada pela quantificação do CO<sub>2</sub> liberado, por meio de campânulas instaladas na área de estudo.

Foram instaladas sete campânulas por bloco, sendo três delas colocadas diretamente no solo removendo-se a camada de serapilheira, três colocadas cada uma sobre um saco pertencente a espécies distintas e uma campânula vedada de modo a não ter contato com o solo constituindo o branco. Todas as campânulas foram cobertas com papel alumínio para aumentar a reflexão das irradiações solares (Figura 6 e 7).

As campânulas plásticas possuíam volume útil de 5.800 cm<sup>3</sup> e foram enterradas 3 cm no solo, de modo a minimizar as trocas gasosas com o exterior da campânula. Estas permaneceram no campo por 24 h a cada 15 dias, sendo a primeira medição realizada no dia da primeira coleta das sacolas (30 dias após o início dos ensaios).

Para a quantificação do CO<sub>2</sub> liberado utilizou-se 50 ml de uma solução de NaOH 1 mol L<sup>-1</sup> para captura do CO<sub>2</sub> (Figura 8) que, posteriormente, foi titulado com HCl 1 mol L<sup>-1</sup> utilizando-se como indicador a fenolftaleína. Antes da titulação, adicionou-se 20 ml de solução de BaCl<sub>2</sub> 1 mol L<sup>-1</sup> para precipitar o carbonato presente na solução e

evitar sua interferência na titulação. (Adaptado de Curl & Rodrigues-Kabana, 1972 e Stotzky, 1965 por Mendonça e Matos, 2005).

A quantidade de CO<sub>2</sub> evoluída foi calculada a partir da seguinte equação:

$$\text{mg CO}_2 = (B-V) \times M \times 6 \times (V_1/V_2),$$

Onde: B = volume HCl gasto na titulação do branco;

V = volume HCl gasto na titulação da amostra;

M = concentração em mol/L do HCl;

6 = peso equivalente do carbono;

V<sub>1</sub> = volume total NaOH usado na captura do CO<sub>2</sub>;

V<sub>2</sub> = volume de NaOH usado na titulação.

### ***Análise dos resultados***

Os dados obtidos com as diferentes determinações foram submetidos à análise de variância utilizando-se o Sistema de Análise Estatística e Genética-SAEG. As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

Com base na caracterização química e na perda de massa do material vegetal (decomposição acumulada), as folhas das diferentes espécies foram classificadas quanto à velocidade de decomposição, comparando-se os resultados obtidos nos ensaios com o comportamento previsto com base na sua composição química. Com o objetivo de avaliar a influência de fatores ambientais (temperatura, umidade, fauna do solo, etc) na cinética de decomposição das folhas, os resultados obtidos em condições controladas e no campo foram comparados.

Os resultados da caracterização química (Capítulo 1) das amostras dos diferentes materiais vegetais utilizados foram considerados os iniciais, ou tempo 0, para melhor entendimento da dinâmica destes nutrientes nos materiais vegetais estudados.



Figura 6. Campânulas instaladas no campo. A) campânula sobre solo ou saco, enterrada 3 cm no solo. B) campânula vedada por baixo com abertura na parte superior para colocação dos potes com NaOH constituindo o branco.



Figura 7. Vista geral das campânulas espalhadas pela área de estudo.



Figura 8. Potes com NaOH para captura de  $\text{CO}_2$ . A) pote sobre unidade experimental para avaliar respiração das folhas. B) pote diretamente sobre o solo da mata para avaliar respiração do mesmo (matéria orgânica deste).

## Resultados e discussão

### *Decomposição dos materiais em casa de vegetação*

Os resultados de decomposição dos materiais foliares obtidos em casa de vegetação para cada espécie estudada encontram-se expressos na Figura 9, bem como nos Quadros 3, 4, 5 e 6, na forma de decomposição acumulada (DA). Estes resultados diferiram estatisticamente entre as espécies e a época de amostragem. A interação entre espécie e época também foi significativa, demonstrando que as espécies tiveram comportamentos distintos em relação a este fator.

As análises de variância dos resultados da decomposição acumulada em cada época de coleta separadamente (DA aos 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias) reforçaram os resultados anteriores, indicando que as diferenças entre as velocidades de decomposição se devem a diferenças nas características das espécies, em todas as épocas de coleta.

Ao final do ensaio, foram observados valores de decomposição acumulada entre 26,17 e 61% (Quadro 4).

Quadro 3. Decomposição acumulada (DA) em cada época de coleta, para cada espécie, em casa de vegetação

Espécie	Dias					
	30	60	90	120	150	180
<i>Mabea fistulifera</i>	0,81 b	1,40 b	1,50 a	1,54 b	1,80 b	2,48 b
<i>Bauhinia forficata</i>	1,26 a	1,78 a	1,82 a	2,32 a	2,67 a	3,25 a
<i>Aegiphila sellowiana</i>	0,11 c	0,83 c	1,10 b	1,21 b	1,38 b	2,46 b
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	0,34 c	0,34 c	0,53 c	0,77 c	1,42 b	1,79 c
<i>Luehea grandiflora</i>	0,88 b	1,10 b	1,21 a	1,41 b	1,41 b	1,81 b
<i>Croton floribundus</i>	0,65 b	1,19 b	1,21 a	1,34 b	1,73 b	2,26 b
<i>Trema micrantha</i>	0,64 b	1,24 b	1,38 a	1,71 b	1,71 b	2,60 b
<i>Cassia ferruginea</i>	0,34 c	0,34 c	0,69 c	0,74 c	1,99 b	2,23 b
<i>Senna macranthera</i>	1,15 a	1,81 a	2,19 a	2,53 a	2,70 a	2,84 a
<i>Schinus terebinthifolius</i>	0,70 b	1,78 a	1,78 a	2,30 a	2,86 a	3,63 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Comparando os grupos divididos pelo teste Scott-Knott feito a partir dos resultados de decomposição acumulada, em peso seco (gramas) (Quadro 3), e dos resultados de DA em valores percentuais relativos ao peso seco inicial das folhas (Quadros 4, 5 e 6), observam-se algumas disparidades. Estas se devem principalmente

ao fato de que o cálculo da decomposição acumulada em valores percentuais foi feito usando-se o peso seco, desta forma, apesar de ter sido utilizado o mesmo peso de folhas frescas para a maioria das espécies, estas possuíam conteúdos distintos de água em seu material o que levou a diferentes valores de peso seco inicial entre as espécies.

Além disso, algumas espécies receberam menor quantidade de material vegetal nas sacolas no início deste experimento devido ao conteúdo de água dos materiais, que fez com que o volume de folhas necessário para atingir o peso fresco estipulado fosse grande demais. Desta forma, para comparar a decomposição de cada espécie adotou-se a decomposição acumulada percentual do peso seco do material vegetal.

Quadro 4. Decomposição acumulada (DA) percentual em cada época de coleta, para cada espécie, em casa de vegetação

Espécie	Dias					
	30	60	90	120	150	180
	----- dag/kg -----					
<i>Mabea fistulifera</i>	13,71 <b>b</b>	23,72 <b>b</b>	25,42 <b>b</b>	26,15 <b>b</b>	30,51 <b>b</b>	42,11 <b>b</b>
<i>Bauhinia forficata</i>	21,83 <b>a</b>	30,88 <b>a</b>	31,44 <b>a</b>	40,05 <b>a</b>	46,04 <b>a</b>	56,30 <b>a</b>
<i>Aegiphila sellowiana</i>	2,15 <b>c</b>	17,00 <b>c</b>	22,60 <b>b</b>	24,94 <b>b</b>	28,41 <b>b</b>	50,53 <b>a</b>
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	7,23 <b>c</b>	7,23 <b>d</b>	11,37 <b>c</b>	16,50 <b>c</b>	30,50 <b>b</b>	38,40 <b>b</b>
<i>Luehea grandiflora</i>	12,65 <b>b</b>	15,82 <b>c</b>	17,41 <b>b</b>	20,39 <b>b</b>	20,39 <b>b</b>	26,17 <b>b</b>
<i>Croton floribundus</i>	11,45 <b>b</b>	20,90 <b>b</b>	21,14 <b>b</b>	23,41 <b>b</b>	30,38 <b>b</b>	39,60 <b>b</b>
<i>Trema micrantha</i>	10,87 <b>b</b>	21,18 <b>b</b>	23,52 <b>b</b>	29,18 <b>b</b>	29,18 <b>b</b>	44,21 <b>b</b>
<i>Cassia ferruginea</i>	5,08 <b>c</b>	5,08 <b>d</b>	10,16 <b>c</b>	10,90 <b>c</b>	29,39 <b>b</b>	32,99 <b>b</b>
<i>Senna macranthera</i>	17,85 <b>a</b>	28,21 <b>a</b>	34,06 <b>a</b>	39,40 <b>a</b>	41,99 <b>a</b>	44,08 <b>b</b>
<i>Schinus terebinthifolius</i>	11,71 <b>b</b>	29,84 <b>a</b>	29,84 <b>a</b>	38,57 <b>a</b>	47,97 <b>a</b>	61,00 <b>a</b>

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Os materiais vegetais foram separados em três grupos de espécies aos 30, 90 e 120 dias (Quadro 4), porém ao final do ensaio (150 e 180 dias) estes materiais passaram a ser divididos em apenas dois grupos.

De modo geral, as espécies reunidas no grupo de rápida decomposição seguiram neste desde o início do ensaio, sendo que ao final apenas *S. macranthera* reduziu sua decomposição sendo ultrapassada por *A. sellowiana*. As demais espécies, antes separadas em intermediárias e lentas, se reuniram em um único grupo ao final do ensaio (Quadro 5).

Quadro 5. Agrupamento das espécies de acordo com o teste de Scott-Knot para os valores de decomposição acumulada (DA) percentual aos 60, 120 e 180 dias após a colocação dos “litter-bags” no campo

Coleta	Decomposição		
	Lenta	Intermediária	Rápida
<b>60 dias</b>	<i>Aegiphila sellowiana</i> <i>Luehea grandiflora</i> <i>Zeyheria tuberculosa*</i> <i>Cassia ferruginea*</i>	<i>Mabea fistulifera</i> <i>Croton floribundus</i> <i>Trema micrantha</i>	<i>Bauhinia forficata</i> <i>Senna macranthera</i> <i>Schinus terebinthifolius</i>
<b>120 dias</b>	<i>Zeyheria tuberculosa</i> <i>Cassia ferruginea</i>	<i>Mabea fistulifera</i> <i>Aegiphila sellowiana</i> <i>Luehea grandiflora</i> <i>Croton floribundus</i> <i>Trema micrantha</i>	<i>Bauhinia forficata</i> <i>Senna macranthera</i> <i>Schinus terebinthifolius</i>
<b>180 dias</b>		<i>Mabea fistulifera</i> <i>Zeyheria tuberculosa</i> <i>Luehea grandiflora</i> <i>Croton floribundus</i> <i>Trema micrantha</i> <i>Cassia ferruginea</i> <i>Senna macranthera</i>	<i>Bauhinia forficata</i> <i>Aegiphila sellowiana</i> <i>Schinus terebinthifolius</i>

\*espécies inicialmente classificadas em um quarto grupo pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A partir da caracterização química das folhas (Capítulo 1) as espécies foram divididas em três grupos de acordo com a velocidade de decomposição prevista. Porém, apesar deste experimento ter sido realizado em ambiente controlado, com o mesmo solo em todos os vasos, onde se esperava que a característica química fosse predominante no processo de decomposição, nem todas as espécies apresentaram o comportamento esperado (Quadro 6).

Neste estudo, foram utilizadas as variáveis C, N, C/N, lignina e celulose de forma conjunta na predição da velocidade de decomposição, e mesmo assim os resultados não foram os esperados, indicando que a forma de separar os grupos talvez não tenha sido adequada e características químicas não determinadas (como polifenóis, por exemplo) e/ou físicas do material vegetal estariam também influenciando a velocidade de decomposição dos materiais vegetais.

Os teores de C, N, P, celulose e lignina também apresentaram baixa capacidade preditiva da perda de peso dos folhedos em estudo realizado com espécies florestais nativas do sudoeste da Bahia, em plantios puros e mistos, em florestas secundárias. No

plântio misto, apenas os teores de C e P, a relação C/P e as respectivas combinações dos teores de P com os de lignina e celulose, mostraram relação linear significativa com a massa remanescente final do folhedeo (Gama-Rodrigues et al., 2003).

Embora diversos estudos indiquem que a taxa de decomposição dos resíduos culturais é inversamente proporcional à sua concentração em lignina (Jamaludheen e Kumar, 1999; Constantinides e Fowes, 1994), isso não foi observado em estudo realizado com resíduos culturais de plantas de cobertura de solo (Aita & Giacomini, 2003). Neste estudo, a aveia apesar de ter apresentado menor proporção de lignina (66,5 g/kg) do que a ervilhaca (83,4 g/kg), esta foi mais lentamente decomposta do que a leguminosa. Os autores observaram que a relação Lig/N e a concentração de celulose foram os melhores indicadores da dinâmica de decomposição, e a velocidade de decomposição e liberação de N dos resíduos culturais foi inversamente proporcional às relações C/N e Lig/N e diretamente proporcional às concentrações de N total na fitomassa e de N e C da fração solúvel em água. Segundo os autores, esse resultado se deve ao fato de que, após a rápida decomposição inicial daquela fração de massa seca mais facilmente decomponível, sobram compostos mais recalcitrantes ao ataque microbiano, como, por exemplo, lignina e polifenóis (Aita & Giacomini, 2003).

Quadro 6. Classificação relativa da velocidade esperada de decomposição de folhas das espécies avaliadas, segundo suas características químicas, e respectivos valores percentuais de decomposição acumulada (DA) aos 180 dias em casa de vegetação

<b>Espécies</b>	<b>Velocidade esperada</b>	<b>DA (180 dias)</b>
		<b>dag/kg</b>
<i>S. terebinthifolius</i>	lenta	61,00 <b>a</b>
<i>B. forficata</i>	rápida	56,30 <b>a</b>
<i>A. sellowiana</i>	rápida	50,53 <b>a</b>
<i>T. micrantha</i>	rápida	44,21 <b>b</b>
<i>S. macranthera</i>	rápida	44,08 <b>b</b>
<i>M. fistulifera</i>	intermediária	42,11 <b>b</b>
<i>C. floribundus</i>	rápida	37,76 <b>b</b>
<i>Z. tuberculosa</i>	intermediária	38,40 <b>b</b>
<i>C. ferruginea</i>	intermediária	32,99 <b>b</b>
<i>L. grandiflora</i>	lenta	26,17 <b>b</b>

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A espécie cujo comportamento observado diferiu de forma mais acentuada do previsto foi *S. terebinthifolius*. Para esta espécie esperava-se uma decomposição lenta em relação às demais espécies devido aos altos valores de carbono, lignina e celulose, bem como as altas relações C/N, C/P e Lig/N frente às demais. Entretanto, esta espécie apresentou a maior decomposição acumulada do grupo de espécies estudadas (Quadro 6). Este comportamento talvez possa ser explicado a partir de suas características físicas. As folhas desta espécie são membranosas, ou seja, são delgadas e maleáveis, além de possuir folhas compostas em folíolos relativamente pequenos.

Estas características, somadas ao fato de que a maioria das folhas era jovem e, portanto mais delgada e frágil, contribuíram para sua decomposição acelerada. Conforme ressaltado no Capítulo 1, não foi possível padronizar a coleta de apenas folhas totalmente expandidas uma vez que algumas espécies caducifólias apresentavam a maioria das folhas em expansão.

O *C. floribundus* cuja decomposição esperada seria rápida, apresentou velocidade intermediária. Este comportamento pode ser explicado pela C/P apresentada (próximo a 400) (Figura 17) e por suas características físicas. Ao contrário do *S. terebinthifolius*, suas folhas se apresentam cartáceas, ou seja, são menos maleáveis que as membranosas, e desta forma mais resistentes fisicamente. Apenas as análises de celulose e lignina não são suficientes para refletir a resistência física das folhas aos fatores de decomposição, uma vez que outras substâncias como a cutina, suberina e sílica promovem a resistência dos tecidos vegetais, principalmente no que se refere à penetração de água e desagregação dos tecidos (Junqueira & Carneiro, 1997).

*S. macranthera*, assim como o *C. floribundus*, foi inicialmente classificada como de velocidade rápida de decomposição, mas apresentou velocidade intermediária. Este comportamento também pode ser explicado com base em suas características físicas, uma vez que possui folíolos considerados coriáceos, ou seja, de estrutura mais rígida que os cartáceos, sendo, portanto mais resistentes.

Outra espécie que diferiu do esperado foi *T. micrantha*. Esta espécie foi classificada no grupo de decomposição intermediária, enquanto o esperado era uma decomposição mais acelerada. Suas folhas são consideradas membranosas, o que não explica seu comportamento, e as relações C/P apresentadas pelo material desta espécie foi uma das mais baixas (Figura 17). Porém, esta espécie apresentou imobilização de S durante o período de incubação (Figura 13), o que provavelmente pode estar contribuindo para este comportamento.

*C. ferruginea* apresentou velocidade de decomposição intermediária frente às demais espécies, como indicou sua constituição química. Porém, apesar desta classificação em apenas dois grupos proposta pelo teste de Scott-Knott que a classificou em intermediária, esta espécie apresentou a segunda menor decomposição. Provavelmente a alta C/P apresentada (em torno de 450) (Figura 17) contribuiu para esta decomposição relativamente lenta entre as demais espécies. Por outro lado, esta espécie possui folhas compostas cujos folíolos são muito pequenos, de fácil decomposição devido a suas características físicas (membranosos) e químicas, estas evidenciadas na caracterização realizada. Porém estes folíolos foram decompostos mais rapidamente, e as outras estruturas mais resistentes como pecíolos e ráquis continuaram presentes nas amostras.

O comportamento das espécies ao longo do experimento pode ser analisado a partir do gráfico apresentado na Figura 9, que apresenta os valores de decomposição acumulada em cada época de amostragem.

O gráfico mostra que, de modo geral, os materiais vegetais apresentaram um padrão de decomposição rápido entre os primeiros 60 dias, uma tendência de estabilização entre 60 e 120 dias e, após este período, nova tendência para a decomposição mais acelerada. Este comportamento sugere que as estruturas de decomposição mais fácil teriam sido decompostas nos primeiros 60 dias, para, em seguida, os materiais mais recalcitrantes serem oxidados até os 120 ou 150 dias. O novo período de aceleração da velocidade de decomposição significaria que as estruturas de maior recalcitrância estariam sendo finalmente decompostas.

Em estudo realizado com resíduos culturais de plantas de cobertura, a decomposição apresentou um padrão semelhante, com uma fase inicial rápida seguida de outra mais lenta. Os autores atribuíram a elevada taxa inicial de decomposição à facilidade com que os compostos orgânicos, especialmente os carboidratos da fração solúvel em água, são utilizados como fonte de energia pela população microbiana (Aita & Giacomini, 2003).

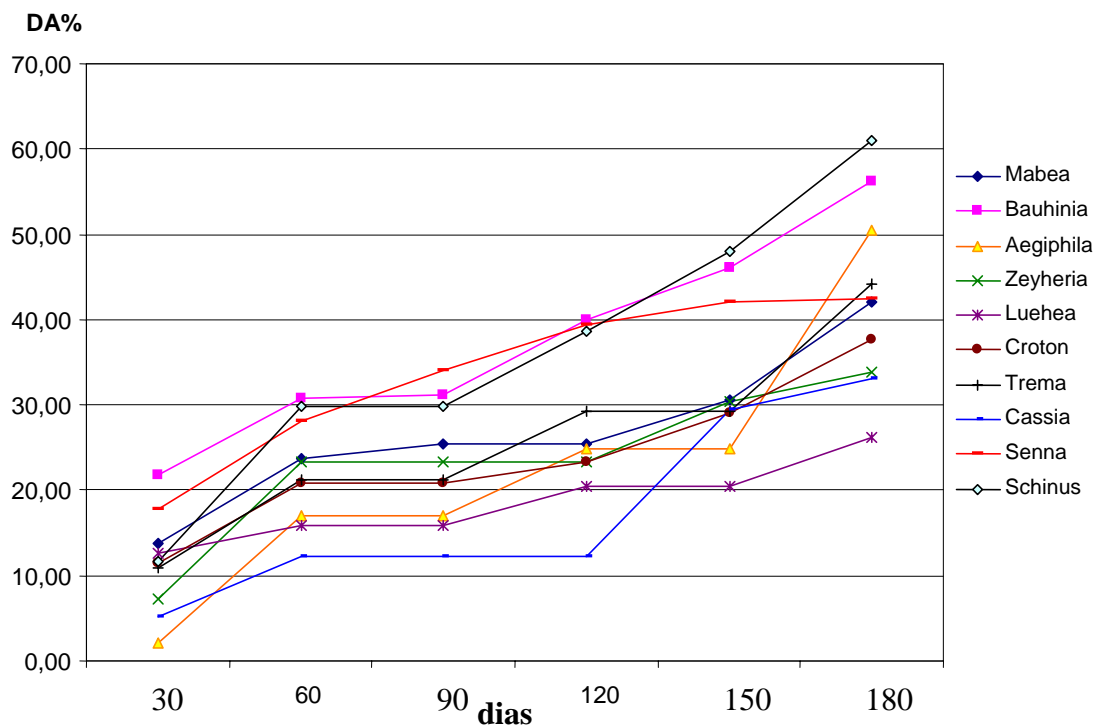


Figura 9. Valores de decomposição acumulada obtidos em cada coleta, ao longo dos seis meses de ensaio de cinética, em casa de vegetação.

Considerando-se os aspectos ambientais, o fato dos materiais apresentarem nova tendência de decomposição nos dois últimos meses, maio e junho, meses mais frios que os demais, aparentemente mostra-se contraditório, pois é sabido que a atividade decompositora é preferencialmente realizada por organismos mesofílicos. Porém, deve-se considerar que o ensaio foi realizado em casa de vegetação, onde as temperaturas nesta época dentro da casa eram superiores às apresentadas em ambiente aberto.

Além disso, o ambiente fechado da casa de vegetação permitiu a manutenção de uma umidade constante nos vasos, ao contrário dos meses mais quentes, onde se observou que estes secavam rapidamente e o intervalo de um dia entre as regas permitia que o solo dos vasos secasse totalmente na superfície. Sabe-se que a umidade do folheto é um fator de qualidade importante no processo de decomposição, uma vez que permite a atividade da microbiota do solo (Gama-Rodrigues et al., 2003). Sankaram (1993) encontrou correlações positivas entre a perda de peso e o teor de umidade dos folhedos de eucalipto (*E. tereticornis*), teca (*Tectona grandis*) e albizia (*Parasenianthes falcataria*).

Temperatura alta, porém baixa umidade, desfavorecem a atividade dos microrganismos, enquanto temperaturas amenas e alta umidade favorecem. Nestes dois

últimos meses foi observado o aparecimento de musgos e fungos na superfície dos solos dos vasos e nos materiais em decomposição devido a este ambiente mais favorável, o que sinaliza maior atividade da microbiota e conseqüentemente maior atividade de decomposição do material vegetal, conforme comentado anteriormente.

- ***Carbono, Nitrogênio, Fósforo, Enxofre, Cálcio, Magnésio, Potássio e Relações C/N e C/P***

Os resultados dos teores de carbono dos materiais ao longo do experimento apresentaram algumas variações, porém, de modo geral, nota-se pequena redução no seu teor em todas as espécies estudadas nos dois primeiros meses de coleta, e uma relativa manutenção destes teores nos meses seguintes (Figura 10). Esta redução inicial provavelmente diz respeito aos compostos mais lábeis, especialmente os carboidratos das frações solúveis em água, que são utilizados como fonte de energia pela população microbiana (Aita & Giacomini, 2003). A manutenção posterior provavelmente se deve a recalitrância de compostos carbonados que restaram, como por exemplo, a lignina e celulose.

Os teores de N nos materiais foliares apresentaram variações ao longo do experimento, oscilando entre imobilizações e liberações (Figura 11, Quadro7).

Estes teores variaram significativamente em função da espécie, exceto na coleta realizada aos 90 dias. Provavelmente, nesta época as diferenças nos teores de N obtidos para cada espécie não foram suficientes para diferenciar a influência das características de cada uma. A coleta aos 90 dias corresponde ao dia praticamente central no período de redução na decomposição apresentada pelas espécies (Figura 9), e por ser um elemento mais móvel que o carbono, é de se esperar que apenas esta coleta consiga refletir esta redução no processo de decomposição, principalmente quando esta se deve a baixa umidade do solo nos vasos.

O aumento no teor de nitrogênio nos materiais, principalmente aos 150 e 180 dias, reflete provavelmente a colonização deste material por musgos e fungos a partir dos 120 dias do experimento para a maioria das espécies, de forma que impossibilitava a completa retirada destes dos materiais vegetais. Estes materiais aderidos podem ter influenciado os resultados de N.

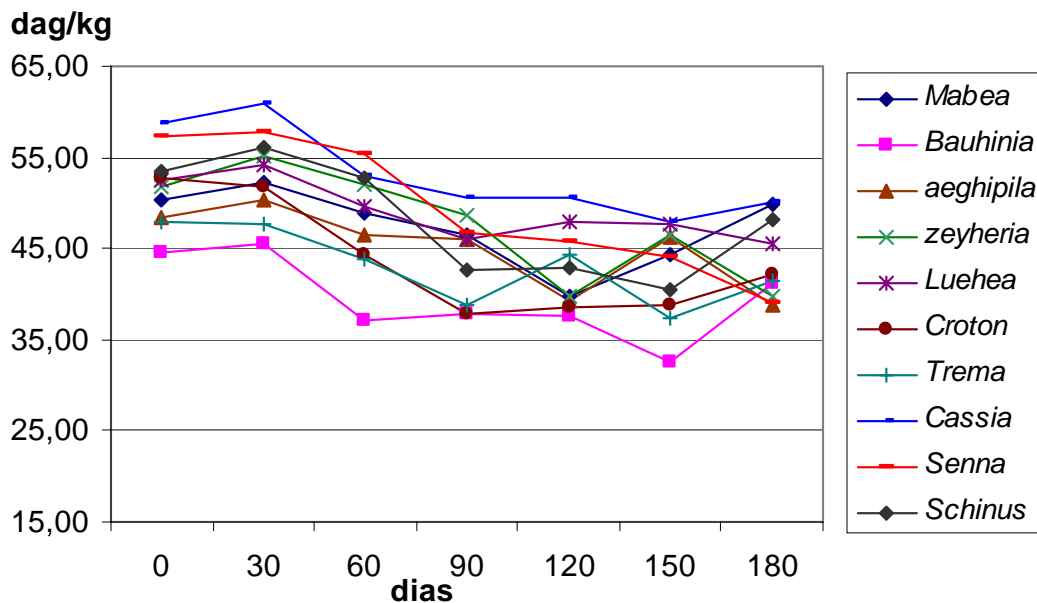


Figura 10. Teor de carbono dos materiais vegetais das diferentes espécies a cada coleta, ao longo dos seis meses de ensaio de cinética de decomposição em casa de vegetação.

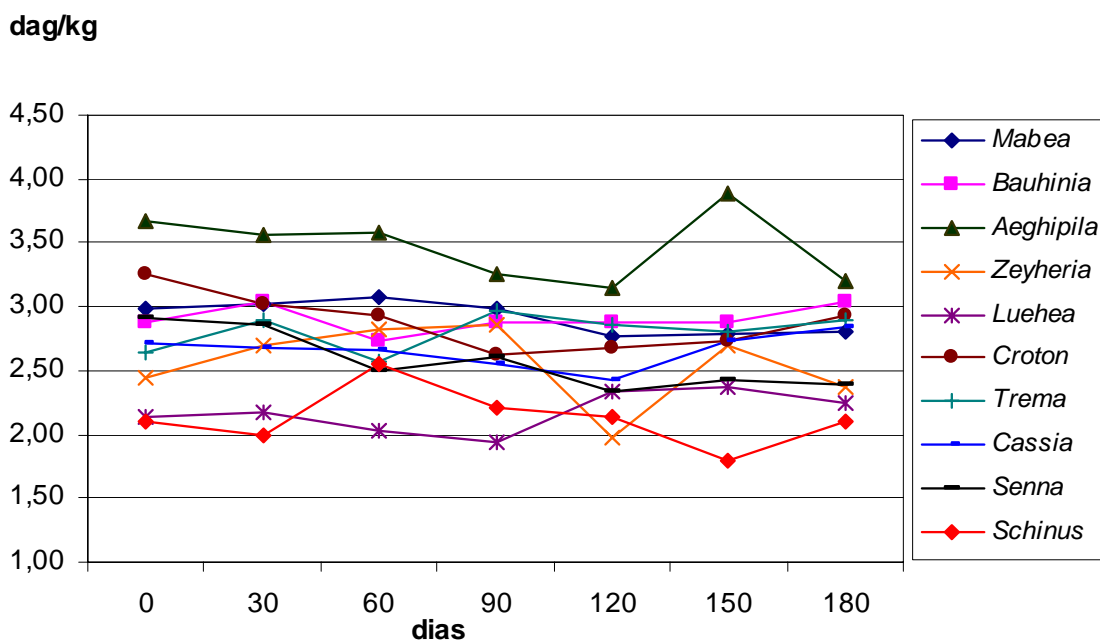


Figura 11. Teor de nitrogênio dos materiais vegetais das diferentes espécies a cada coleta, ao longo dos seis meses de ensaio de cinética de decomposição em casa de vegetação.

Ao final do ensaio observou-se imobilização de N nos materiais foliares das espécies *B. forficata*, *T. micrantha* e *C. ferruginea*, enquanto as demais apresentaram liberação líquida deste elemento (Quadro 7).

Aumentos nos teores de N ao final do período de decomposição do material foliar foram também encontrados em outros estudos (Gama-Rodrigues et al., 2003; Costa et al., 2005). Em estudos com eucalipto no norte fluminense, os autores encontraram liberação da ordem de 6 - 19% para N, porém esta oscilou entre pequenas liberações e imobilizações, ocorrendo a efetiva liberação durante o período de maiores precipitações pluviométricas (Costa et al., 2005). Os maiores valores dos teores de N ao final do período de decomposição, poderiam ser decorrentes da maior perda relativa de carbono (Gama-Rodrigues et al., 2003).

Os teores de S nos materiais vegetais variaram significativamente em função das espécies e da época de amostragem.

De maneira geral, o conteúdo de S nos diferentes materiais permaneceu constante ao longo do ensaio, exceto para as folhas de *S. macranthera* que apresentaram redução contínua até cerca de 90 dias, para depois se estabilizarem em valores semelhantes às demais espécies (Figura 12). Este comportamento pode ser devido a interações com a microbiota do solo, uma vez que este elemento é importante constituinte de várias proteínas e enzimas celulares.

*S. macranthera* apresentou conteúdo de S em seus materiais foliares muito superiores às demais espécies, seguida de *C. floribundus* e *S. terebinthifolius* (Figura 12), apresentando potencial de acumulação e retorno deste elemento ao solo.

Os teores de S apresentaram, de forma geral, acréscimo ao longo do ensaio (Figura 13), provavelmente devido à permanência deste elemento nos tecidos vegetais com o decorrer da decomposição dos materiais, uma vez que este é um elemento estrutural de membranas celulares. Nota-se que ao final do ensaio já se apresentava um decréscimo nos teores de S nos materiais vegetais.

Ao final do ensaio, observou-se imobilização de S no material de *M. fistulifera*, *Z. tuberculosa*, *L. grandiflora* e *T. micrantha* e liberação líquida deste elemento para as demais espécies, provavelmente devido a interações com a microbiota do solo. As espécies que apresentaram imobilização de S foram todas classificadas no segundo grupo de velocidade de decomposição, sendo que *Z. tuberculosa*, *L. grandiflora* e *T. micrantha* tiveram decomposição mais lenta do que o esperado (Quadro 6), o que pode

indicar que este elemento poderia ser limitante no processo de decomposição (Quadro 7).

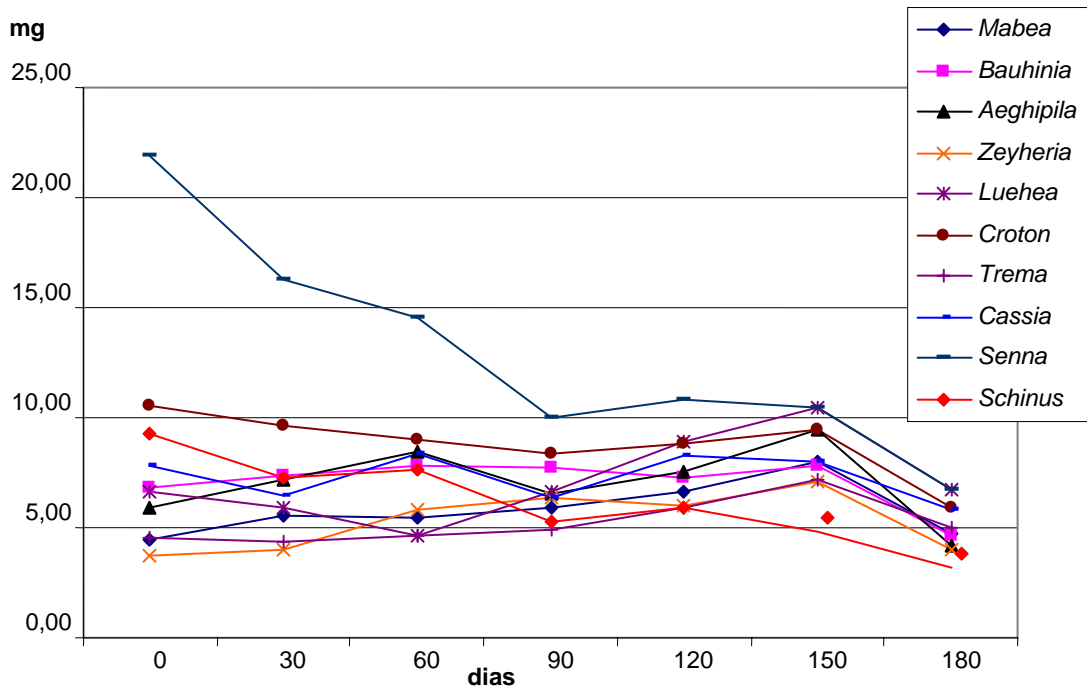


Figura 12. Conteúdos de S dos materiais vegetais das diferentes espécies a cada coleta, ao longo dos seis meses de ensaio de cinética de decomposição em casa de vegetação.

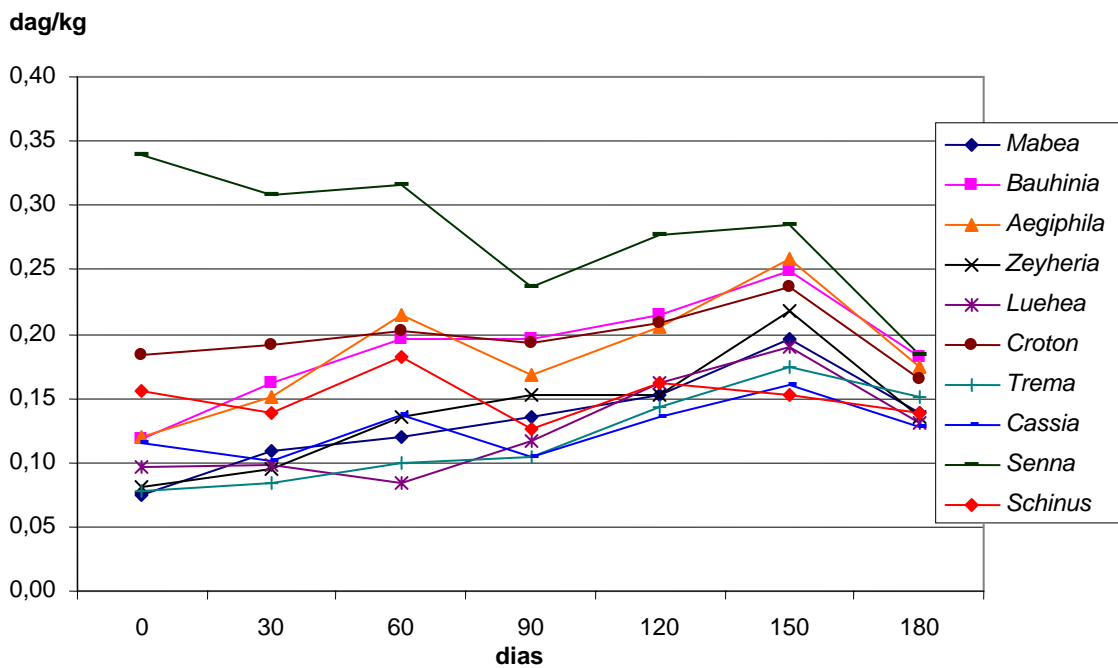


Figura 13. Teores de S dos materiais vegetais das diferentes espécies a cada coleta, ao longo dos seis meses de ensaio de cinética de decomposição em casa de vegetação.

Quadro7. Percentuais de liberação de nutrientes do material vegetal das diferentes espécies em casa de vegetação

Espécie	Casa de vegetação					
	N	S	P	Ca	Mg	K
	-----%-----					
<i>Mabea fistulifera</i>	6,12	-7,3	62,3	8,69	60,76	78,67
<i>Bauhinia forficata</i>	-5,20	32,8	42,8	62,98	62,24	88,54
<i>Aegiphila sellowiana</i>	12,72	28,8	59,5	56,71	86,34	97,06
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	2,46	-7,3	56,7	73,53	75,69	93,30
<i>Luehea grandiflora</i>	-4,51	-1,1	33,2	49,04	40,44	85,39
<i>Croton floribundus</i>	10,21	43,8	47,1	39,61	36,79	93,18
<i>Trema micrantha</i>	-9,18	-9,4	45,5	59,08	50,30	91,83
<i>Cassia ferruginea</i>	-4,53	25,3	41,1	46,03	60,75	90,01
<i>Senna macranthera</i>	18,04	69,1	43,1	72,19	76,13	90,68
<i>Schinus terebinthifolius</i>	0,32	65,5	68,3	55,16	65,68	93,91

Os conteúdos de P nos materiais vegetais variaram significativamente em função das espécies e da época de amostragem.

Devido aos elevados conteúdos de P apresentados pelos materiais vegetais, estas espécies apresentam alto potencial de utilização em plantios mistos para recuperação de ambientes degradados, por propiciarem melhores condições para a decomposição do material foliar depositado através da movimentação interespecífica de nutrientes, permitida por meio da translocação do elemento pelas hifas de fungos e pela fauna do solo (Gama-Rodrigues et al., 2003). *B. forficata*, *S. macranthera* e *T. micrantha* foram as espécies que apresentaram os maiores conteúdos iniciais deste elemento em seu material foliar (Figura 14).

Observa-se, de modo geral, redução nos conteúdos de P dos materiais vegetais nos primeiros 90 dias. O P é um elemento constituinte das membranas celulares além de compostos ligados à transferência de energia, desta forma, esta redução inicial está também ligada à decomposição das estruturas celulares. Provavelmente por este motivo apresenta concordância com a redução encontrada para os teores de carbono (Figuras 10 e 14). Após este período os conteúdos mantiveram-se relativamente constantes, com um aumento em torno dos 150 dias, provavelmente devido a interações com a microbiota do solo.

Ao analisarem-se os teores de P nos materiais vegetais das espécies nas diferentes épocas de amostragem, nota-se uma oscilação nos valores obtidos, com acréscimos para todas as espécies, principalmente para *B. forficata* no último mês de amostragem (Figura 15). Aumentos nos teores de P ao final do período de decomposição do material foliar foram também encontrados em estudos com eucalipto no norte fluminense, onde os teores finais foram muito superiores aos iniciais (Costa et al., 2005) e em estudos com espécies florestais no sudeste da Bahia (Gama-Rogrigues et al., 2003). Os maiores valores dos teores de P ao final do período de decomposição podem ser decorrentes da maior perda relativa de carbono (Gama-Rogrigues et al., 2003).

Apesar disso, o P apresentou liberação líquida ao final do ensaio para todas as espécies (Quadro 7), diferente do observado por Costa et al. (2005). Os autores encontraram acúmulo de P, que alcançou valor máximo aos 286 dias, sem que houvesse liberação líquida no final do período de decomposição. Desta forma concluíram que o nível de acumulação de P seria um indicativo de que este foi o nutriente mais limitante do processo de decomposição nos plantios de eucalipto avaliados. Da mesma forma, Gama-Rogrigues et al. (2003) concluíram que o P, e não o N, seria o nutriente mais limitante para a decomposição do folheto das espécies nativas por eles estudadas.

Porém, os teores de P encontrados nos materiais vegetais estudados neste ensaio estão acima dos encontrados em literatura, possivelmente decorrente da coleta das folhas ter sido realizada diretamente das árvores, conforme discutido anteriormente (Capítulo 1). Desta forma, aparentemente este nutriente não foi limitante do processo de decomposição, como indica a alta liberação líquida deste ao final do ensaio (Quadro 7).

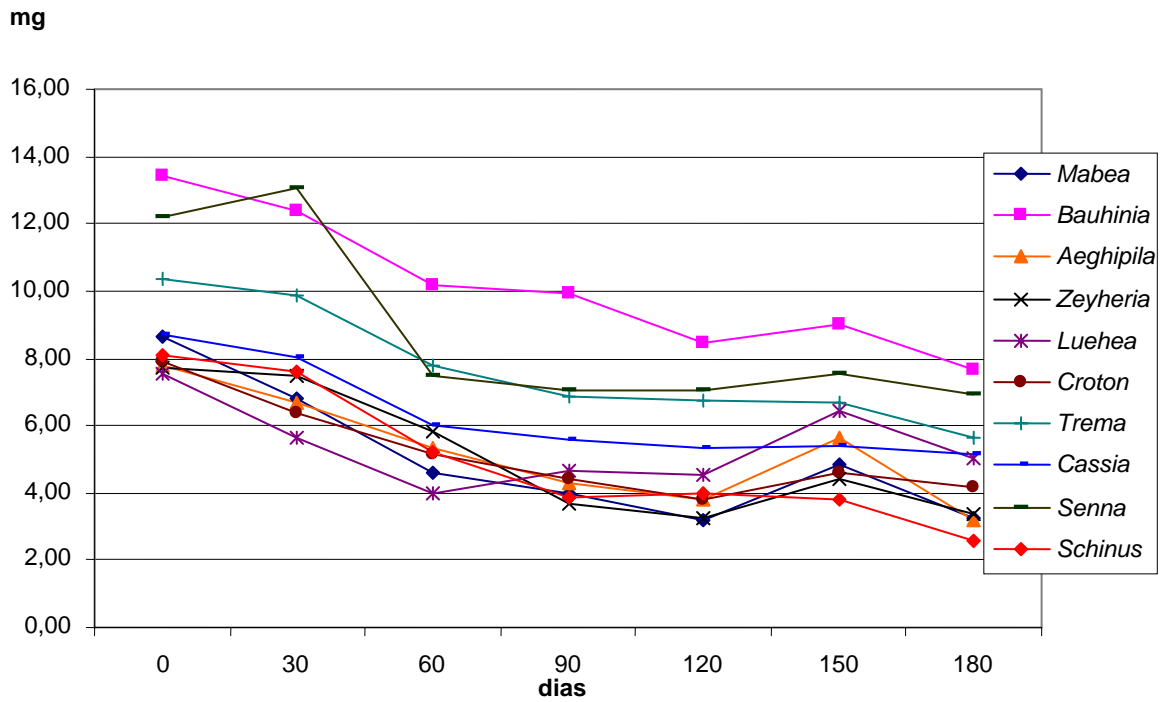


Figura 14. Conteúdos de P dos materiais vegetais das diferentes espécies a cada coleta, ao longo dos seis meses de ensaio de cinética de decomposição em casa de vegetação.

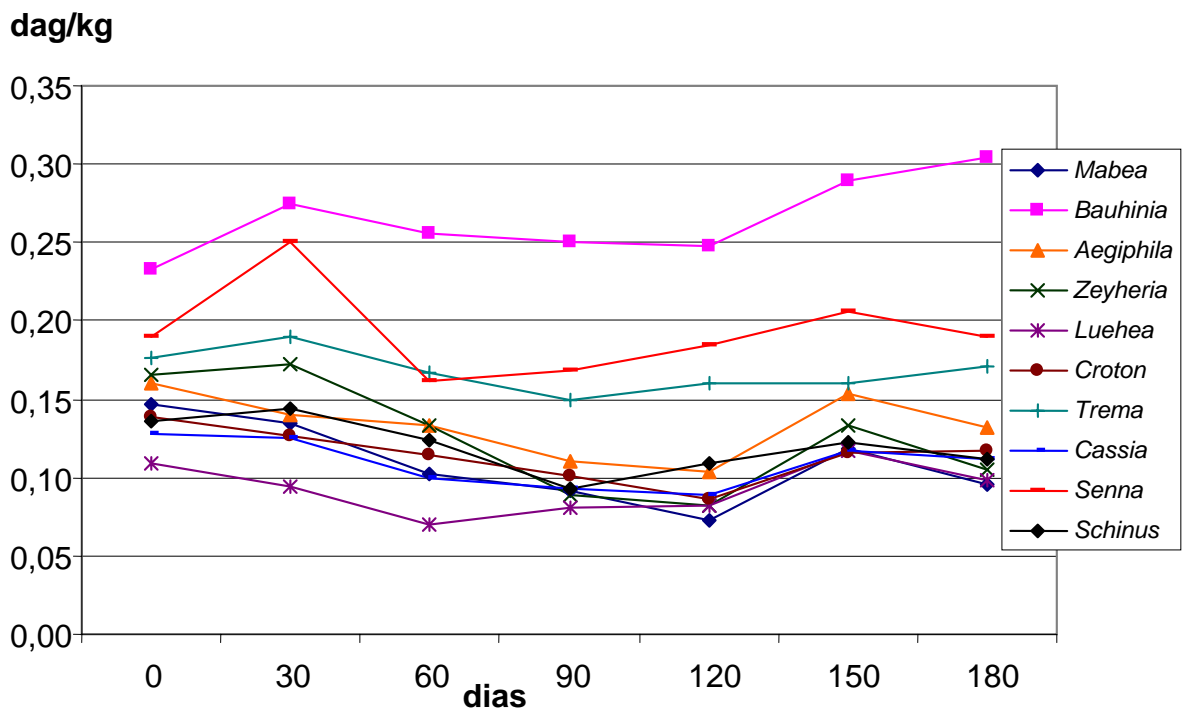


Figura 15. Teores de P dos materiais vegetais das diferentes espécies a cada coleta, ao longo dos seis meses de ensaio de cinética de decomposição em casa de vegetação.

Os conteúdos e teores de Ca nos materiais vegetais variaram significativamente em função das espécies e da época de amostragem. *Bauhinia forficata* foi a espécie que apresentou os maiores conteúdos deste elemento em seu material foliar, seguida de *Trema micrantha* e *Senna macranthera* (Figura 16). Estas espécies apresentam potencial de acumulação e retorno deste nutriente ao solo via deposição de serapilheira, contribuindo para a ciclagem deste elemento no sistema.

Observou-se que de modo geral houve redução considerável no conteúdo de Ca nos primeiros 60 dias, e contínua redução nos meses seguintes. Provavelmente esta redução inicial esteja ligada à decomposição das membranas celulares e a manutenção posterior esteja relacionada com a recalcitrância de compostos carbônicos, como lignina e celulose, constituintes da parede celular e local onde se encontra a maior parte do Ca contido nas células.

Analisando-se os teores de Ca nos materiais vegetais das espécies nas diferentes épocas de amostragem, nota-se uma oscilação nos valores obtidos (Figura 17). Costa et al. (2005) estudando a liberação de nutrientes da serapilheira foliar de diferentes povoamentos de eucalipto encontraram oscilação no comportamento do Ca entre ligeira liberação (7%) e acumulação (5%) até os 286 dias de exposição do material, mas, ao final do período de decomposição, observaram liberação líquida entre 18 e 20%.

Neste estudo, ao final do ensaio observa-se liberação líquida de Ca (Quadro 7).

Os conteúdos e teores de Mg nos materiais vegetais variaram significativamente em função das espécies e da época de coleta. As espécies que apresentaram maiores conteúdos e teores de Mg foram *B. forficata*, *A. sellowiana*, *C. floribundus* e *T. micrantha* (Figuras 18 e 19). Estas espécies apresentam potencial de acumulação e retorno deste nutriente ao solo via deposição de serapilheira, contribuindo para a ciclagem deste elemento no sistema.

De maneira geral, observa-se redução relativamente contínua no conteúdo de Mg nos materiais vegetais ao longo do experimento, redução esta sensivelmente mais rápida nos dois primeiros meses para a maioria das espécies (Figura 18). Este elemento encontra-se nas células vegetais principalmente como constituinte de clorofila e cloroplastos. A clorofila é um pigmento orgânico que pode ser extraído das folhas com solventes orgânicos, enquanto que os cloroplastos são formados por um conjunto complexo de membranas. Assim, ambos devem apresentar decomposição de rápida a intermediária.

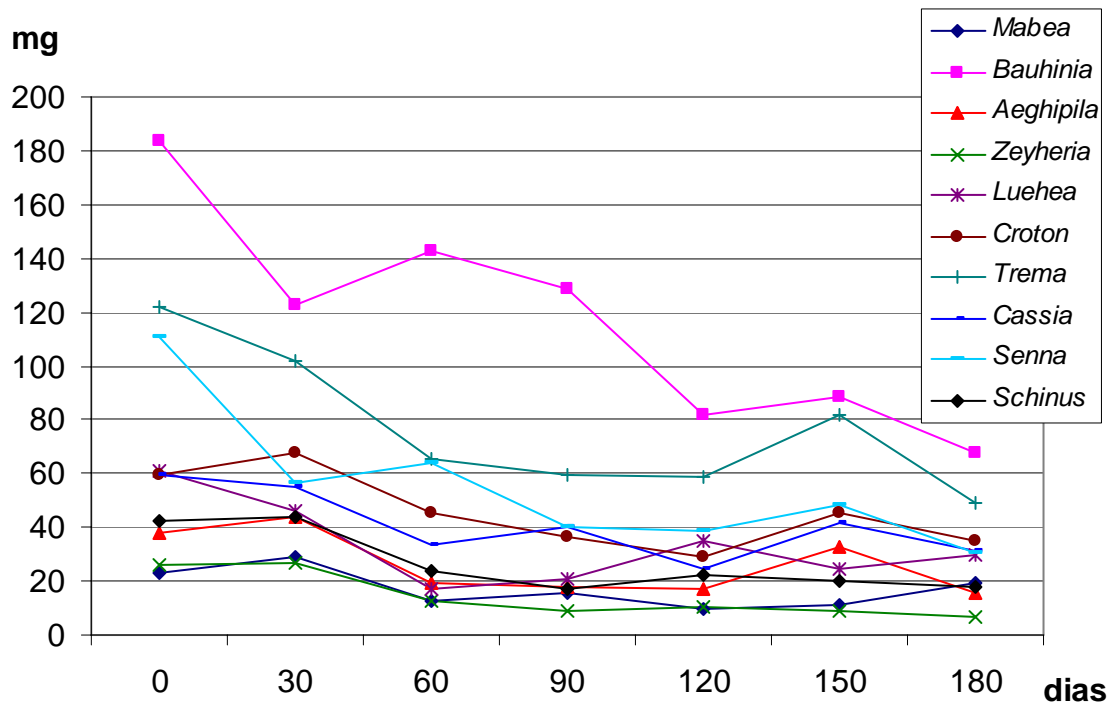


Figura 16. Conteúdos de Ca dos materiais vegetais das diferentes espécies a cada coleta, ao longo dos seis meses de ensaio de cinética de decomposição em casa de vegetação.

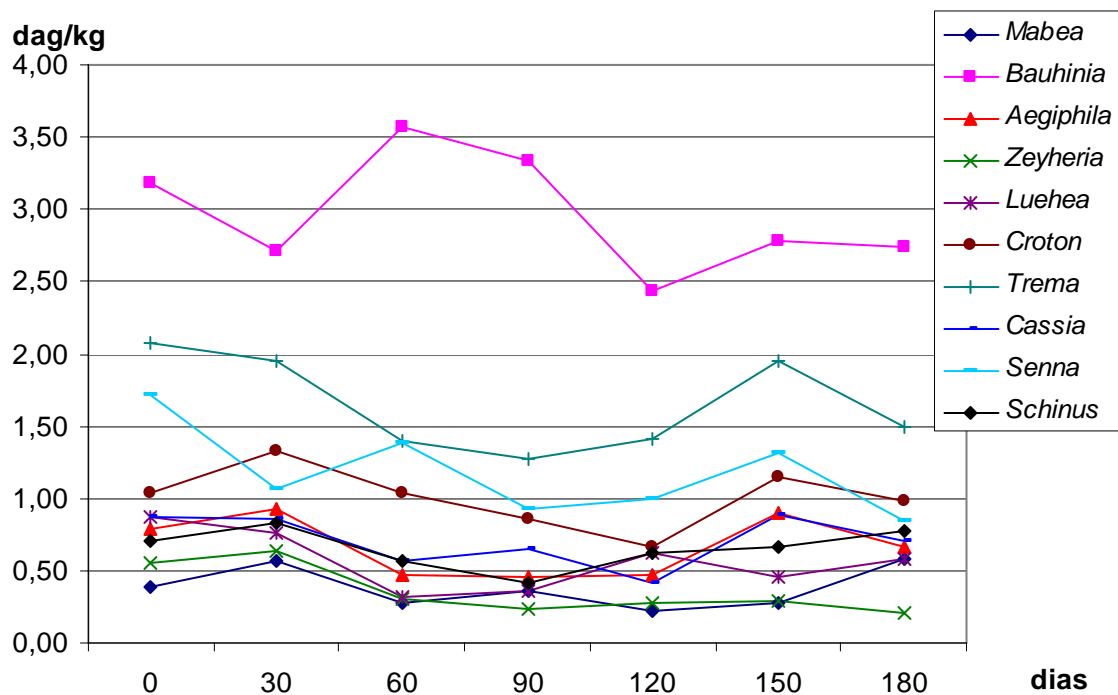


Figura 17. Teores de Ca dos materiais vegetais das diferentes espécies a cada coleta, ao longo dos seis meses de ensaio de cinética de decomposição em casa de vegetação.

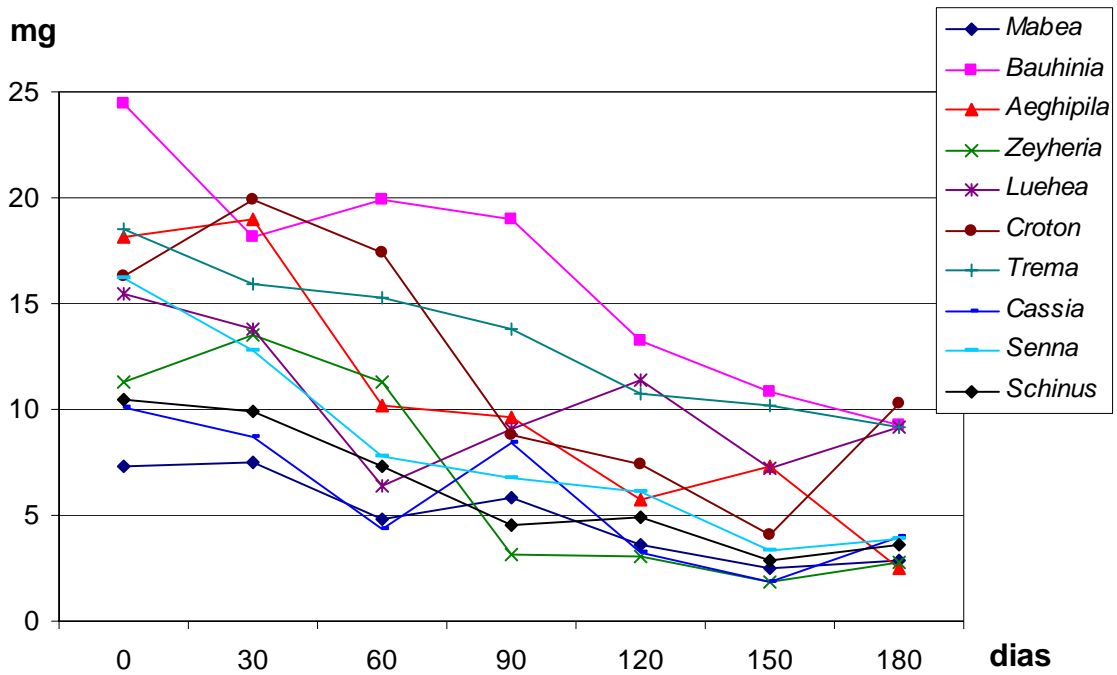


Figura 18. Conteúdos de Mg dos materiais vegetais das diferentes espécies a cada coleta, ao longo dos seis meses de ensaio de cinética de decomposição em casa de vegetação.

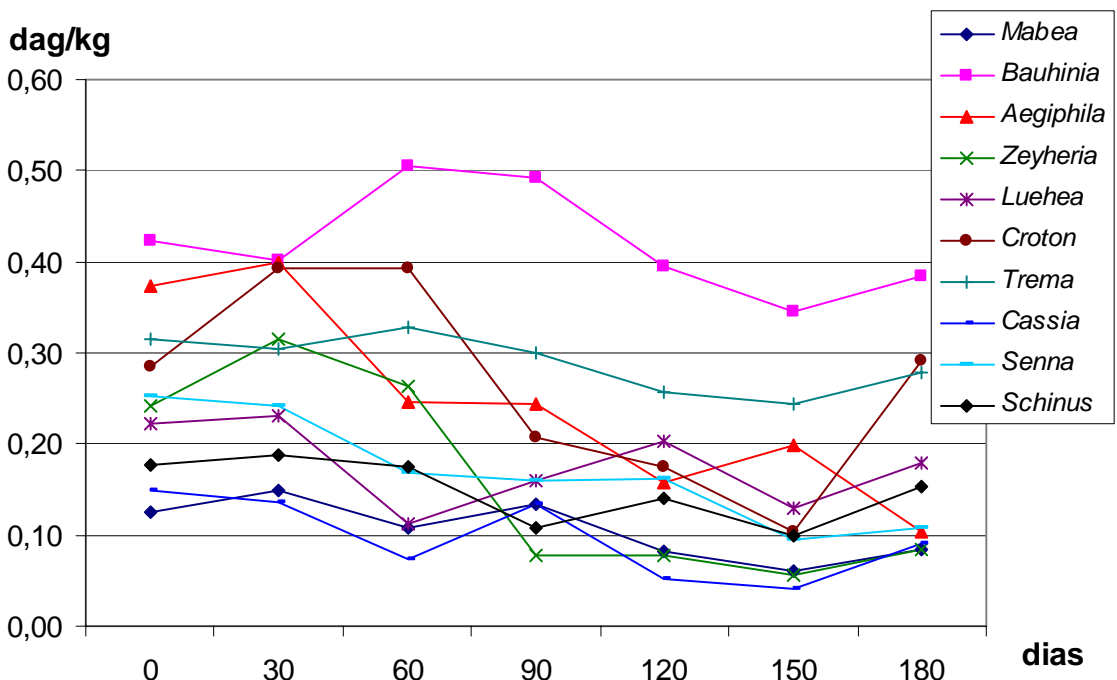


Figura 19. Teores de Mg dos materiais vegetais das diferentes espécies a cada coleta, ao longo dos seis meses de ensaio de cinética de decomposição em casa de vegetação.

De forma geral os teores de Mg mantiveram-se próximos aos iniciais para a maioria das espécies, como observado por Costa et al. (2005). Ao final do ensaio observa-se liberação líquida deste elemento (Quadro 7). As liberações de Mg estão associadas positivamente à perda de massa (Gama- Rodrigues e Barros, 2002), assim os valores encontrados no presente estudo são superiores aos relatados em literatura provavelmente devido a maior perda de massa sofrida pelos materiais das espécies nativas estudadas.

Os teores de K nos materiais vegetais variaram significativamente em função das espécies e da época de amostragem. *T. micrantha* e *S. terebenthifolius* foram as espécies que apresentaram os maiores conteúdos iniciais de K em seus materiais foliares, seguidas pelo *C. floribundus* (Figura 20).

O K é um elemento que se encontra livre dentro das células vegetais, desta forma, devido a sua alta mobilidade, foi rapidamente liberado com o início da decomposição dos materiais vegetais (Figuras 20 e 21). Ao final do ensaio observa-se liberação líquida deste elemento (Quadro 7).

Costa et al. (2005) observaram que o K foi rapidamente liberado da serapilheira, em torno de 50% até os 116 dias. Após esse período, o K remanescente manteve-se constante até o final do período de decomposição, como o observado no presente estudo. A lixiviação seria um dos principais mecanismos de transferência do elemento para o solo, uma vez que ele não é componente estrutural de qualquer composto das plantas e a mineralização não seria um pré-requisito para sua liberação.

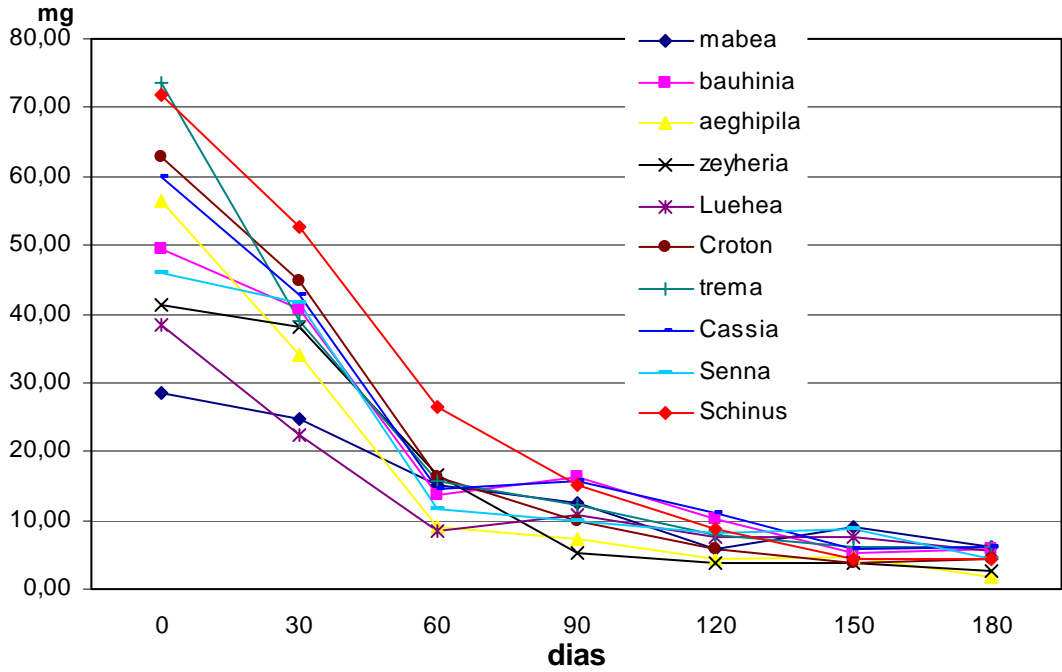


Figura 20. Conteúdos de K dos materiais vegetais das diferentes espécies a cada coleta, ao longo dos seis meses de ensaio de cinética de decomposição em casa de vegetação.

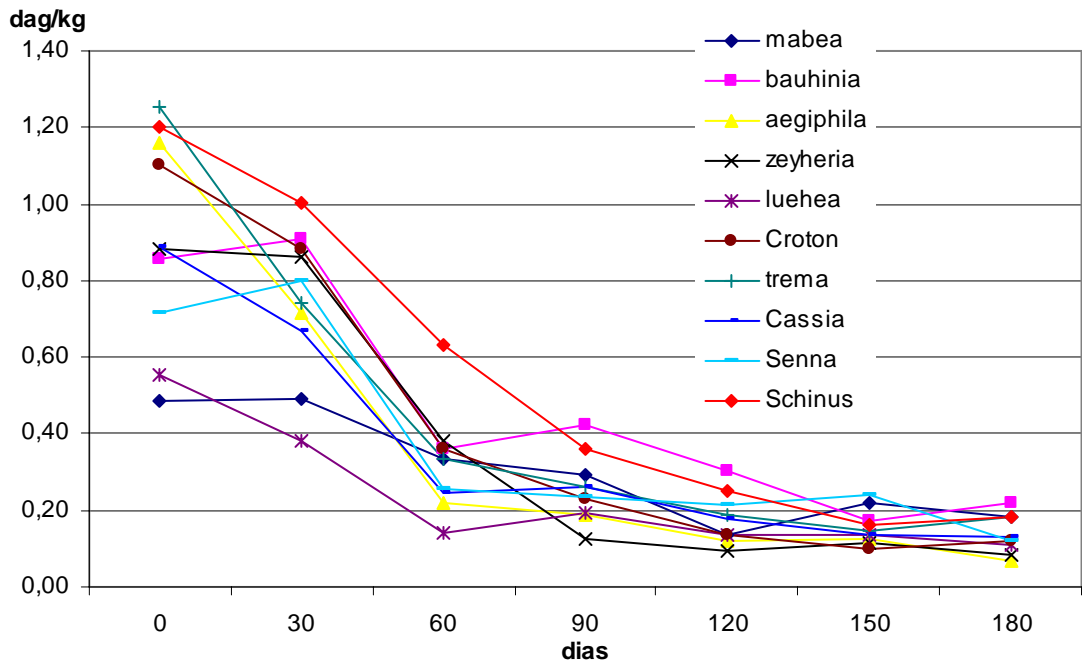


Figura 21. Teores de K dos materiais vegetais das diferentes espécies a cada coleta, ao longo dos seis meses de ensaio de cinética de decomposição em casa de vegetação.

As relações C/N variaram significativamente em função da espécie e da época de amostragem. De forma geral, as relações C/N decaíram durante o processo de decomposição (90 dias) dos materiais, e se mantêm estáveis ou decaem mais ainda com o avanço do processo (180 dias) (Figura 22). Este comportamento reflete o equilíbrio que vai se formando entre os materiais que estão sendo decompostos e a biota responsável por este processo, representada neste ambiente, por exemplo, pelos fungos e bactérias.

Para quatro espécies (*M. fistulifera*, *B. forficata*, *T. micrantha*, *S. terebinthifolius*) a relação volta a subir com o avanço deste processo. Estas quatro espécies apresentaram aumento no teor de C na última coleta, realizada aos 180 dias (Figura 11), o que provocou o aumento na relação C/N.

As relações C/P variaram significativamente em função da espécie (Figura 23). Estas relações apresentaram um aumento considerável para a maioria das espécies durante o início do processo de decomposição (60 dias) devido à liberação do P, uma vez que os teores de C apresentaram significativa redução no período. Entre 60 e 120 dias apresentaram novo aumento, inclusive nos materiais de espécies que antes haviam apresentado decréscimo na relação (*B. forficata* e *T. micrantha*), enquanto *L. gradiflora*, *S. macranthera* e *S. terebinthifolius* já apresentaram início na queda destes valores influenciada pela redução no teor de C no material destas espécies.

A eficiência da ciclagem bioquímica, associada aos baixos teores de P no solo (Quadro 2), podem ter proporcionado essas oscilações na relação C/P (Costa et al., 2005). Nota-se que estas oscilações foram maiores para os materiais foliares que apresentavam inicialmente relação C/P acima de 300, patamar onde passa a ocorrer imobilização (Moreira e Siqueira, 2002).

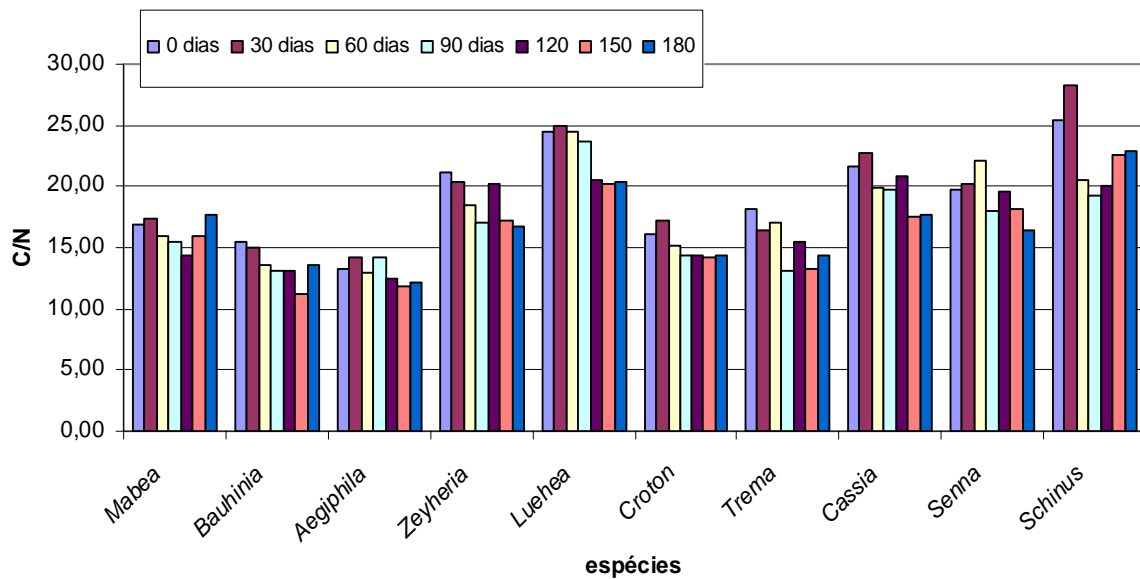


Figura 22. Relações C/N dos materiais vegetais das diferentes espécies a cada coleta, ao longo dos seis meses de ensaio de cinética de decomposição em casa de vegetação.

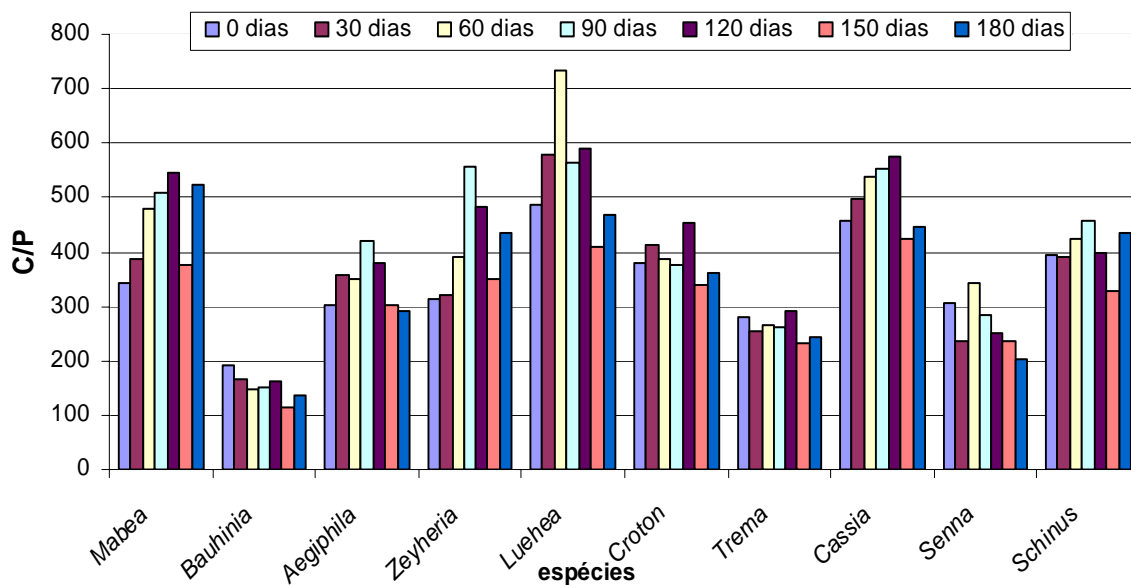


Figura 23. Relações C/P dos materiais vegetais das diferentes espécies a cada coleta, ao longo dos seis meses de ensaio de cinética de decomposição em casa de vegetação.

### *Decomposição dos materiais no Campo*

Os resultados de decomposição acumulada dos materiais foliares obtidos em campo para cada espécie estudada encontram-se expressos no Quadro 8, 9, 10 e 11, bem como na Figura 25 na forma de decomposição acumulada (DA). Estes resultados diferiram estatisticamente entre as espécies e a época de amostragem. A interação entre espécie e época também foi significativa, demonstrando que as espécies tiveram comportamentos distintos em relação a este fator.

As análises dos resultados de decomposição acumulada em cada época de coleta separadamente (30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias) reforçaram os resultados anteriores, indicando que as diferenças entre as velocidades de decomposição ocorrem em função de diferenças nas características dos materiais foliares.

Quadro 8. Valores de decomposição acumulada (DA) dos materiais vegetais das diferentes espécies em função do tempo de decomposição no campo

Espécie	Dias					
	30	60	90	120	150	180
	----- g -----					
<i>Mabea fistulifera</i>	4,54 c	8,51 a	10,09 a	10,63 a	13,94 a	14,43 a
<i>Bauhinia forficata</i>	4,86 c	7,81 a	8,60 b	9,98 a	12,70 a	12,70 a
<i>Aegiphila sellowiana</i>	2,38 d	2,90 c	3,57 d	3,93 b	4,29 b	4,54 b
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	4,37 c	4,92 b	5,50 c	9,56 a	10,22 a	11,12 a
<i>Luehea grandiflora</i>	2,79 d	5,45 b	7,58 b	8,43 a	8,43 b	8,61 b
<i>Croton floribundus</i>	3,55 c	5,49 b	9,23 b	10,28 a	10,28 a	10,28 b
<i>Trema micrantha</i>	2,18 d	3,09 c	5,14 c	5,14 b	5,58 b	6,83 b
<i>Cassia ferruginea</i>	2,54 d	4,90 b	7,83 b	10,78 a	13,92 a	15,96 a
<i>Senna macranthera</i>	6,14 b	9,69 a	11,49 a	12,32 a	12,92 a	15,06 a
<i>Schinus terebinthifolius</i>	8,61 a	9,59 a	10,21 a	11,10 a	11,66 a	14,08 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Assim como observado para a decomposição em casa de vegetação, os materiais vegetais no campo também apresentaram grande variação na velocidade de decomposição ao longo do período experimental. No final do experimento, a perda de massa foi de 36,98 a 91,89%, valores semelhantes aos observados por Gama-Rodrigues et al. (2003) entre 50 a 75% aproximadamente para as espécies nativas, e superior ao observado para eucalipto, onde somente no período de maiores precipitações observou-se a efetiva perda de massa, que chegou a 29 - 33% (Costa et al., 2005).

Comparando os grupos divididos pelo teste Scott-Knott a partir dos resultados de decomposição acumulada, em peso seco (gramas) (Quadro 8), e dos resultados de DA em valores percentuais relativos ao peso seco inicial das folhas (Quadros 9 e 10), observam-se algumas disparidades.

Com os dados de DA em peso, aos 30 e 90 dias de decomposição os materiais foram classificados em quatro grupos, aos 60 dias em três grupos e do meio ao final do ensaio (120, 150 e 180 dias) em apenas dois grupos (Quadro 8). Porém, com os valores percentuais o Scott-Knott separou três grupos ao longo do ensaio e quatro grupos no último mês de coleta, que podemos reagrupar em três para fins de comparação, uma vez que o valor de decomposição do material da espécie classificada no terceiro grupo(c) está mais próximo dos dois valores mais baixos (grupo d) (Quadro 9 e 10).

Quadro 9. Decomposição acumulada (DA) percentual em cada época de coleta, para cada espécie, em campo

Espécie	Dias					
	30	60	90	120	150	180
	----- dag/kg -----					
<i>Mabea fistulifera</i>	28,89 <b>b</b>	54,19 <b>a</b>	64,27 <b>a</b>	67,65 <b>a</b>	88,75 <b>a</b>	91,89 <b>a</b>
<i>Bauhinia forficata</i>	31,54 <b>b</b>	50,67 <b>a</b>	55,77 <b>a</b>	64,70 <b>a</b>	82,34 <b>a</b>	82,34 <b>a</b>
<i>Aegiphila sellowiana</i>	19,53 <b>c</b>	23,80 <b>c</b>	29,28 <b>c</b>	32,29 <b>c</b>	35,22 <b>c</b>	37,30 <b>d</b>
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	35,08 <b>b</b>	39,50 <b>b</b>	44,19 <b>b</b>	76,72 <b>a</b>	82,04 <b>a</b>	89,30 <b>a</b>
<i>Luehea grandiflora</i>	16,09 <b>c</b>	31,43 <b>b</b>	43,69 <b>b</b>	48,60 <b>b</b>	48,60 <b>b</b>	49,63 <b>c</b>
<i>Croton floribundus</i>	23,33 <b>c</b>	36,02 <b>b</b>	60,56 <b>a</b>	67,49 <b>a</b>	67,49 <b>a</b>	67,49 <b>b</b>
<i>Trema micrantha</i>	13,90 <b>c</b>	19,69 <b>c</b>	32,77 <b>c</b>	32,77 <b>c</b>	35,62 <b>c</b>	43,57 <b>d</b>
<i>Cassia ferruginea</i>	14,08 <b>c</b>	27,17 <b>c</b>	43,44 <b>b</b>	59,80 <b>b</b>	77,20 <b>a</b>	88,52 <b>a</b>
<i>Senna macranthera</i>	35,78 <b>b</b>	56,47 <b>a</b>	66,96 <b>a</b>	71,79 <b>a</b>	75,29 <b>a</b>	87,74 <b>a</b>
<i>Schinus terebinthifolius</i>	54,22 <b>a</b>	60,37 <b>a</b>	64,27 <b>a</b>	69,85 <b>a</b>	73,38 <b>a</b>	88,61 <b>a</b>

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Assim como em casa de vegetação, estas disparidades se devem principalmente ao fato de que o cálculo da decomposição acumulada em valores percentuais foi feito usando-se o peso seco, desta forma, apesar de ter sido utilizado o mesmo peso de folhas frescas para a maioria das espécies, estas possuíam conteúdos distintos de água em seu material o que levou a diferentes valores de peso seco inicial entre as espécies.

Desta forma, para comparar a decomposição de cada espécie e permitir a comparação dos dados obtidos em casa de vegetação e campo, adotou-se a decomposição acumulada percentual do peso seco do material vegetal.

Quadro 10. Agrupamento das espécies de acordo com o teste de Scott-Knot para os valores de decomposição acumulada (DA) aos 60 120 e 180 dias após a colocação dos “litter-bags” no campo

Coleta	Decomposição		
	Lenta	Intermediária	Rápida
60 dias	<i>Aegiphila sellowiana</i> <i>Trema micrantha</i> <i>Cassia ferruginea</i>	<i>Zeyheria tuberculosa</i> <i>Luehea grandiflora</i> <i>Croton floribundus</i>	<i>Mabea fistulifera</i> <i>Bauhinia forficata</i> <i>Senna macranthera</i> <i>Schinus terebinthifolius</i>
120 dias	<i>Aegiphila sellowiana</i> <i>Trema micrantha</i>	<i>Luehea grandiflora</i> <i>Cassia ferruginea</i>	<i>Mabea fistulifera</i> <i>Bauhinia forficata</i> <i>Zeyheria tuberculosa</i> <i>Croton floribundus</i> <i>Senna macranthera</i> <i>Schinus terebinthifolius</i>
180 dias	<i>Luehea grandiflora</i> <i>Aegiphila sellowiana</i> * <i>Trema micrantha</i> *	<i>Croton floribundus</i>	<i>Mabea fistulifera</i> <i>Bauhinia forficata</i> <i>Zeyheria tuberculosa</i> <i>Cassia ferruginea</i> <i>Senna macranthera</i> <i>Schinus terebinthifolius</i>

\*espécies inicialmente classificadas em um quarto grupo pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A seleção das espécies realizada através dos resultados obtidos na caracterização química das folhas (Capítulo 1) teve o objetivo de separar as espécies em três grupos de acordo com a velocidade de decomposição prevista. Porém, este experimento foi realizado em ambiente de campo, onde outros fatores como precipitação, temperatura e a fauna de solo atuam sobre os materiais, desta forma nem todas as espécies apresentaram o comportamento esperado (Quadro 11). Assim, além da grande influência das características físicas e químicas do material vegetal observada em casa de vegetação, o papel da fauna de solo fica evidenciado nestes resultados, uma vez que para a maioria dos materiais observou-se maior intensidade de decomposição em condições de campo.

As espécies cujos comportamentos mais diferiram do previsto com base em suas características químicas foram *S. terebinthifolius*, *T. micrantha* e *A sellowiana* (Quadro 11).

*S. terebinthifolius* em casa de vegetação apresentou decomposição rápida, comportamento diferente do previsto devido a suas características físicas, como dito

anteriormente, apresentou no campo apenas a quinta maior decomposição, provavelmente devido às maiores relações C/P e C/N apresentadas ao longo do ensaio (acima de 400 e 20 respectivamente) (Figura 40 e 41). Porém, esta espécie se manteve no grupo das espécies de rápida decomposição e teve o percentual de material decomposto elevado de 61,0 % para 88,6 %. Este aumento provavelmente se deva a atuação da biota do solo, como por exemplo, as formigas observadas forrageando dentro das sacolas de material desta espécie (Figura 24; Quadro 12).

Quadro 11. Ranqueamento das espécies de acordo com a velocidade de decomposição esperada segundo suas características químicas e respectivos valores de decomposição acumulada (DA) aos 180 dias, para campo

<b>Espécies</b>	<b>Velocidade esperada</b>	<b>DA</b>
		<b>dag/kg</b>
<i>M. fistulifera</i>	intermediária	91,89 <b>a</b>
<i>C. ferruginea</i>	rápida	88,52 <b>a</b>
<i>S. macranthera</i>	rápida	87,74 <b>a</b>
<i>Z. tuberculosa</i>	intermediária	89,30 <b>a</b>
<i>S. terebinthifolius</i>	lenta	88,61 <b>a</b>
<i>B. forficata</i>	rápida	82,34 <b>a</b>
<i>C. floribundus</i>	rápida	67,49 <b>b</b>
<i>L. grandiflora</i>	lenta	49,63 <b>c</b>
<i>T. micrantha</i>	rápida	43,57 <b>d</b>
<i>A. sellowiana</i>	rápida	37,30 <b>d</b>

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

As outras duas espécies que apresentaram comportamento bem distinto do previsto, *T. micrantha* e *A. sellowiana*, haviam apresentado em casa de vegetação decomposição intermediária e rápida, respectivamente. Neste ensaio no campo, apresentaram as menores taxas de decomposição entre todas as espécies estudadas, apesar das relações C/P terem se mantido semelhante às da casa de vegetação. Nota-se, entretanto, que a percentagem de decomposição dos materiais de *T. micrantha* e *A. sellowiana* (44,21% e 50,53% respectivamente) foi muito semelhante nos dois ambientes.

Para estas duas espécies as características físicas e químicas e sua interação com os fatores climáticos (umidade), provavelmente, foram mais relevantes na determinação

da decomposição que o fator biótico. Corroborando esta afirmativa tem-se o fato de que a decomposição destas no campo foi maior no mês de março (período entre a segunda e terceira coleta), época de chuvas na região e em casa de vegetação foi menor no período em que a umidade dos vasos estava comprometida pelas altas temperaturas, como comentado anteriormente.

Outro fator que corrobora a afirmativa anterior é a presença de cupins e pequenas formigas no interior das sacolas destas espécies que não apresentaram atividade de corte do material, e não contribuíram para o aumento na decomposição deste.

Outras três espécies apresentaram comportamento distinto do esperado, *M. fistulifera*, *Z. tuberculosa* e *C. floribundus*. A primeira apresentou a maior decomposição acumulada, apesar de ter sido classificada como intermediária com base em suas características químicas e ter seguido este padrão em casa de vegetação, e ter apresentado elevação na relação C/P ao longo do ensaio (acima de 400) (Figura 41). Provavelmente esta elevação da decomposição (de 42,11 para 91,89%) seja devido à interação dos fatores bióticos e climáticos, além da baixa relação C/N apresentada ao longo do ensaio (entre 15 e 20) (Figura 40). Apesar de não ter sido observada a presença de fungos nos materiais desta espécie, foi marcante a presença de raízes finas nestes, o que aliado ao fato desta espécie possuir folhas membranáceas pode ter contribuído para a decomposição do material.

As folhas de *Z. tuberculosa* apresentaram decomposição rápida em relação às demais espécies em campo, porém, como o esperado a partir de sua composição química, havia apresentado velocidade de decomposição intermediária em casa de vegetação. Este comportamento diferenciado ocorreu provavelmente devido à interação da biota e o clima, e a menor relação C/P apresentada ao longo do ensaio em relação à casa de vegetação (Figura 41). Foi observado fungo em seu material apenas no último mês de coleta, porém, assim como a *M. fistulifera*, apresentou presença marcante de raízes finas desde 90 dias após o início do experimento (Quadro 12).

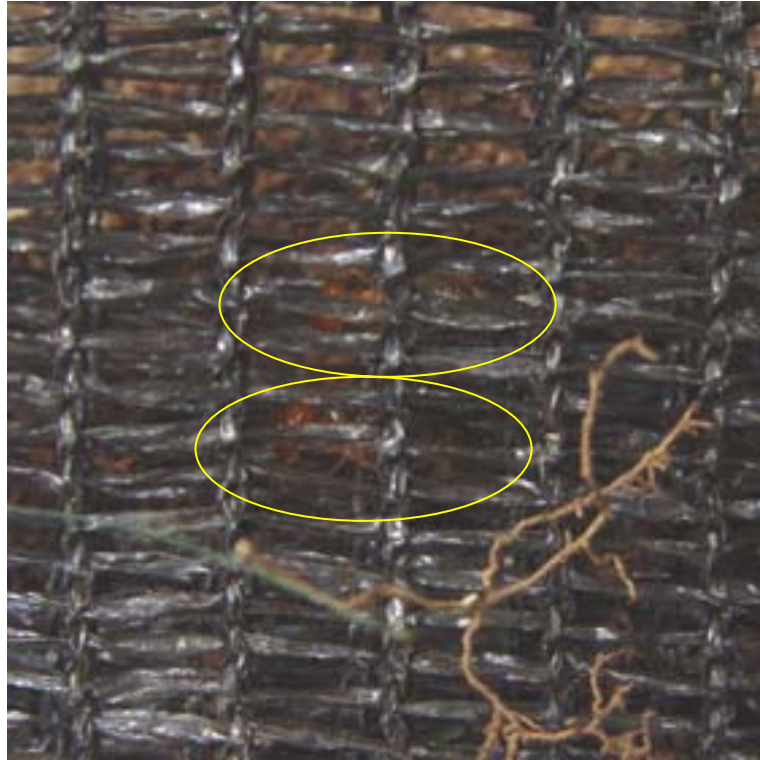


Figura 24. Formigas cortando material dentro do saco da espécie *S. terebinthifolius* no ensaio de campo.

As folhas de *C. floribundus* cuja decomposição em casa de vegetação foi intermediária, comportamento explicado por suas características físicas, no campo apresentou o mesmo posicionamento relativo às demais espécies. Porém, é interessante notar a forte interação com a biota, representada pela marcante presença de fungos em seu material (Quadro 12), que apesar de ter sido capaz de aumentar a decomposição de 37,76 para 67,49% não permitiu superar as demais espécies.

As folhas de *S. macranthera* foram inicialmente classificadas como de rápida velocidade de decomposição, mas apresentaram velocidade intermediária em casa de vegetação, comportamento explicado por suas características físicas. No campo apresentou velocidade de decomposição rápida. Provavelmente devido às baixas relações C/N e C/P (abaixo de 20 e 350 respectivamente) (Figuras 40 e 41) apresentadas ao longo do período de incubação e à interação com a biota, representada pela presença de fungos e raízes finas em seu material (Quadro 12).

Outra espécie cujo comportamento diferiu do observado em casa de vegetação foi *C. ferruginea*, cujas folhas apresentaram velocidade de decomposição lenta frente às demais espécies, apesar de sua constituição química apontar uma decomposição mais acelerada naquele ambiente. No campo este material apresentou decomposição rápida.

O comportamento em casa de vegetação pode ser explicado pelas características físicas de suas folhas, porém no campo estes fatores (permanência de ráquis e pecíolo) foram provavelmente superados pela interação com a biota, somado ao fato de que a relação C/P apresentada ao longo do ensaio de campo foi ligeiramente menor (Figura 41).

Quadro 12. Ocorrência de raízes finas (R), fungos (F) e fauna associada nas sacolas de cada espécie observada nas diferentes épocas de coleta

Espécie	Fauna associada	Época de coleta				
		60dias	90 dias	120 dias	150 dias	180 dias
<i>Mabea fistulifera</i>			R	R	R	R
<i>Bauhinia forficata</i>			R	R	R	R, F
<i>Aegiphila sellowiana</i>	Cupins		R	R	R	R
<i>Zeyheria tuberculosa</i>			R	R	R	R, F
<i>Luehea grandiflora</i>		R	R	R, F	R, F	R, F
<i>Croton floribundus</i>			R	R, F	R, F	R, F
<i>Trema micrantha</i>	Formigas		R	R	R	R, F
<i>Cassia ferruginea</i>			R	R	R	R
<i>Senna macranthera</i>			R	R	R	R, F
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Formigas cortadeiras		R	R	R	R

As folhas de *B. forficata* permaneceram entre os materiais que apresentaram rápida velocidade de decomposição, tanto na casa de vegetação como no campo, confirmando o esperado a partir da determinação de suas características químicas. Porém, a interação com a biota e os fatores climáticos contribuíram para o aumento significativo na sua decomposição de 56,30 para 82,34%.

Da mesma forma, as folhas de *L. grandiflora* apresentaram velocidade de decomposição lenta no campo e em casa de vegetação como previsto com base em suas características químicas. Porém, devido às interações com a biota (Quadro 12) sua decomposição passou de 26,17 para 52,42%.

O comportamento geral das espécies ao longo do período experimental pode ser analisado a partir dos valores de decomposição acumulada e a decomposição mensal (Figuras 25 e 26). Nota-se que a decomposição foi mais acelerada nos três primeiros meses de coleta, correspondendo a janeiro, fevereiro e março. A decomposição inicial se apresenta mais acelerada devido ao caráter mais lábil de certos compostos, como ocorreu em casa de vegetação. Porém, associada a este fator químico, estes meses são meses mais quentes e úmidos que os demais, características que favorecem a atividade de decomposição da micro e mesofauna, o que explica a acelerada atividade de decomposição apresentada em março, diferente do que ocorreu em casa de vegetação.

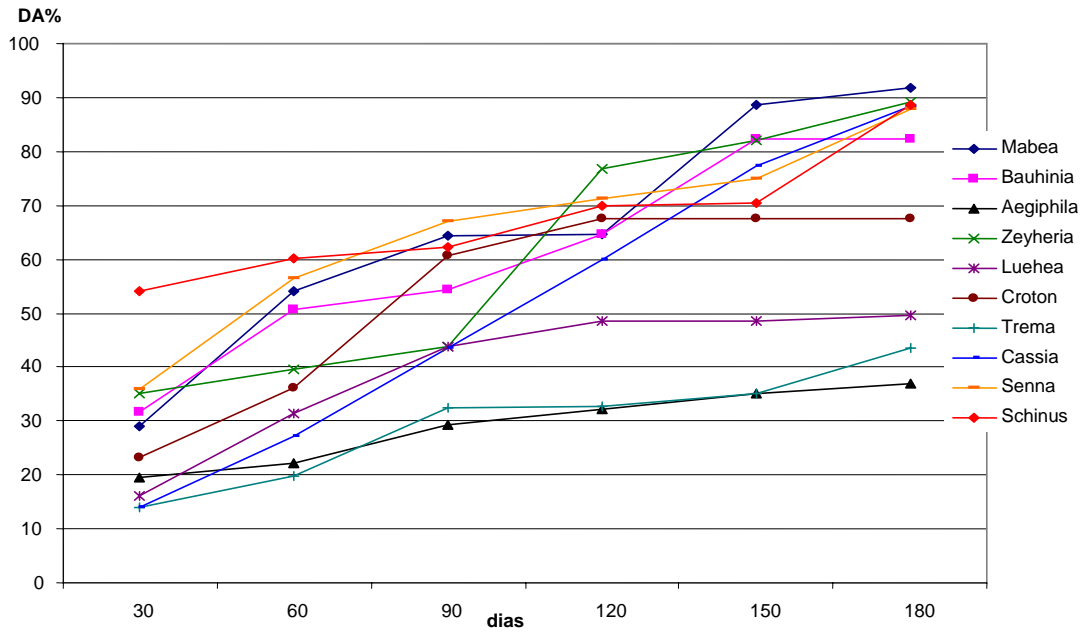


Figura 25. Valores de decomposição acumulada, obtidos ao longo dos seis meses de ensaio de cinética, em campo.

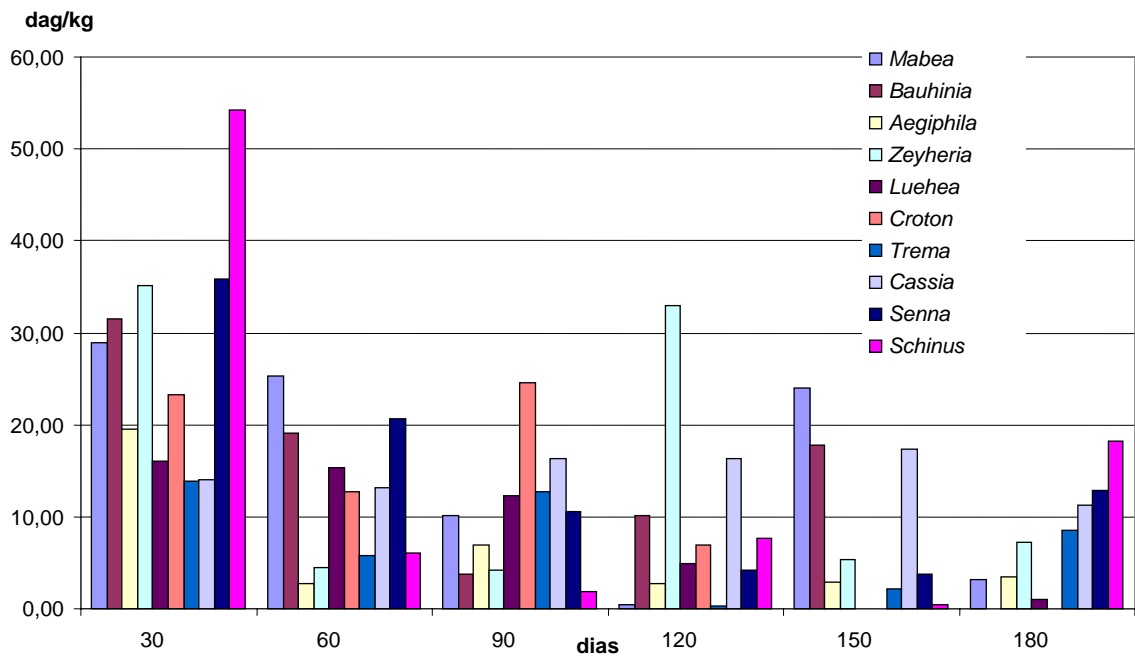


Figura 26. Percentagem de decomposição mensal, obtidos ao longo dos seis meses de ensaio de cinética, em campo.

Nestes meses observou-se a intensa atividade microbiana através dos resultados de evolução de CO<sub>2</sub> obtidos em condições de campo (Figura 27). Desta forma, em abril,

quando em casa de vegetação foi observada uma paralisação da decomposição, no campo a atividade microbiana acusa um ambiente favorável para decomposição tanto em relação a sua própria atividade sobre os materiais, quanto à umidade deste ambiente, fator importante discutido anteriormente para o ensaio em casa de vegetação.

Estudos realizados em florestas secundárias no estado do Rio Janeiro evidenciam a importância dos fatores climáticos na dinâmica de decomposição dos materiais vegetais. Durante o período seco e frio, ao final de 85 dias o percentual de material remanescente foi de 61 a 65%. Em outra avaliação maior, de cerca de 180 dias entre o outono e o inverno, no final do período restava ainda 32 a 37% do material original intacto (Toledo, 2003).

A influência exercida pela pluviosidade no acúmulo e velocidade de decomposição é evidenciada nas regiões de clima tropical como a Amazônia por trabalhos que demonstram que na estação seca, a velocidade de decomposição da serapilheira é lenta (216 dias em floresta de terra firme, sob ação dos microorganismos) em relação à época mais úmida (apenas 37 dias nas florestas de terra firme). Os fatores que contribuem para essa dinâmica na estação chuvosa são, principalmente, a rápida e eficiente ação dos macro-artrópodos (cupins), bem como a intensa penetração das raízes no material em decomposição, além da intensa atividade dos microorganismos (Luisão, 1982).

Desta forma, ao se estudar o processo de decomposição da serapilheira deve-se ressaltar a importância da fauna do solo. O grupo funcional dos saprófagos, dentre os que compõem a fauna do solo, são os principais responsáveis pela disponibilização dos nutrientes para serem reabsorvidos pelas plantas. Seu papel foi evidenciado em estudo realizado em florestas secundárias no Rio de Janeiro, onde este grupo funcional obteve baixa frequência, o que pode ser uma explicação para a baixa taxa de decomposição observada (Toledo, 2003).

Na área deste ensaio de campo, estudos anteriores indicaram a predominância de três grupos taxonômicos: Formicidae, Coleoptera e Diptera. A relevância do grupo Formicidae para a comunidade da fauna do solo é atribuída ao hábito social, com a construção de ninhos onde utilizam as partículas minerais do solo, matéria orgânica de origem vegetal, secreções e dejetos, sendo considerados de fundamental importância para os processos de decomposição nestes sistemas. Nesta área a proporção de Formicidae foi de mais de 50% do total. Os Collembola (micrófagos) influenciam na decomposição dos materiais vegetais fragmentando-os e ainda têm um papel importante

na formação de microestrutura do solo e indiretamente na fertilidade do solo, criando um balanço favorável entre bactérias e fungos, e produzindo enzimas (Nunes, 2003).

Nos dois últimos meses, em casa de vegetação o ambiente se tornou favorável à manutenção da umidade e foi observado o aparecimento de musgos e fungos na superfície dos solos dos vasos e nos materiais em decomposição, sinalizando maior atividade da microbiota e correspondendo a um período de aumento de velocidade de decomposição. Em condições de campo, neste período, cerca de metade das espécies reduziu sua velocidade (sua decomposição mensal) (*Z. tuberculosa*, *L. grandiflora*, *C. floriundus*, *A. sellowiana*), provavelmente devido aos fatores climáticos associados aos bióticos, como nos mostra a redução da atividade da microbiota neste período através da redução na evolução de CO<sub>2</sub> (Figura 27).

A variação encontrada na liberação de CO<sub>2</sub> em função da época do ano, sinalizando uma variação na atividade biológica do solo, também foi constatada em estudo realizado nesta área anteriormente, onde os resultados mostraram uma atividade dependente das variações ambientais, principalmente quanto ao teor de umidade no solo. No período mais seco do ano (julho) a respiração do solo medida em laboratório decresceu cerca de 50% em resposta às condições desfavoráveis de umidade no solo (Nunes, 2003).

Nesta área os valores de respiração encontrados em medições no campo em estudo anterior variaram de 152,53 a 417,62 mg m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub> no solo e de 160,56 a 504,23 mg m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub> na serapilheira em períodos secos e úmidos, respectivamente. Esses valores correspondem a 1.336,16 e 3.658,35 g m<sup>-2</sup> ano<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub> para o solo, e a 1.406,50 e 4.417,05 g m<sup>-2</sup> ano<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub> para a serapilheira. Observa-se a grande variação entre os períodos estudados, confirmando a dependência em relação aos fatores climáticos (Nunes, 2003).

Porém, as outras espécies apresentam um incremento na decomposição de cerca de 20 % nestes dois últimos meses. Este comportamento pode estar relacionado com o fato de estas espécies serem aquelas classificadas no grupo de decomposição rápida, e por este motivo possuírem características químicas e físicas favoráveis à decomposição, o que associado às interações observadas com fungos permitiu apenas uma pequena redução na velocidade enquanto as demais espécies sofreram grande redução com a queda na umidade (redução chuvas) e da temperatura. A presença de serapilheira sendo depositada sobre os sacos pode ter contribuído para esta pequena redução, uma vez que em estudo realizado na área, no período mais seco do ano, observou-se que a

serapilheira diminuiu os efeitos de deficiência hídrica sobre a atividade biológica (Nunes, 2003).

É interessante notar que as características químicas não foram suficientes para prever adequadamente o comportamento das espécies, e foi necessária uma avaliação conjunta com suas características físicas para entender o comportamento destas em ambiente controlado (casa de vegetação). Em condições de campo, a interação com a biota e o clima modificou novamente o comportamento dos materiais vegetais, porém esta mudança não foi constante, uma vez que os materiais de algumas espécies aparentemente não sofreram interferências na sua taxa de decomposição (*T. micrantha* e *A. sellowiana*) e de outras o comportamento foi consideravelmente alterado (*M. fistulifera*, *Z. tuberculosa* e *L. grandiflora*).

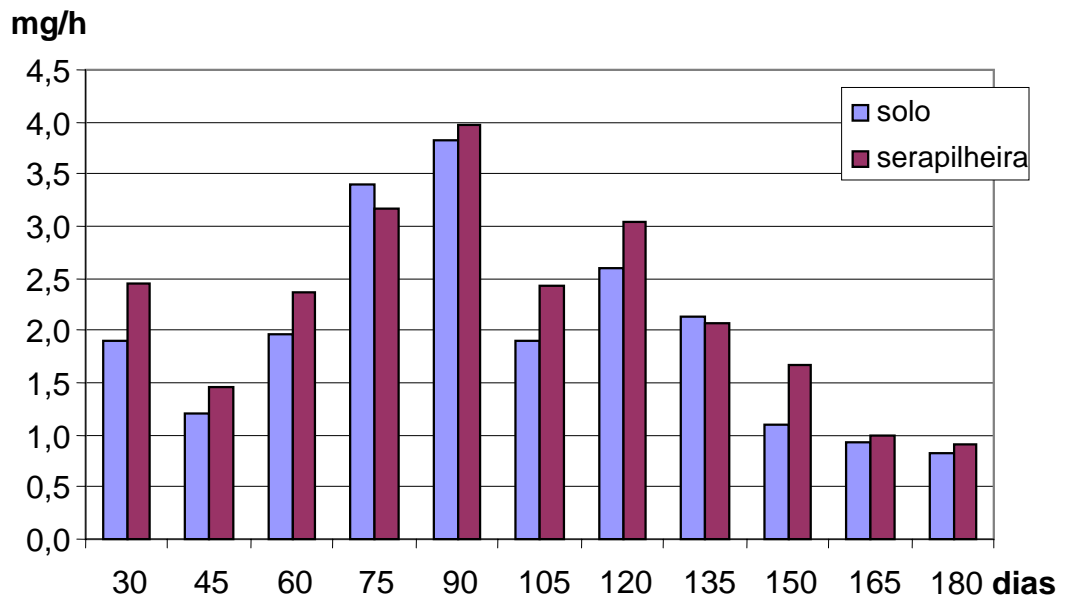


Figura 27. Carbono evoluído no campo, por um período de 24h a cada 15 dias.

Esta interação entre fatores bióticos e abióticos é confirmada em estudo de decomposição do folheto de eucalipto incubado em diferentes sistemas florestais no sul da Bahia, onde foram observadas diferenças na velocidade de decomposição desse material em função do ambiente. Após 360 dias, foi constatada uma perda de massa de 53 % sob floresta natural e 43 % sob o povoamento de eucalipto. A autora sugere que as interações dos fatores abióticos e bióticos que regem a funcionalidade dos ecossistemas florestais atuam positiva ou negativamente na velocidade de decomposição do folheto, mostrando assim que, mesmo em nível local, o processo de decomposição não é

influenciado apenas pela qualidade do substrato, mas também pela qualidade do ambiente (Gama-Rodrigues, 1997).

- ***Carbono, Nitrogênio, Fósforo, Enxofre, Cálcio, Magnésio, Potássio e Relações C/N e C/P***

Os teores de C foliar variaram significativamente entre as épocas de coleta para as diferentes espécies. Apenas nas coletas aos 60 e 90 dias o fator época não foi significativo. Provavelmente este resultado reflita o período de decomposição dos materiais após a decomposição daqueles mais lábeis que diferenciavam as espécies, porém antes de restarem apenas os materiais carbonados mais recalcitrantes que também diferenciam as espécies na sua velocidade de decomposição.

Os resultados das análises de carbono dos materiais ao longo do experimento apresentaram relativas variações (Figura 28), porém, de modo geral nota-se pequena redução no seu teor em todas as espécies estudadas no primeiro mês de coleta (30 dias), uma redução maior até o terceiro mês (90 dias) e uma relativa manutenção destes teores nos meses seguintes. Esta redução inicial provavelmente diz respeito aos compostos mais lábeis, como açúcares, de fácil decomposição. A manutenção posterior na grande maioria das espécies provavelmente se deve a recalcitrância de compostos carbônicos que restaram, como por exemplo, a lignina e celulose.

As análises de nitrogênio apresentaram variações ao longo do experimento, através de imobilização e liberação de nitrogênio, provavelmente devidas às interações com a biota do solo (Figura 29 e Quadro 13). Gama-Rodrigues et al. (2003) atribuíram a liberação e, ou, enriquecimento líquido de N dos folhedos das espécies florestais estudadas por eles à movimentação interespecífica de nutrientes ocorrida em folhedos heterogêneos, governada pelo gradiente de nutrientes. Situação análoga foi reportada por Wood (1974), que observou aumentos do teor de N durante a decomposição do folheto de *E. delegatensis*, mediante a translocação do elemento pelas hifas de fungos.

Além disso, o aumento no teor de nitrogênio apresentado nos materiais pode também estar refletindo a colonização deste material por fungos e raízes finas, uma vez que este elemento tem grande mobilidade nas folhas e no solo.

Apenas a espécie *L. grandiflora* apresentou imobilização de N ao final do período de incubação no ensaio de campo, diferente do ocorrido em casa de vegetação, onde além desta espécie, *B. forficata*, *T. micrantha* e *C. ferruginea* apresentaram

imobilização deste elemento (Quadro 13). Provavelmente a interação com a microbiota e a movimentação interespecífica de nutrientes contribuíram para esta redução na imobilização do N nos materiais foliares estudados.

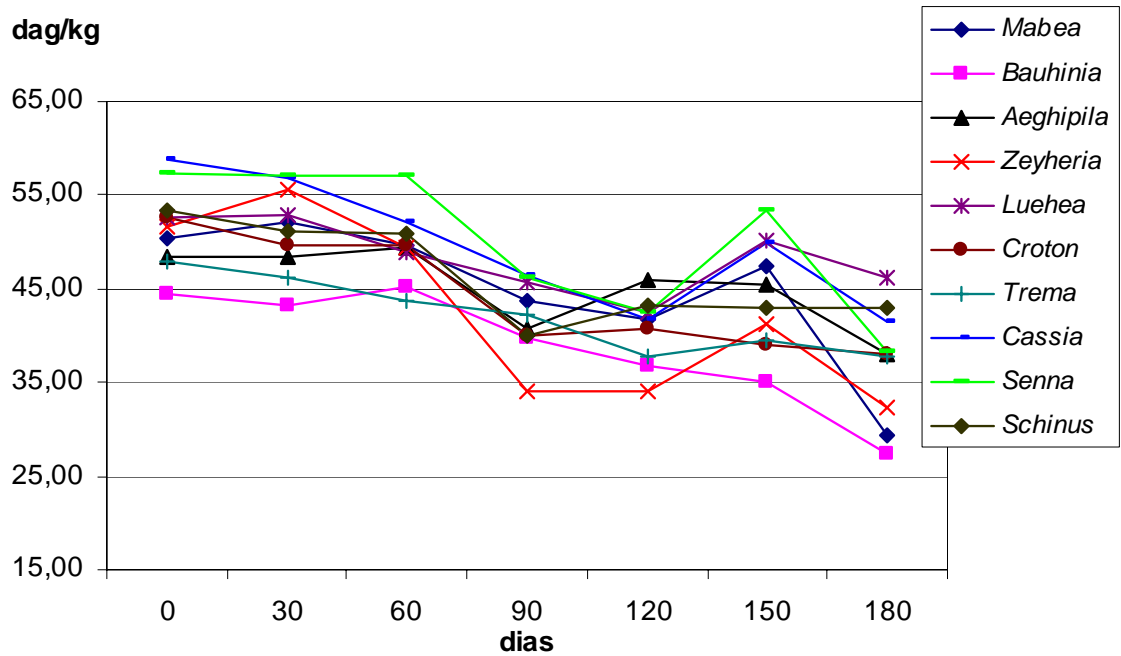


Figura 28. Teor de carbono dos materiais vegetais das diferentes espécies a cada coleta, ao longo dos seis meses de ensaio de cinética de decomposição em campo.

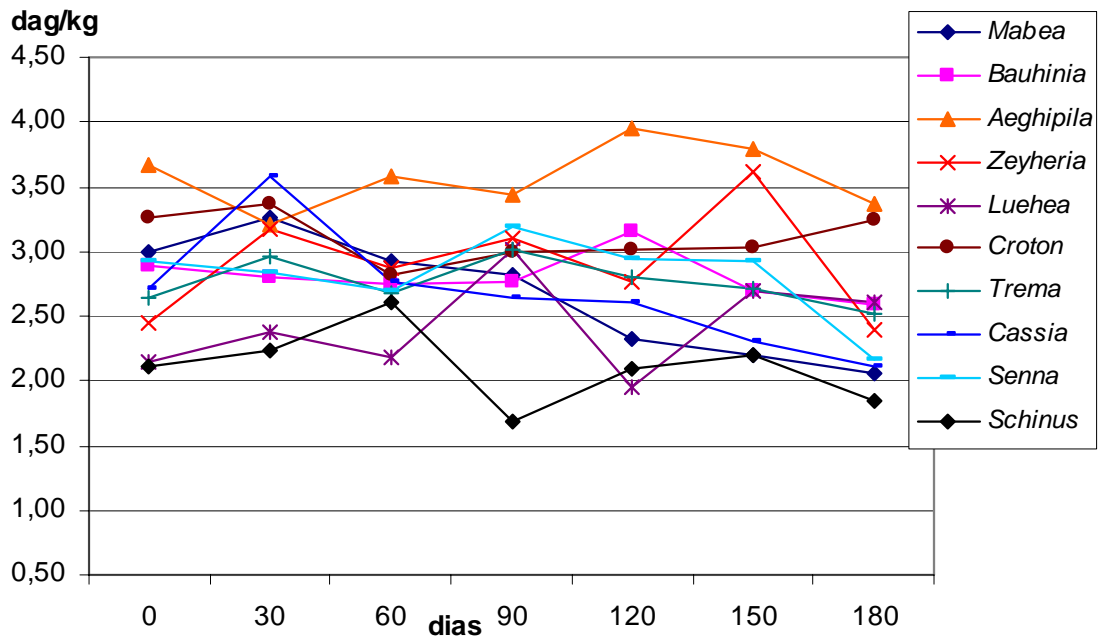


Figura 29. Teor de nitrogênio dos materiais vegetais das diferentes espécies a cada coleta, ao longo dos seis meses de ensaio de cinética de decomposição em campo.

Quadro 13. Percentuais de liberação de nutrientes do material vegetal das diferentes espécies em campo

Espécie	Campo					
	N	S	P	Ca	Mg	K
	-----%-----					
<i>Mabea fistulifera</i>	31,51	78,3	92,4	87,4	91,6	97,6
<i>Bauhinia forficata</i>	10,40	65,7	85,9	83,1	91,9	97,3
<i>Aegiphila sellowiana</i>	8,45	13,9	48,4	51,7	72,0	96,7
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	1,91	78,8	93,1	93,7	96,0	98,7
<i>Luehea grandiflora</i>	-21,62	29,7	53,8	66,0	65,1	89,7
<i>Croton floribundus</i>	0,72	71,0	68,4	65,3	77,5	94,5
<i>Trema micrantha</i>	4,78	17,0	65,1	53,6	56,5	96,2
<i>Cassia ferruginea</i>	22,55	87,5	91,4	89,7	94,7	99,0
<i>Senna macranthera</i>	25,80	94,2	92,5	94,9	96,1	98,4
<i>Schinus terebinthifolius</i>	11,89	90,4	91,9	87,4	91,6	97,6

Os teores de S nos materiais vegetais variaram significativamente em função das espécies e da época de amostragem.

Diferente do observado em casa de vegetação, onde os conteúdos foliares de S permaneceram relativamente constantes, em condições de campo apresentaram pequeno decréscimo ao longo do ensaio, exceto para as folhas de *S. macranthera* que apresentaram grande redução no conteúdo do elemento até cerca de 60 dias, 30 dias antes do observado em casa de vegetação, e ao atingir valor de conteúdo semelhante às demais espécies mantém o mesmo comportamento destas (Figura 30). Este comportamento pode ter decorrido pela maior possibilidade de interações com a microbiota neste ambiente, e sua maior diversidade em relação à casa de vegetação.

Os teores de S apresentaram de maneira geral, assim como em casa de vegetação, um acréscimo ao longo do ensaio, provavelmente devido à permanência deste elemento nos tecidos vegetais com o decorrer da decomposição destes, uma vez que este é um elemento estrutural de membranas celulares (Figura 31). O decréscimo apresentado ao final do ensaio em casa de vegetação pode ser observado em campo já aos 120 dias, reflexo da maior decomposição sofrida pelos materiais vegetais nestas condições.

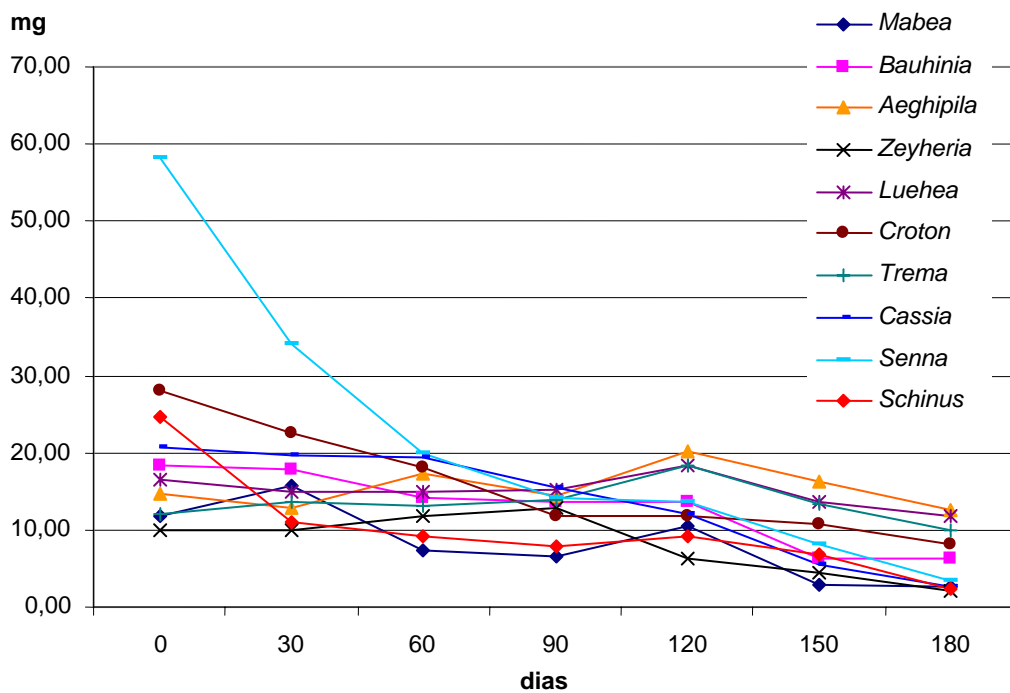


Figura 30. Conteúdos de S dos materiais vegetais das diferentes espécies a cada coleta, ao longo dos seis meses de ensaio de cinética de decomposição em campo.

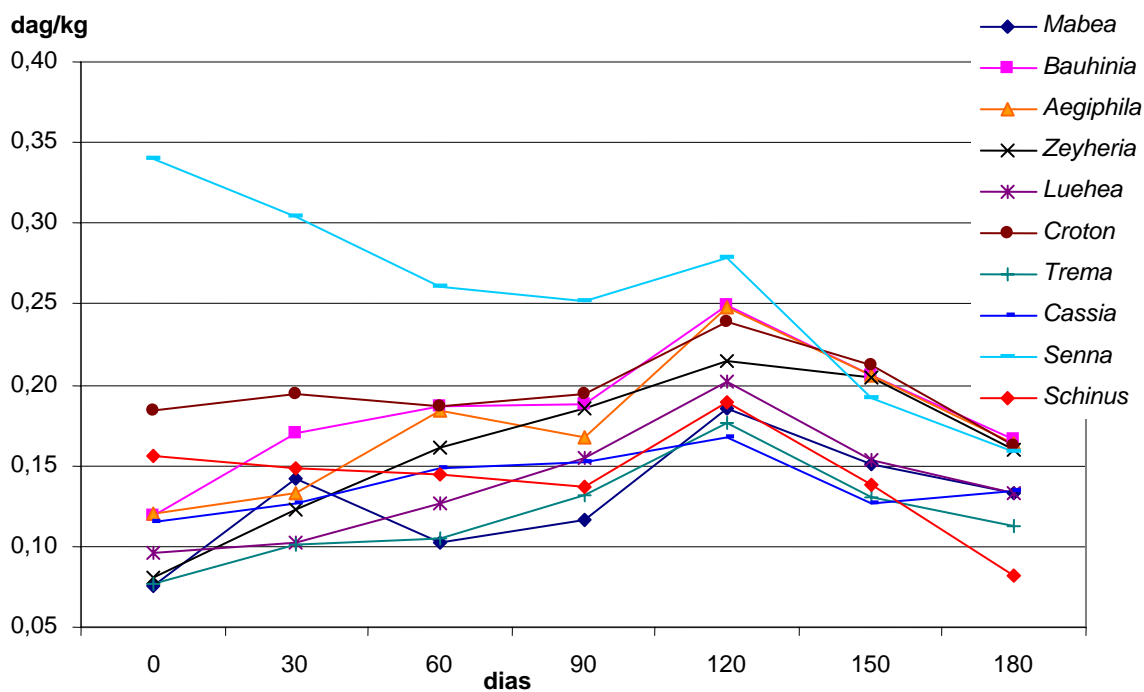


Figura 31. Teores de S dos materiais vegetais das diferentes espécies a cada coleta, ao longo dos seis meses de ensaio de cinética de decomposição em campo.

Ao final do ensaio observa-se liberação líquida de S para todas as espécies, diferente do ocorrido em casa de vegetação, provavelmente devido a interações com a microbiota do solo (Quadro 13).

Nota-se, no entanto, que o aumento na liberação do S no campo em relação à casa de vegetação não foi proporcional entre as espécies, ocorrendo inclusive redução para o material da *A. sellowiana* (de 28,78 a 13,90%). Por outro lado, *M. fistulifera* e *Z. tuberculosa* que haviam apresentado as maiores acumulações de S (-7,34 e -7,26%), agora estão entre as espécies que apresentaram maiores liberações (78,32 e 78,76%).

Estes resultados refletem a maior interação com a microbiota existente em ambiente de campo, e as possíveis trocas de nutrientes entre os materiais através da fauna do solo, propiciando um ambiente mais favorável à decomposição e prevenindo imobilizações, como as ocorridas em casa de vegetação, ambiente com menor diversidade específica de microbiota de solo.

Os conteúdos de P nos materiais vegetais variaram significativamente em função das espécies e da época de amostragem. Semelhante ao observado em casa de vegetação, de modo geral a redução nos conteúdos de P dos materiais vegetais ocorreu nos primeiros 90 dias, porém de maneira bem mais acentuada (Figura 32). Após este período os conteúdos mantiveram-se relativamente constantes como ocorrido em casa de vegetação, porém sem apresentar aumento aos 150 dias. Este comportamento provavelmente reflete, assim como para o enxofre, a maior interação com a microbiota existente em ambiente de campo tanto em relação a maior decomposição do material vegetal, como em relação a possíveis transferências de nutrientes.

Comparando-se os conteúdos iniciais e ao final do período de incubação, observa-se que houve liberação de P, semelhante ao observado na decomposição em casa de vegetação (Quadro 13). A magnitude das liberações foi superior à encontrada em casa de vegetação, com as espécies apresentando aumentos aproximadamente proporcionais e mantendo as relações entre si.

Em relação aos teores de P nos materiais vegetais das espécies nas diferentes épocas de amostragem, nota-se uma oscilação nos valores obtidos semelhante ao ocorrido em casa de vegetação, porém com acréscimos para todas as espécies aos 120 dias (Figura 33).

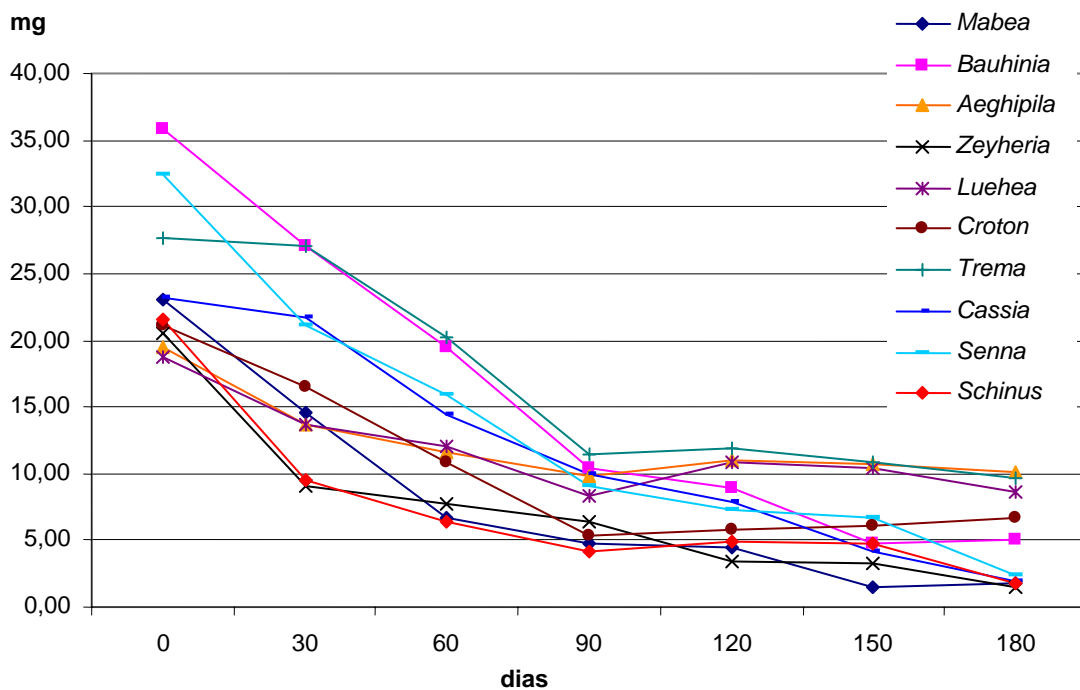


Figura 32. Conteúdos de P dos materiais vegetais das diferentes espécies a cada coleta, ao longo dos seis meses de ensaio de cinética de decomposição em campo.

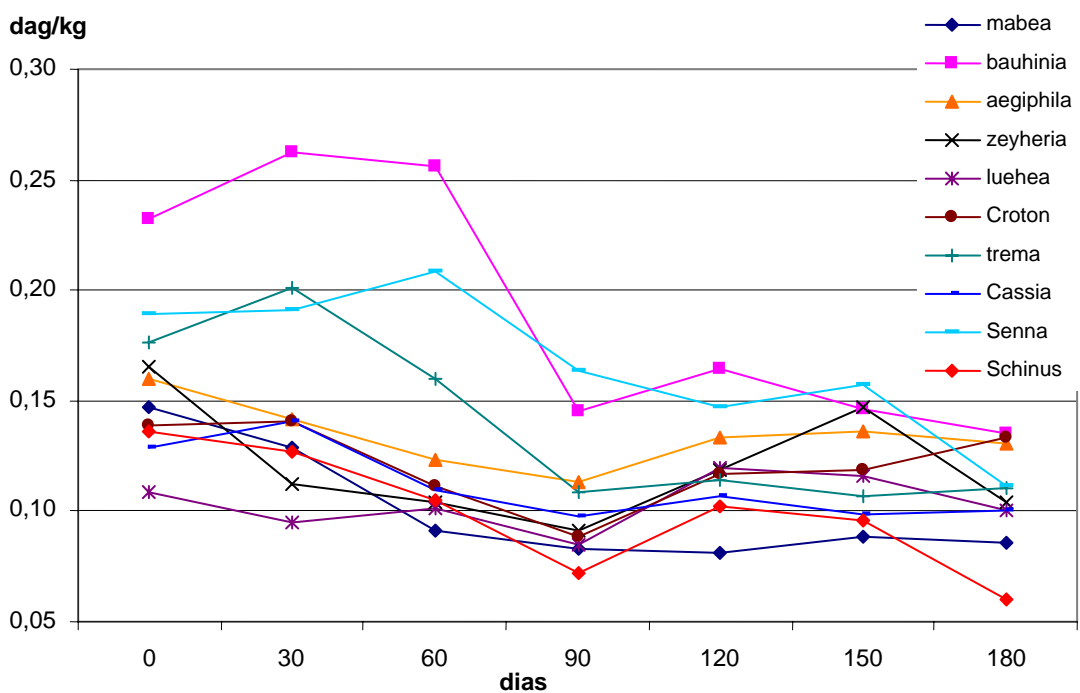


Figura 33. Teores de P dos materiais vegetais das diferentes espécies a cada coleta, ao longo dos seis meses de ensaio de cinética de decomposição em campo.

Os conteúdos e teores de Ca nos materiais vegetais variaram significativamente em função das espécies e da época de amostragem, porém a influência da época nos conteúdos deste elemento foi diferenciada entre as espécies.

Para o conteúdo de Ca, o comportamento dos materiais vegetais das espécies no campo foi semelhante ao observado em casa de vegetação, apesar da magnitude ter sido diferente. De modo geral houve redução considerável no conteúdo de este elemento nos primeiros 60 dias (Figura 34). Sendo assim, esta redução inicial, da mesma forma que em casa de vegetação, está ligada à decomposição das membranas celulares e a manutenção posterior esteja relacionada com a recalcitrância de compostos carbônicos que restaram, como a lignina e celulose constituintes da parede celular, local onde se encontra o Ca nas células.

Analisando-se os teores de Ca nos materiais vegetais das espécies nas diferentes épocas de amostragem, nota-se uma oscilação nos valores obtidos, semelhante ao ocorrido em casa de vegetação (Figura 35).

Porém, da mesma forma que ocorreu em casa de vegetação, provavelmente a oscilação apresentada pelos teores de Ca nos materiais seja devido a permanência deste elemento nos tecidos vegetais com o decorrer da decomposição dos materiais.

Ao final do ensaio observa-se uma liberação líquida de Ca (Quadro 13). De modo geral as liberações líquidas por espécie sofreram aumentos proporcionais em relação à casa de vegetação, aproximadamente mantendo as relações entre si, exceto para *M. fistulifera* que apresentou incremento considerável em sua liberação, saindo de um valor extremamente baixo (8,7%) para um relativamente alto entre as espécies (87,4%). Estes valores estão acima dos relatados em literatura. Costa et al. (2005) encontraram liberação entre 18 a 20 %, Gama-Rodrigues e Barros (2002) relataram liberação de Ca em torno de 26 %, enquanto Guo e Sims (2002) observaram acúmulo de Ca ao final de 12 meses de decomposição.

Os conteúdos e teores de Mg nos materiais vegetais variaram significativamente em função das espécies e da época de coleta. Foi constatada influência da época em relação aos teores e conteúdos de Mg de forma diferenciada para cada espécie.

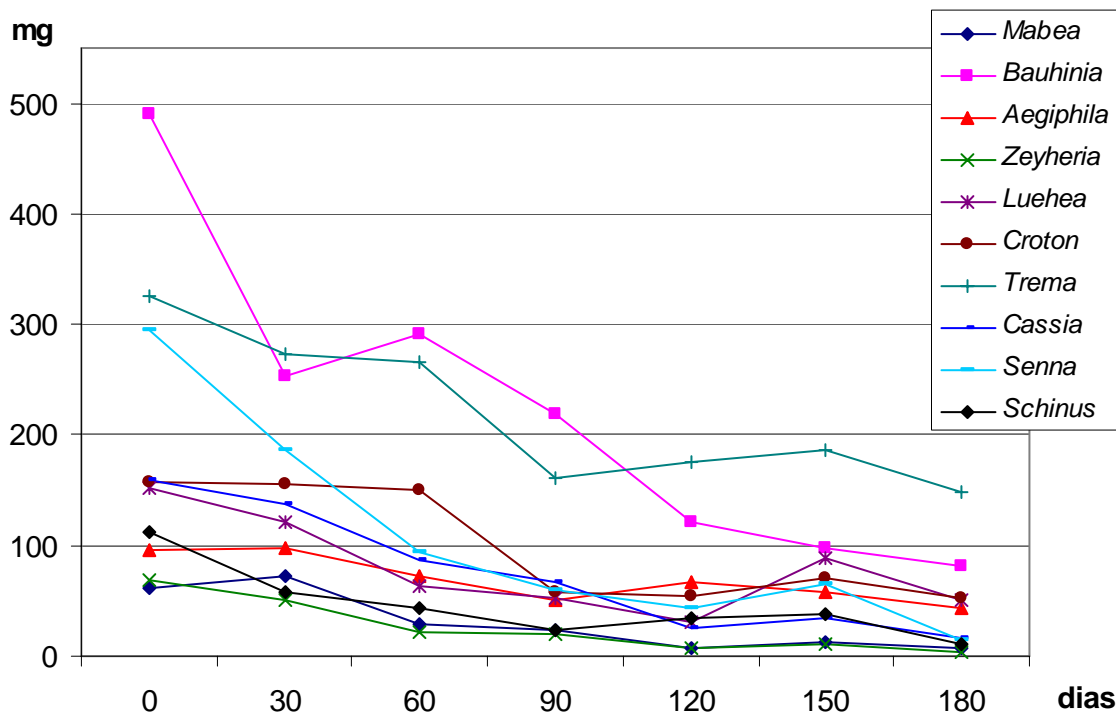


Figura 34. Conteúdos de Ca dos materiais vegetais das diferentes espécies a cada coleta, ao longo dos seis meses de ensaio de cinética de decomposição em campo.

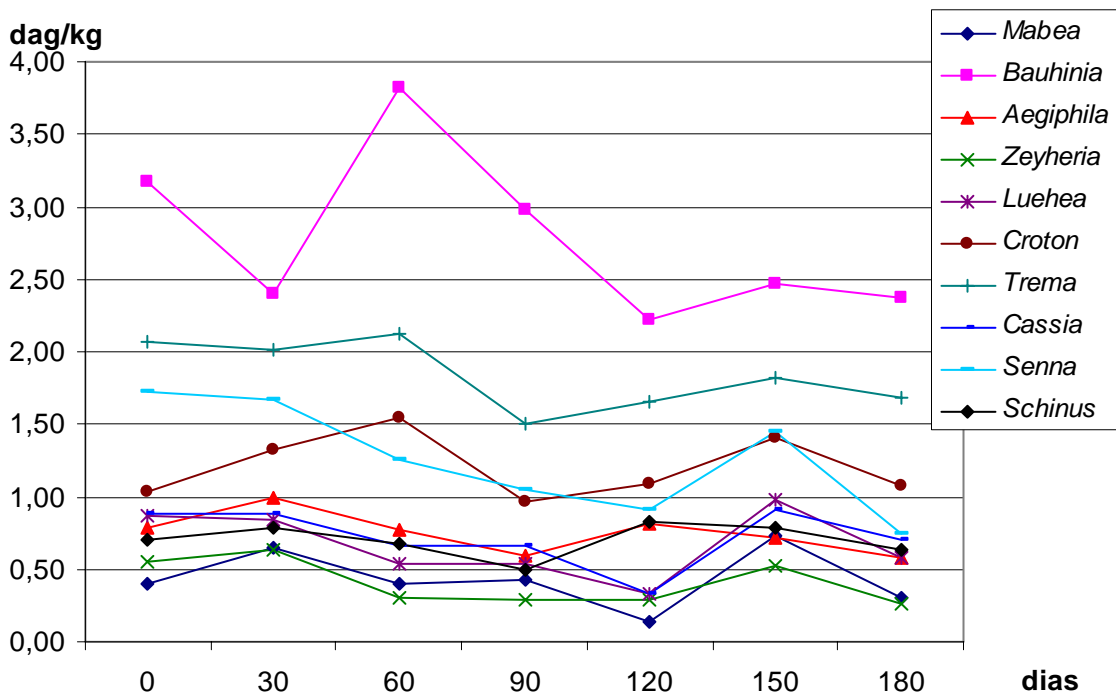


Figura 35. Teores de Ca dos materiais vegetais das diferentes espécies a cada coleta, ao longo dos seis meses de ensaio de cinética de decomposição em campo.

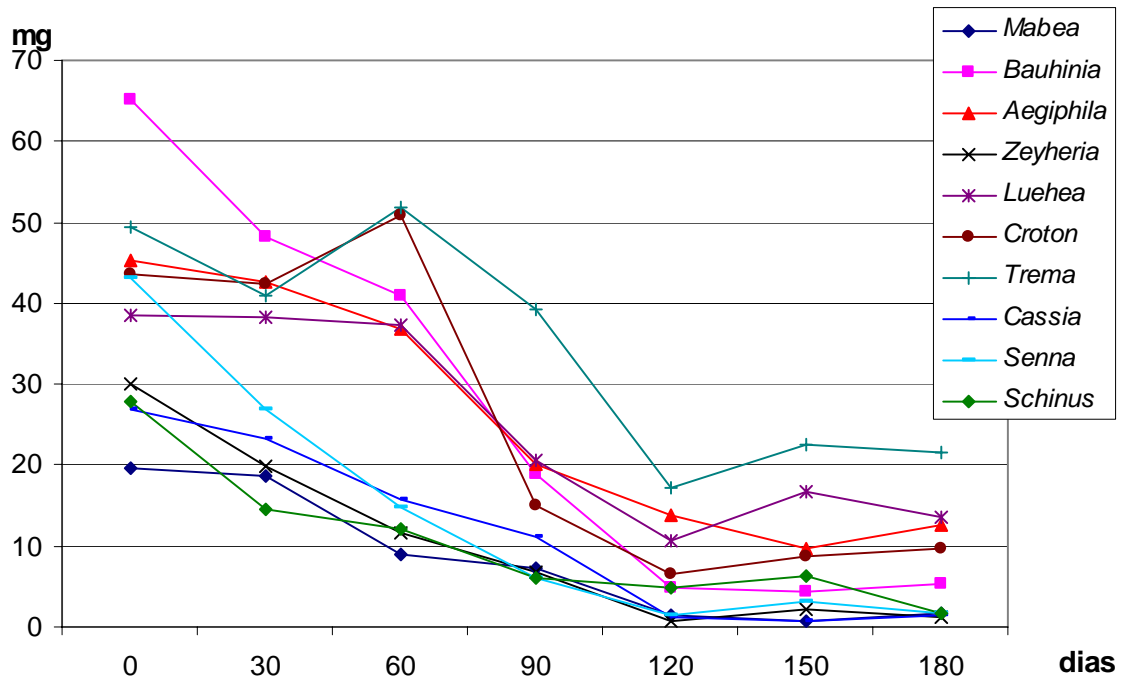


Figura 36. Conteúdos de Mg dos materiais vegetais das diferentes espécies a cada coleta, ao longo dos seis meses de ensaio de cinética de decomposição em campo.

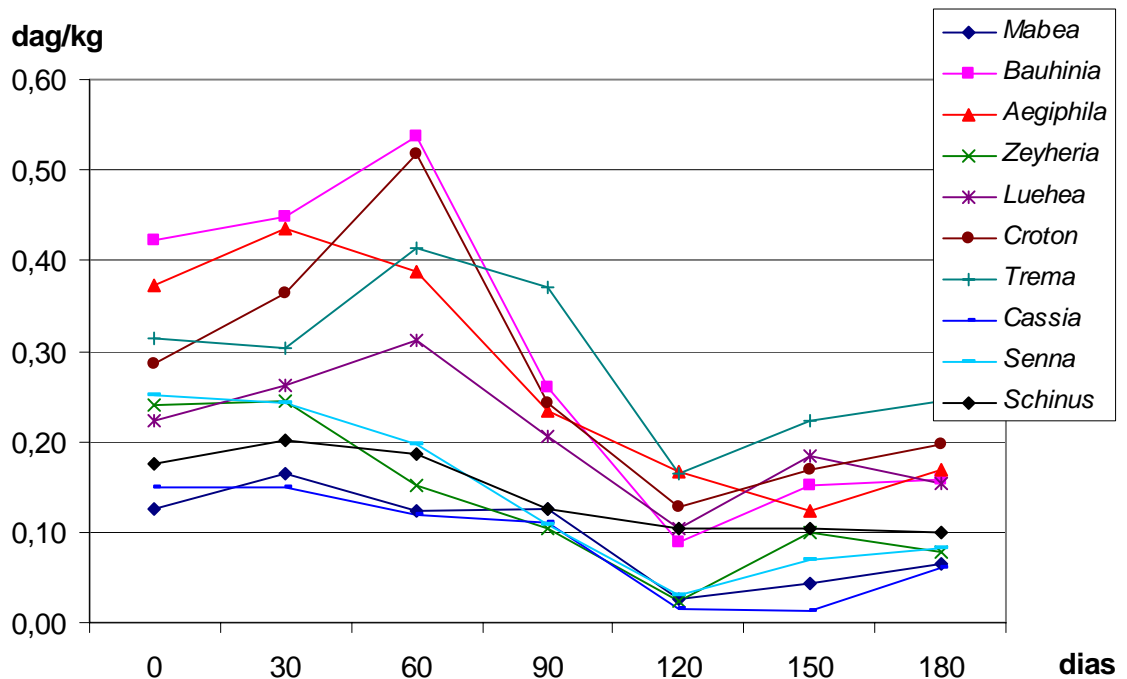


Figura 37. Teores de Mg dos materiais vegetais das diferentes espécies a cada coleta, ao longo dos seis meses de ensaio de cinética de decomposição em campo.

Diferente do observado em casa de vegetação, a redução relativamente mais rápida no conteúdo de Mg dos materiais vegetais nos dois primeiros meses ocorreu apenas em seis espécies (Figura 36). Observam-se oscilações nos conteúdos, provavelmente devido a interações ambientais com a biota de solo. Estas oscilações ficam mais evidentes e podem ser observadas também em outras espécies quando os resultados são analisados em termos de teores (Figura 37). Porém, provavelmente a oscilação apresentada nos teores seja devido à permanência deste elemento nos tecidos vegetais com o decorrer da decomposição dos materiais, em relação a compostos mais solúveis.

Apesar das oscilações nos teores e conteúdos deste elemento, ao final do ensaio observou-se liberação líquida de Mg (Quadro 13). Assim como os valores encontrados para decomposição em casa de vegetação, os observados em condições de campo encontravam-se acima dos relatados em literatura (Costa et al., 2005).

De modo geral as liberações líquidas por espécie foram diferentes em relação à casa de vegetação não apenas na amplitude, mas também em relação às diferenças entre espécies.

Os teores de K nos materiais vegetais variaram significativamente em função das espécies e da época de amostragem.

O K como já foi dito é um elemento que se encontra livre dentro das células vegetais, desta forma, devido a sua alta mobilidade, foi rapidamente liberado com o início da decomposição dos materiais vegetais (Figuras 38 e 39).

Provavelmente devido a maior interação ambiental no campo, este elemento teve uma liberação quase total aos 90 dias para todas as espécies (Quadro 13), enquanto em casa de vegetação esta liberação se estendeu até o final deste experimento.

As relações C/N variaram significativamente em função da espécie e da época de amostragem. Estas relações decaíram durante o início do processo de decomposição (90 dias). Porém se mantiveram estáveis ou tornaram a subir com o avanço da decomposição (180 dias) (Figura 40). Este comportamento reflete o equilíbrio que vai se formando entre o material que está sendo decomposto e a biota responsável por este processo, onde a permanência de compostos mais recalcitrantes no final da decomposição leva a uma elevação na C/N.

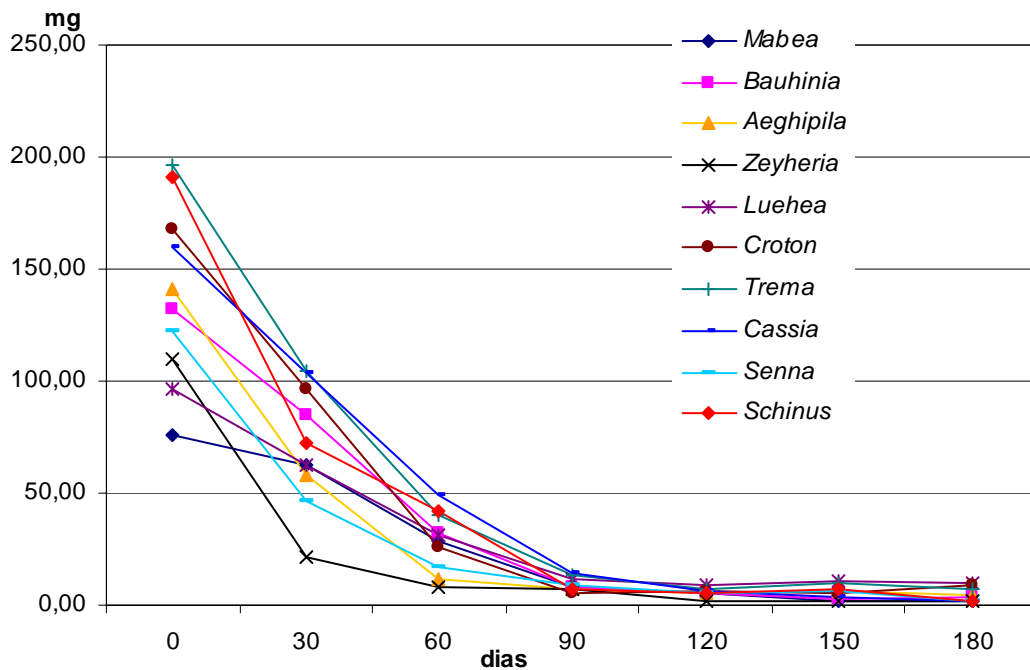


Figura 38. Conteúdos de K no material vegetal das diferentes espécies existente nos sacos ao longo dos seis meses de ensaio de cinética de decomposição em campo.

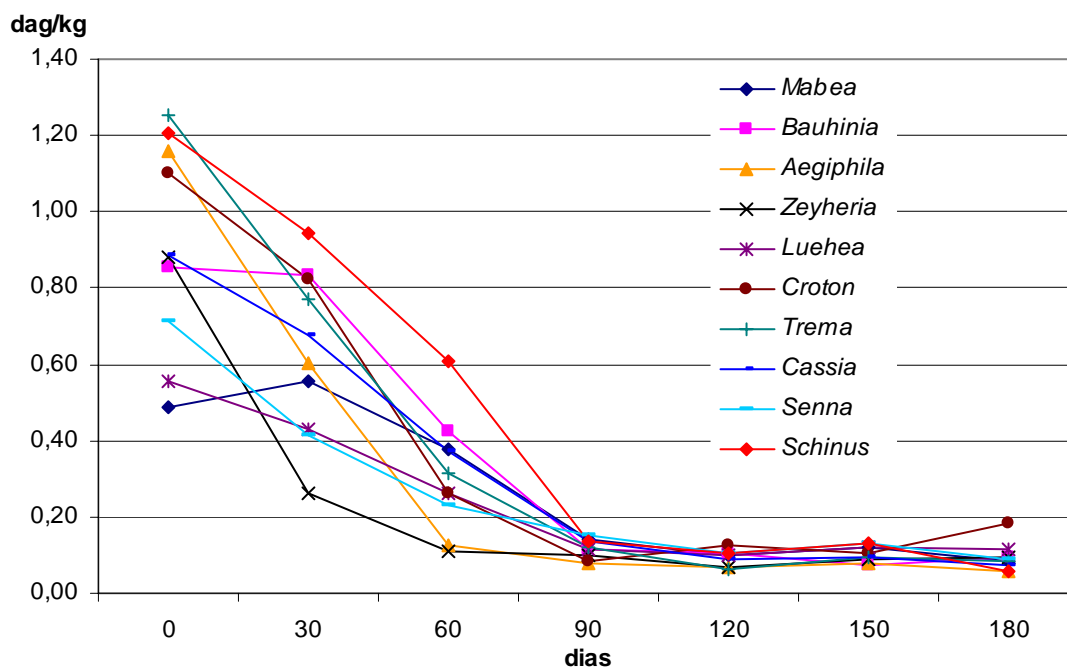


Figura 39. Teores de K no material vegetal das diferentes espécies existente nos sacos ao longo dos seis meses de ensaio de cinética de decomposição em campo.

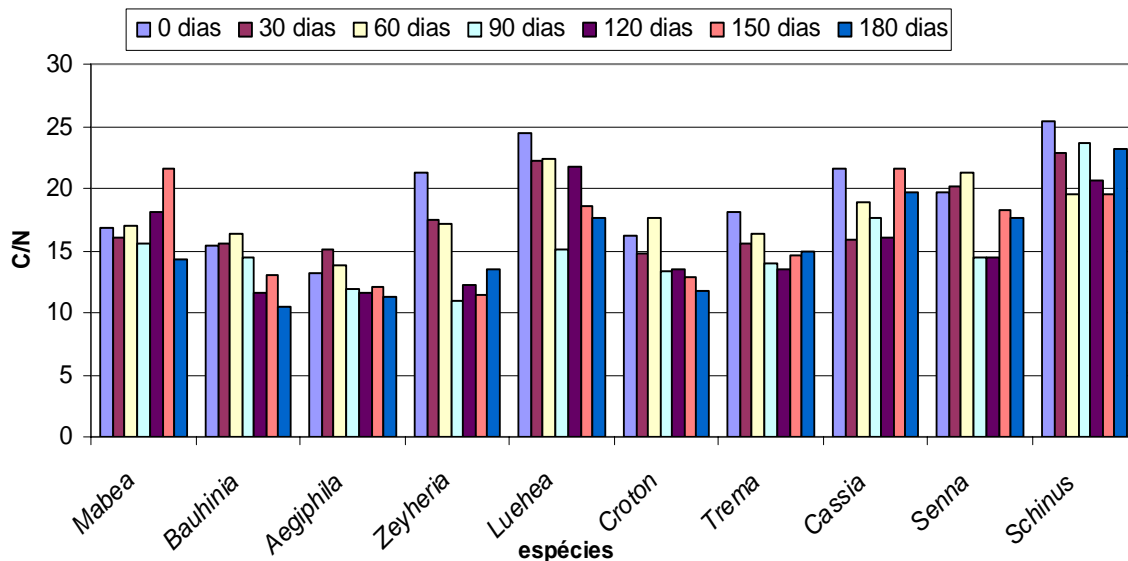


Figura 40. Relação C/N dos materiais vegetais das diferentes espécies a cada coleta, ao longo dos seis meses de ensaio de cinética de decomposição em campo.

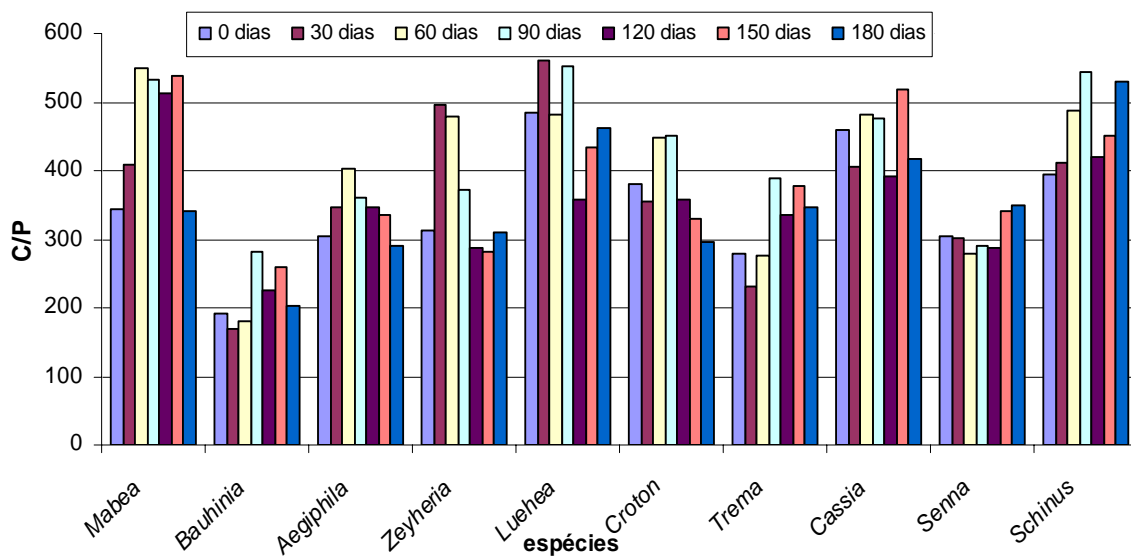


Figura 41. Relação C/P dos materiais vegetais das diferentes espécies a cada coleta, ao longo dos seis meses de ensaio de cinética de decomposição em campo.

As relações C/P apresentaram um aumento considerável para a maioria das espécies durante o início do processo de decomposição (60 dias), provavelmente devido à liberação do P, uma vez que os teores de C apresentaram ligeira queda no período. Porém, apresentaram queda durante os meses seguintes, tornando a subir no final da

decomposição para a maioria das espécies (180 dias), provavelmente reflexo das características dos compostos residuais, como lignina e celulose (Figura 41).

A eficiência da ciclagem bioquímica, associada aos baixos teores de P no solo (Quadro 2), pode ter proporcionado essas oscilações na relação C/P (Costa et al., 2005). Nota-se que estas oscilações foram significativas para os materiais foliares que apresentavam inicialmente relação C/P acima de 300.

## Conclusões

A decomposição acumulada dos materiais foliares variou com a espécie e com o ambiente (casa de vegetação e campo).

As características químicas utilizadas para prever a velocidade de decomposição relativa dos materiais foliares estudados não foram suficientes para explicar o comportamento destes, indicando que a forma de separar os grupos talvez não tenha sido adequada e características químicas não determinadas e/ou físicas do material vegetal estariam também influenciando a velocidade de decomposição dos materiais vegetais.

A influência da biota na decomposição dos materiais foliares em campo foi evidenciada, tanto na alteração da classificação das espécies quanto aos grupos de velocidade de decomposição, como no aumento observado nos valores de decomposição destes materiais, em relação à casa de vegetação.

Em casa de vegetação as espécies foram reunidas em apenas dois grupos, sendo que *B. forficata*, *A. sellowiana* e *S. terebinthifolius* foram as espécies que apresentaram material foliar de decomposição rápida, enquanto que os materiais das demais espécies foram considerados de decomposição intermediária.

No campo as espécies *M. fistulifera*, *B. forficata*, *Z. tuberculosa*, *C. ferruginea*, *S. macranthera* e *S. terebinthifolius* foram as que apresentaram material foliar de decomposição rápida, enquanto *L. grandiflora*, *A. sellowiana* e *T. micrantha* de decomposição lenta e *C. floribundus* de decomposição intermediária.

Os teores de N nos materiais foliares oscilaram entre imobilizações e liberações. Ao final do ensaio em casa de vegetação observou-se imobilização de N nos materiais foliares das espécies *B. forficata*, *T. micrantha* e *C. ferruginea*, enquanto as demais

apresentaram liberação líquida deste elemento. Apenas a espécie *L. grandiflora* apresentou imobilização de N ao final do ensaio de campo.

Ao final do ensaio em casa de vegetação o P apresentou liberação líquida para todas as espécies em casa de vegetação e campo, no entanto, observou-se imobilização de S no material de *M. fistulifera*, *Z. tuberculosa*, *L. grandiflora* e *T. micrantha* e liberação líquida deste elemento para as demais espécies. Ao final do ensaio de campo observou-se liberação líquida de S para todas as espécies, diferente do ocorrido em casa de vegetação, assim para o material foliar das espécies estudadas, o P não seria o nutriente mais limitante do processo de decomposição, e sim o S.

No ensaio de casa de vegetação, assim como no de campo, o período de decomposição de 180 dias possibilitou significativa liberação de K, Mg e Ca para todos os materiais vegetais.

A liberação de nutrientes dos materiais vegetais das espécies variou em função das condições ambientais, sendo mais efetiva em condições de campo devido à interação com uma biota diversa.

### **Literaturas citadas**

AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **R. Bras. Ci. Solo**, n. 27, p.601-612, 2003.

BREMNER, J.M., MULVANEY, C. S. Nitrogen total. In: PAGE, A. L (Ed) **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy. p. 595-624, 1982.

CAMPELLO, E.F.C; DIAS, L. E.; RIBEIRO JR., E.S. Revegetação de áreas de mineração de ouro no cerrado com arbustos e árvores associadas a microrganismos. In: IV Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas. Blumenau, SC. 2000. SOBRADE, FURB. 2000, CD-ROM.

CONSTANTINIDES, M.; FOWNES, J.H. Nitrogen mineralization from leaves and litter of tropical plants: relationships to nitrogen, lignin and soluble polyphenol concentrations. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v. 26, n.1, p 49-55.1994.

CORREIA, M.E.F.; ANDRADE, A.G. Formação da serrapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.G. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**, Porto Alegre: Gênese, 1999, p.197-255.

COSTA, G. S.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; CUNHA, G. M. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em povoamentos de *Eucalyptus grandis* no norte fluminense. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.4, p.563-570, 2005.

DIAS, L.E.; GRIFFITH, J.J. Conceituação e caracterização de áreas degradadas. In: DIAS, L.E. & MELLO, J.W.V. de (Eds.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa, UFV, Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas. Editora Folha de Viçosa Ltda. Viçosa-MG. p.1-8. 1998.

DIAS, L. E.; CAMPELLO, E.F.C.; RIBEIRO JR., E.S. Uso de leiras na revegetação de um substrato remanescente da exploração de ouro em Paracatu, MG. In: IV Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas. Blumenau, SC. 2000. SOBRADE, FURB. 2000, CDROM.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F.; SANTOS, M. L. Decomposição e liberação de nutrientes do folheto de espécies florestais nativas em plantios puros e mistos no sudeste da Bahia. **R. Bras. Ci. Solo**, n. 27, p.1021-1031, 2003.

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

GLUFKE, C. **Espécies florestais recomendadas para recuperação de áreas degradadas**. Porto Alegre, Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul. 48p.:il. 1999.

GRIFFITH, J.J.; DIAS, L.E.; DE MARCO, P. JR. A Recuperação Ambiental. **Ação Ambiental**. n.10, p.8-11. 2000.

JAMALUDHEEN, V.; KUMAR, B.M. Litter of multipurpose trees in Kerala, India: variations in the amount, quality, decay rates and release of nutrients. **Forest Ecology and Management**, n.115, p.1-11. 1999.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Biologia celular e molecular**. Ed. Guanabara Koogan. 6ª edição. 282p. 1997.

LEKHA, A.; GUPTA, S.R. Decomposition of *Populus* and *Leucaena* leaf litter in a groforestry system. **Environmental Science and Forestry**, n. 15, p.97-108. 1989.

LUISÃO, F. J. Produção e decomposição de liteira em floresta de terra firme da Amazônia Central. Aspectos químicos e biológicos da lixiviação e remoção de nutrientes da liteira. 1982. 107 f. (Dissertação Mestrado) - INPA / FUA, Manaus.

MENDONÇA, E. de S.; MATOS, E. S. **Matéria orgânica do solo: métodos de análises**. Viçosa: UFV. 107p. 2005.

MOREIRA, F. M.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Ed. UFLA, 2002. 626p.

NUNES, L. A. P. L. Qualidade de um solo cultivado com café e sob mata secundária no município de Viçosa-MG. 2003. 102p. : il. (Tese doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

TOLEDO, L. O. Aporte de serapilheira, fauna edáfica e taxa de decomposição em áreas de floresta secundária no município de Pinheiral, RJ. 80f. 2003. (Dissertação Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Florestas.

WOOD, T.G. Field investigations on the decomposition of leaves of *Eucalyptus delegatensis* in relation to environmental factors. **Pedobiologia**, n.14, p.343-371, 1974.

YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Commun. Soil Sci. Plant anal.*, n.19, p.1467-1476, 1988.