

**UNIVERSIDADE ESTADUAL VALE DO ACARAÚ
PROGRAMA DE MESTRADO EM ZOOTECNIA**

**EFEITO DOS FATORES FÍSICOS E BIOLÓGICOS SOBRE A
DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DA FOLHAGEM
DE ESPÉCIES ARBÓREAS DA CAATINGA**

FRANCISCO WELITON CHAGAS LIMA

**SOBRAL - CE
MARÇO - 2009**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL VALE DO ACARAÚ
PROGRAMA DE MESTRADO EM ZOOTECNIA**

**EFEITO DOS FATORES FÍSICOS E BIOLÓGICOS SOBRE A
DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DA FOLHAGEM
DE ESPÉCIES ARBÓREAS DA CAATINGA**

FRANCISCO WELITON CAHAGAS LIMA

**SOBRAL - CE
MARÇO – 2009**

FRANCISCO WELITON CHAGAS LIMA

EFEITO DOS FATORES FÍSICOS E BIOLÓGICOS SOBRE A
DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DA FOLHAGEM DE
ESPÉCIES ARBÓREAS DA CAATINGA

**Dissertação apresentada ao programa de
Mestrado em Zootecnia, da Universidade
Estadual Vale do Acaraú, como requisito
parcial para obtenção do Título de Mestre
em Zootecnia.**

Área de concentração: Pastagem e
Forragicultura.

ORIENTADOR:
PROF. DR. JOÃO AMBRÓSIO DE ARAÚJO FILHO.

**SOBRAL - CE
MARÇO-2009**

FRANCISCO WELITON CHAGAS LIMA

**EFEITO DOS FATORES FÍSICOS E BIOLÓGICOS SOBRE A
DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DA FOLHAGEM
DE ESPÉCIES ARBÓREAS DA CAATINGA**

Dissertação defendida e aprovada em 23 de março de 2009
Pela Comissão Examinadora constituída por:

DR. RAIMUNDO NONATO DE BRAGA LÔBO
EMBRAPA CAPRINOS E OVINOS
ÁREA: MELHORAMENTO GENÉTICO ANIMAL

DRA. MÔNICA MATOSO CAMPANHA
EMBRAPA CAPRINOS E OVINOS
ÁREA: SISTEMAS AGROFLORESTAIS

PROF. DR. FABIANNO CAVALCANTE CARVALHO
UNIVERSIDADE ESTADUAL VALE DO ACARAÚ
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E BIOLÓGICAS

PROF. DR. ENÉAS REIS LEITE
UNIVERSIDADE ESTADUAL VALE DO ACARAÚ
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E BIOLÓGICAS

PROF. DR. JOÃO AMBRÓSIO DE ARAÚJO FILHO
UNIVERSIDADE ESTADUAL VALE DO ACARAÚ
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E BIOLÓGICAS
(PRESIDENTE)

SOBRAL – CE
MARÇO -2009

À Deus nosso eterno senhor, aos meus pais, Zacarias Ferreira Lima e Valderina Chagas Lima (em memória), pelo amor, dedicação e afeto.

A minha esposa, Gervanha Maria Jorge Teixeira, aos meus filhos, Kelly Aguiar Ximenes Lima, Juliana Aguiar Ximenes Lima, Francisco Wellington Lima Júnior, Valderina Aguiar Ximenes Lima, Isabela Jorge Teixeira e ao meu neto, Gabriel Victor de Sales Farias, pelo apoio e compreensão na luta por esse título.

As minhas irmãs, Marly Chagas Lima, Naide Lima Bezerra, Francineide Chagas Lima, Aurineide Chagas de Lima, Aurilene Chagas Lima e a todos que me apoiaram nesta árdua caminhada.

Dedico este trabalho.

A minha esposa, Gervanha, a meus filhos, Wellington Jr, Valderina, Kelly e Juliana e ao meu orientador, Dr. João Ambrósio e todos que me incentivaram e acreditaram neste trabalho.

Ofereço

AGRADECIMENTOS

Aos professores Timbó, João Ambrósio de Araújo Filho, Diônes Oliveira dos Santos, Expedito Cezário Martins

As minhas colegas de turma, Márcia e Ana Cláudia, a coordenação do mestrado da Universidade Estadual Vale do Acaraú –UVA, pela flexibilização nos horários das aulas, possibilitando minha participação no curso.

A Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA e a Embrapa Caprinos e Ovinos pela oportunidade na realização deste mestrado em zootecnia UVA/Embrapa.

Ao Prof. João Ambrósio de Araújo Filho que aceitou o convite para ser o meu orientador, e que durante esses dois anos do curso mestrado foi um grande mestre na orientação deste trabalho.

Ao Dr. Marcelo Renato A. de Araújo, que sempre compreendeu e apoiou a minha empreitada pela realização desta pós-graduação.

Ao Prof. Dr. Raimundo Nonato Braga Lôbo, pela presteza e disponibilidade para atender na realização das análises estatísticas dos dados do experimento.

A Dra. Mônica Matoso Campanha, pelos conselhos, sugestões e críticas ao nosso trabalho, contribuindo para aperfeiçoamento do mesmo.

Ao Dr. Enéas Reis Leite, pelas sugestões e críticas construtivas ao trabalho.

Ao Prof. Dr. Fabianno Cavalcante Carvalho, pelas críticas construtivas, contribuindo também com valiosas sugestões ao nosso trabalho.

Ao Dr. Vinícius Guimarães pela grandiosa ajuda na formatação e melhoria da dissertação e apresentação do trabalho.

Ao Dr. Jorge Luís de Sales Fárias, pelo incentivo na realização do mestrado.

Aos colegas de pós-graduação, Cavalcante, Lúcio, Eliane, Roberta (caçulinha da turma), Márcia, Ana Cláudia e Emiliano pela amizade e companheirismo.

Aos colegas bolsistas da iniciação científica, Tiago Silva Bezerra, Francisca Mirlanda Vasconcelos Furtado, Marcos Deames Araújo Silva e Henrique.

Muito Obrigado

Prefiro acreditar na luta pela conquista do saber, e ter esperança na colheita de bons frutos, pois se estudar é amargo, os seus frutos são doces.

SUMÁRIO **Francisco Weliton Chagas Lima**

LISTA DE TABELAS.....	X
LISTA DE FIGURAS.....	XI
RESUMO GERAL.....	XII
ABSTRACT GENERAL.....	XIII
1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	01
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	02
CAPITULO I	
REFERENCIAL TEÓRICO	
1 A importância ecológica da circulação de nutrientes.....	03
2 Produção e decomposição da serrapilheira.....	04
3 Principais nutrientes reciclados: fontes, depósitos e reservatórios.....	07
4 Liberação e acúmulo de nutrientes em florestas.....	09
5 Estudos da produção de serrapilheira em diferentes ecossistemas brasileiros.....	11
6 Produção de serrapilheira e ciclagem de nutrientes na caatinga.....	11
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	14
CAPÍTULO II	
Efeitos do intemperismo físico e biológico sobre a decomposição da folhagem de espécies arbóreas da caatinga	
RESUMO.....	18
ABSTRACT.....	19
1.INTRODUÇÃO.....	20
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
4 CONCLUSÕES.....	31
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32
CAPÍTULO III	
Liberação de macronutrientes da folhagem de espécies arbóreas da caatinga em decomposição sob a ação de fatores físicos e biológicos	
RESUMO	36
ABSTRACT.....	37
1 INTRODUÇÃO.....	38
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	39
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
4 CONCLUSÕES.....	46
5 AGRADECIMENTOS.....	47
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
APÊNDICES.....	50

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 01	Teores (%) de nitrogênio (N), carbono (C), lignina (Lig) e as relações LIG/N e C/N da folhagem de espécies lenhosas da caatinga.....	29
Tabela 02	Comparação das médias de decomposição (%) da interação (espécie x posição) em base anual.....	29
Tabela 03	Comparação das médias da interação espécie x posição x período x sistema.....	32

CAPÍTULO 3

Tabela 01	Comparação das médias de liberação de nitrogênio (%) da interação espécie x posição. em base anual.....	45
Tabela 02	Comparação das médias de liberação de fósforo da interação espécie x sistema x posição em base anual.....	46
Tabela 03	Comparação das médias de interação espécie x sistema em base anual para liberação de potássio.....	47
Tabela 04	Comparação das médias de interação posição x sistema em base anual para liberação de potássio.....	48

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II EXPERIMENTO 01

FIGURA 01	Deposição de serrapilheira nos períodos seco e chuvoso na área experimental na Unidade Experimental (U.E).....	26
FIGURA 02	Distribuição da folhagem das espécies, catingueira, sabiá e pau branco, nas posições suspensas e sobre o solo na U.E...	27

RESUMO GERAL

LIMA, Francisco Weliton Chagas Lima, MSc. Universidade Estadual Vale do Acaraú/ Embrapa Caprinos e Ovinos, março de 2009. Efeito dos Fatores Físicos e Biológicos Sobre a Decomposição e Liberação de Nutrientes da Folhagem de espécies Arbóreas da Caatinga. Orientador: Dr. João Ambrósio de Araújo Filho. Conselheiros: Dra. Mônica Matoso Campanha, Dr. Fabianno Cavalcante Carvalho, Dr. Eneas Reis Leite, Dr. Raimundo Nonato de Braga Lôbo.

Objetivou-se com o presente trabalho determinar os efeitos de fatores físicos e biológicos do ambiente sobre decomposição e liberação de nutrientes da folhagem das espécies arbóreas da caatinga, ou seja, catingueira (*Caesalpinia bracteosa*), sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*) e o pau branco (*Auxemma oncocalyx*). Foram realizados dois experimentos. O primeiro visou determinar as perdas de biomassa pela decomposição das folhas e o segundo avaliar a liberação de minerais para solo. O experimento foi um fatorial de 2 (sistemas) x 3 (espécies vegetais) x 2 (posicionamentos do saco) x 2 (períodos do ano), com quatro repetições. A decomposição da folhagem posicionada sobre o solo (78,4%) foi superior ($P < 0,01$) à decomposição na posição suspensa (53,0%). Os percentuais de cobertura da área agrícola 23% e da área de reserva legal 90% não afetaram em base anual os níveis de decomposição da folhagem. A liberação de nitrogênio e de fósforo da folhagem das três espécies apresentou maiores percentuais quando em contato com o solo. Na área agrícola, a catingueira apresentou maior percentual ($P < 0,01$) de liberação de potássio. Na área de reserva legal, a liberação de potássio (K) nas três espécies não apresentou diferenças significativas entre si ($P > 0,01$). Quanto à posição, as folhas em contato com o solo liberaram mais potássio que as folhas em posição suspensa ($P < 0,01$). Com base nos resultados obtidos, as três espécies estudadas, com destaque especial para a catingueira, podem ser recomendadas para compor a vegetação de sistemas agroflorestais e de recuperação de áreas degradadas. Também, os fatores físicos do ambiente têm papel fundamental na decomposição da folhagem e liberação de nutrientes em áreas semelhantes à da condução da pesquisa.

Palavras-chave: catingueira, sabiá, pau branco, nutriente, posicionamento

GENERAL ABSTRACT

LIMA, Francisco Weliton Chagas Lima, MSc. Universidade Estadual Vale do Acaraú/ Embrapa Caprinos e Ovinos, março de 2009. **Effects of the Physical and Biological Factors on the Decomposition and Nutrients Liberation of Leaves of tree Species of Caatinga.** Orientador: Dr. João Ambrósio de Araújo Filho. Conselheiros: Dra. Mônica Matoso Campanha, Dr. Fabianno Cavalcante Carvalho, Dr. Eneas Reis Leite, Dr. Raimundo Nonato de Braga Lôbo.

The objective of this study was to determine the effects of the physical and biological factors on the degradation and nutrient liberation of the foliage of tree species of caatinga, that is, catingueira (*Caesalpinia bracteosa*), sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*) and pau branco (*Auxemma oncoalyx*). Two experiments were carried out. The first aimed at the determination of the losses of biomass by the decomposition of the leaves and the second the evaluation of mineral liberation to the soil. The experiment was a factorial of 2 (systems) x 3 (tree species) x 2 (positions) x 2 (seasons), with four repetitions. The degradation of the foliage positioned on the soil (78,4%) was superior ($P < 0,01$) to the foliage degradation on suspended position (53,0%). The cover percentages of the agriculture area (23%) and of the legal reserve (90%) area did not affect the levels leaf of decomposition. The nitrogen and phosphorus liberation of the three species presented high percentages, when in contact with the soil. In the agriculture area, catingueira showed the highest potassium liberation ($P < 0,01$). In the legal reserve area, potassium liberation by the tree species did not present statistical significance ($P > 0,01$). As for the position effect, the leaves in contact with the soil liberated more potassium than those on suspended position. Based on these results, the three tree species, specially catingueira, could be recommended to compose the vegetation of agroforestry systems and to recuperate degraded areas. Also, the physical factors of the environment have fundamental role on the foliage degradation and nutrient liberation on areas similar to that of this research.

Key words: catingueira, sabiá, pau branco, nutrients, positioning.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A sobrevivência e a sustentabilidade das florestas estão intimamente ligadas aos processos de produção, decomposição e liberação de nutrientes da serrapilheira sobre o solo.

De acordo com Vitousek (1982), a eficiência com que uma floresta utiliza nutrientes é definida como a quantidade de matéria orgânica perdida das plantas ou permanentemente estocada dentro das mesmas, por unidade de nutriente perdido ou permanentemente estocado.

Conforme Charley (1977), a serrapilheira, por ser a principal via de transferência de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e cálcio, é utilizada para comparar a eficiência de utilização de nutrientes em diferentes florestas. A fração folha da serrapilheira, por apresentar pequena variação em sua distribuição espacial, em seu conteúdo de nutrientes, e por ser a responsável pela maior parte da transferência anual de nutrientes ao solo, torna-se a mais adequada para comparação entre ecossistemas florestais no tocante à eficiência de seus componentes vegetais e na utilização de nutrientes.

Existem muitos trabalhos sobre decomposição e ciclagem de nutrientes em florestas, com maior enfoque na comunidade biótica e menor enfoque nos fatores abióticos (AUSTIN & VIVANCO, 2006). Swift et al., (1979) ressaltaram além da influência dos fatores abióticos, a qualidade do material na velocidade de decomposição da serrapilheira. Em regiões equatoriais, com domínio da insolação mais intensa, tem-se verificado a necessidade de estudos para identificação da degradabilidade de serrapilheira ou folhagem de espécies importantes na comunidade vegetal. A identificação dos índices de participação de espécies da caatinga na decomposição e liberação de nutrientes é fator importante para se traçar um plano de manejo florestal, agroflorestal e de recuperação de área degradadas e medição de retorno de nutrientes pela ciclagem natural (SOUZA & DAVIDE, 2001).

Objetivou-se com o presente trabalho, determinar os índices de decomposição da matéria seca e liberação dos minerais (NPK), da folhagem de três importantes espécies florestais da caatinga nordestina, comparando os efeitos dos fatores bióticos do solo e os efeitos físicos pelas intempéries naturais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSTIN, A.T.; VIVANCO. L. Plant litter decomposition in semi – arid ecosystem controlled by photodegradation Nature Publishing Group. **Nature**, v. 442, n.3, p.555-558, august 2006.

CHARLEY, J.L. Mineral cycling in rangeland ecosystems, in: **Rangeland plant physiology**. Denver: PTI, 1977. Cap. VII. p. 185-215. (Range Science, 4).

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

SWIFT, M.J.; HEAL, O.W.; ANDERSON, J.M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Berkeley: University of California Press, 1979. p. 66-117.

VITOUSEK, P. Nutrient cycling, and use efficiency. **Amer. Nat.**, v. 119, p. 553 – 572, 1982.

CAPÍTULO I

REFERENCIAL TEÓRICO

1 A importância ecológica da circulação de nutrientes

A circulação de nutrientes tem grande importância na manutenção da biodiversidade faunística e florística e na produtividade dos sistemas florestais, de maneira geral, e, muito particularmente, em solo de baixa fertilidade e, em solos em processos de decomposição e intemperização, como a maioria dos solos tropicais (HAAG, 1985). O estudo da ciclagem de nutrientes minerais via serrapilheira é fundamental para o conhecimento da estrutura e funcionamento de ecossistemas florestais, pois, parte do processo de retorno de matéria orgânica e de nutrientes para o solo florestal se dá através da produção de serrapilheira, sendo esta considerada o meio mais importante de transferência de elementos essenciais da vegetação para o solo (VITAL et al., 2004).

A ciclagem dos nutrientes depende intensamente da atividade dos microorganismos do solo, com participação em cerca de 95% na decomposição, e dos invertebrados que vivem na serrapilheira acumulada e nas camadas superiores do solo, sendo estes responsáveis pelo rearranjo dos detritos e sua desintegração (SOUTO, 2006). Esses grupos realizam a decomposição do material orgânico, mantendo o fornecimento eficiente dos nutrientes no ambiente. Quanto mais conservada for a vegetação, a abundância e a diversidade de espécies desses grupos será mais elevada. No entanto, qualquer alteração no ambiente resultará em mudanças nessas comunidades, promovendo alterações nos ciclos dos elementos. Influências antropogênicas também podem alterar a diversidade e a funcionabilidade dos microorganismos, que são altamente sensíveis a distúrbios, afetando a estabilidade e a resiliência do solo (KENNEDY, 1998). Vale salientar que, em ecossistemas de regiões semi-áridas, a fotodecomposição é um fator de fundamental importância, podendo responder por até 60% da decomposição da serrapilheira (AUSTIN & VIVANCO, 2006).

As florestas, em grande parte, estão estabelecidas em solos pobres em nutrientes minerais, o que torna sua manutenção dependente dos ciclos geoquímico, bioquímico e biogeoquímico (SELLE, 2007). Desse modo, os nutrientes no processo de ciclagem passam do meio biótico para o abiótico e vice-versa, processo esse denominado de

equilíbrio dinâmico. Com a remoção da floresta, o ciclo é interrompido, alterando a qualidade e a quantidade de matéria orgânica do solo. Com isso, ocorre uma diminuição da atividade da biomassa microbiana, principal responsável pela ciclagem de nutrientes e pelo fluxo de energia no solo, e que exerce influência tanto na transformação da matéria orgânica, como na estocagem do carbono e dos minerais, ou seja, na liberação e na imobilização de nutrientes. Em solos tropicais e subtropicais, a matéria orgânica apresenta uma estreita relação com as demais propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (SELLE, 2007).

Pritchett (1979), baseado em estudos de outros pesquisadores, indicou duas formas de ciclagem de nutrientes para as florestas: uma externa e outra interna. A ciclagem externa, chamada também de geoquímica, inclui as formas de transferências de nutrientes para dentro e para fora do ecossistema florestal. O ciclo interno, denominado de ciclo biológico, abrange apenas a ciclagem interna dos nutrientes no ecossistema florestal. O ciclo biológico pode ainda ser subdividido em duas partes: o ciclo bioquímico, que se refere à movimentação dos nutrientes dentro da própria árvore, e o ciclo biogeoquímico, que abrange a ciclagem dos nutrientes entre o solo e a biomassa arbórea. Assim, o conhecimento sobre o papel desenvolvido por determinadas espécies vegetais no ciclo é de fundamental importância, já que permite selecionar e manejar aquelas com maior capacidade de reposição de nutrientes e de produção de biomassa. Esse conhecimento é, pois, essencial no planejamento de recuperação de áreas degradadas e atividades de recomposição florestal em solos com baixa fertilidade (SANTANA, 2005).

2 Produção e decomposição da serrapilheira

A produção de serrapilheira, em todos os ecossistemas florestais, representa o primeiro estágio de transferência de nutrientes e energia da vegetação para o solo, pois a maior parte dos nutrientes absorvidos pelas plantas retorna ao piso florestal com a queda de serrapilheira (CARPANEZZI, 1997).

O acúmulo de serrapilheira varia em função da espécie, da cobertura florestal, do estágio sucessional, da idade, da época da coleta, do tipo de floresta e do local. Além desses fatores, outros, como condições edafoclimáticas, regime hídrico, local, cobertura florestal, manejo silvicultural, proporção de copa, bem como taxa de decomposição e distúrbios naturais como fogo e ataque de insetos, ou artificiais, como remoção da

serrapilheira e cultivos ocorridos na floresta ou no povoamento, também influenciam neste aumento (SANTANA, 2005).

A quantidade de nutrientes que chega ao solo, oriundo da serrapilheira, depende da produção de folhas e dos teores dos nutrientes presentes nas mesmas. As folhas que compõem a maior parte da serrapilheira são responsáveis pelo retorno da maior quantidade de nutrientes ao solo. Essa contribuição deve-se muito mais às quantidades de folhas depositadas do que aos teores dos elementos (CARPANEZZI, 1997). Os teores de nitrogênio (N) e fósforo (P) são superiores na fração miscelânea (sementes, flores, frutos, pequenos insetos e excrementos), que, no entanto, representam uma pequena proporção da serrapilheira, 7% a 25% do peso (WISNEWSKI et al., 1997).

A taxa de decomposição da serrapilheira é um importante componente no estabelecimento da ciclagem de nutrientes nos ecossistemas florestais, sendo dependente das condições do meio, a exemplo do clima (especialmente a temperatura e umidade), qualidade da serrapilheira e natureza e abundância dos organismos decompositores (SARIYILDIZ et al., 2005).

Estudos sobre o processo de decomposição da serrapilheira vêm sendo desenvolvidos em vários ecossistemas, onde incluem o conhecimento sobre as comunidades de decompositores (microorganismos e organismos da meso e macrofauna), as características da qualidade da serrapilheira e os fatores abióticos que influenciam nas diferentes fases do processo de decomposição.

A decomposição é um fator de fundamental importância nos processos referentes à ciclagem de nutrientes, na medida em que coloca novamente à disposição do sistema radicular das plantas do ecossistema em questão, os nutrientes necessários para sua manutenção (QUEIROZ, 1999). Esse processo de decomposição é realizado pelos microorganismos e pelos componentes da mesofauna, que trabalham conjuntamente. A diversidade de microorganismos é tão vasta quanto desconhecida. Um grama de solo pode conter dez bilhões de microorganismos, representando milhares de espécies. No entanto, até o presente momento, só foram descobertas e nomeadas, talvez, menos de 0,1% e no máximo 10% das espécies microbianas, dependendo do habitat estudado (ROSSELÓ-MORA & AMMAN, 2001).

A maioria das pesquisas está voltada para a diversidade de macrorganismos, e com pouca atenção para os microrganismos, devido principalmente a limitações metodológicas (SHARMA et al., 1998). Procedimentos de cultivo e isolamento que usam apenas uma pequena amostra, problemas de identificação das diferentes

populações e número elevado de indivíduos por amostras perfazem as dificuldades mais freqüentemente encontradas ao quantificar a diversidade microbiana. Qualquer que seja a abordagem do estudo da comunidade do solo é necessário que se utilizem duas ferramentas básicas: a abundância e a variedade de espécies ou grupos presentes.

A diversidade de espécies está associada ao seu número (riqueza de espécies) e à distribuição do número de indivíduos entre as espécies ou equitabilidade (WALKER, 1989). Esta definição está explicitada nos índices de diversidade de Shannon e de Pielou, que conjugam esses dois parâmetros (ODUM, 1993; COLINVAUX, 1996). Para a estabilidade e sustentabilidade de um ecossistema a diversidade dos organismos do solo em nível funcional é mais importante do que em nível taxonômico. Gestel et al., (2003) destacaram que a decomposição não ocorre simplesmente devido à soma das atividades da microflora e da fauna edáfica, mas, é, em grande parte, o resultado de interação entre os dois.

A mesofauna edáfica é composta basicamente por ácaros e colêmbolos, além de coleópteros, dípteros, hymenópteros e isópteros. Os mais numerosos são os Oribatei (Acari: Cryptostigmata) e os Collembola (Insecta), sendo que, juntos, eles constituem de 72% a 97%, em números de indivíduos, da fauna total de artrópodes do solo (SINGH & PILLAI, 1975). Seastedt (1984) classificou como microartrópodes do solo os ácaros (Acari) e as colêmbolas (Collembola), que possuem corpo com largura entre 0,08 mm e 0,5 mm, sendo estes dois grupos os principais representantes da fauna edáfica e que desempenham um importante papel na ciclagem de nutrientes pelas suas atividades reguladoras na decomposição da matéria orgânica e na liberação de nutrientes. Os microartrópodos, por serem numerosos e bem distribuídos no solo, movimentam-se nos poros do solo, nas fissuras e na interface entre a serrapilheira e o solo, tendo papel de catalisadores da atividade microbiana, na decomposição de matéria orgânica, distribuição de esporos, inibição de fungos e bactérias causadoras de doenças, sendo utilizados como bioindicadores ambientais e da fertilidade do solo, além de exercerem uma importante função no processo de humificação do solo (AZPIAZU et al., 2001). Como se pode constatar, a mesofauna presente no solo favorece o processo de mineralização da matéria orgânica através da fragmentação da serrapilheira, inoculação de microorganismos, modificação de substâncias químicas (BEKER et al., 2001), além de regular a distribuição das partículas do solo (LEE & FOSTER, 1991). A densidade e a composição desses organismos são indicadores das condições do ambiente edáfico (KAISER & LUSSENHOP, 1991). O ambiente, pois, influencia o microclima do solo,

afetando a mesofauna edáfica, que tem uma grande capacidade de modificar ecossistemas terrestres.

A presença de ácaros é percebida nos mais variados ambientes. Em solos de floresta, esse percentual pode chegar a 49,42 % do total, sendo que em regiões de savana esse percentual cai para 26,11% (NOTI et al., 1997). Estes animais estão presentes em maior quantidade durante o período chuvoso e representam 76% do total da fauna edáfica (ADEJUYIBE et al., 1999; MARAUN & SCHEU, 1996). Os mesmos autores verificaram que os ácaros são importantes para o desenvolvimento da biomassa microbiana e resiliência de fungos no solo. Franklin et al., (2005) observaram que esta espécie está situada geralmente em maior quantidade perto de arbustos, sendo as gramíneas pouco escolhidas como habitat. Correa Neto et al., (2001) estudando mesofauna edáfica, puderam verificar que esta migra para a serrapilheira no verão, sendo a maior diversidade verificada no período chuvoso.

3 Principais nutrientes reciclados: fontes, depósitos e reservatórios

Os tecidos das plantas contêm um grande número de elementos químicos. Os carboidratos, que são fonte de energia para as plantas, contêm carbono, oxigênio e hidrogênio e constituem a maior parte da matéria seca dos tecidos das mesmas. Entretanto, além desses, mais treze elementos são essenciais para completar o ciclo de vida destes vegetais. Os processos naturais associados às entradas e perdas de nutrientes, como nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), em ecossistemas florestais, determinam a disponibilidade desses elementos que são necessários em concentrações adequadas para o crescimento das plantas. As deficiências de N e P, freqüentemente, são as mais limitantes para a produção em ecossistemas florestais (WARING & SCHLESINGER, 1985).

Adicionalmente, as plantas requerem ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn), manganês (Mn), boro (B), cloro (Cl) e molibdênio (Mo) em quantidades bem menores. Estes elementos estão disponíveis em quantidades adequadas na maioria das florestas, como resultado do intemperismo das rochas e, no caso do Cl, da deposição atmosférica e da decomposição da matéria orgânica. As plantas também acumulam outros elementos não considerados constituintes essenciais, como, por exemplo, alumínio (Al) e silício (Si) (WARING & SCHLESINGER, 1985).

O nitrogênio é o nutriente que apresenta maior limitação para a produtividade das gramíneas. A atmosfera contém aproximadamente 78% de N na forma de N_2 , além de vários óxidos de N. Este N poderá ser disponibilizado para a planta através da fixação biológica, industrial e descargas elétricas na atmosfera. O N é o principal constituinte das proteínas. As cadeias de aminoácidos das proteínas são formadas pela conversão do N inorgânico em formas disponíveis para as plantas, que estarão envolvidas na estrutura da clorofila, ATP, DNA e RNA. A forma do N recebida pelas gramíneas é determinada, em grande parte, pelo pH do solo e pela temperatura. O nitrato é a forma predominante de N recebida pela maioria das culturas, desde que o NH_4^+ de resíduos de fertilizantes orgânicos e inorgânicos do solo seja rapidamente oxidado pelos microorganismos do solo (JOOST, 1996).

O fósforo é frequentemente o segundo nutriente mineral mais limitante para a produção das plantas. Segundo Haag (1985), em regiões tropicais, o fósforo é tido como um nutriente limitante e esta limitação pode ser explicada, parcialmente, pela sua dinâmica no solo através da serrapilheira. Boa parte dos solos tropicais de baixa altitude é constituída por sesquióxidos de ferro e alumínio, que podem imobilizar o fósforo em condições ácidas; algumas argilas apresentam também alta afinidade por fósforo, podendo adsorvê-lo de maneira quase irreversível. O conteúdo de fósforo no solo não pode ser repostado por fixação de gases da atmosfera. Como o fósforo é lixiviado ou adsorvido pelos sesquióxidos, ocorre redução em sua disponibilidade com o aumento da idade do solo. A forma iônica do fosfato encontrado é determinada pelo pH do solo. Nos solos agrícolas, devido aos níveis de pH comumente encontrados, as formas predominantes são HPO_4^{2-} e $H_2PO_4^{2-}$. Em solos ácidos, o P é encontrado dentro de complexos insolúveis com Al^{3+} . Entretanto, em solos calcáreos o P solúvel pode ser reduzido por reações com o Ca^{2+} (JOOST, 1996). A principal função do P nas plantas e nos animais é o seu envolvimento na estocagem de energia através das ligações do P, encontradas no ATP. Por esta razão, o P é essencial para todas as transformações de energia.

O potássio tem como principal função nas plantas a ativação de enzimas. Na maioria das situações, as enzimas requerem um cátion monovalente para sua ativação, sendo que a função dessas enzimas é a translocação de fotossintatos. A forma de K presente nos fertilizantes é a de cátions monovalentes (K^+) que atuam nos sítios de troca da argila e da matéria orgânica (HAAG, 1985).

O cálcio e o magnésio são cátions divalentes, oriundos de depósitos naturais desses elementos na forma de carbonatos. O magnésio é comumente aplicado na forma de calcário dolomítico ($\text{CaCO}_3\cdot\text{MgCO}_3$) e o cálcio na forma de calcário calcítico (CaCO_3) ou gesso ($\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$). O cálcio está envolvido na divisão celular, mas sua principal função é de manutenção da integridade da membrana. O magnésio trabalha primariamente como um cofator com a enzima que ativa o processo de fosforilação que forma ATP. O enxofre é encontrado naturalmente nos solos, como componente da matéria orgânica e em formas reduzidas, como sulfatos e sulfitos (FeS , FeS_2 e H_2S). A principal função do enxofre é ser componente do conteúdo-S dos aminoácidos (HAAG, 1985; JOOST, 1996).

4 Liberação e acúmulo de nutrientes em florestas

O conjunto serrapilheira-solo representa não só uma fonte de carbono e nutrientes para os microrganismos do solo, mas, também, o habitat onde todas as ações desses microrganismos ocorrem, garantindo a sua sobrevivência e reprodução. A serrapilheira é a porção mais dinâmica desse conjunto e, possivelmente, a mais variável, não só entre ecossistemas, mas também dentro de um mesmo ecossistema (CORREIA & ANDRADE, 1999). Vários fatores afetam a quantidade de resíduos que irão formar a serrapilheira, e entre eles destacam-se o clima, o solo, as características genéticas das plantas, a idade e a densidade de plantas. Em escala mais ampla, a produtividade vegetal é determinada pela distribuição de chuvas, que exerce forte influência sobre a disponibilidade de água no solo e, por conseguinte, sobre a disponibilidade de nutrientes (CORREIA & ANDRADE, 1999). As serrapilheiras amostradas em diferentes florestas do mundo, em geral, são compostas de 60 a 80% de folhas, de 1 a 15% por frutos, de 12 a 15% por ramos e de 1 a 25% por cascas de árvores (BRAY & GORHAM, 1964). A quantidade de nutrientes na serrapilheira depende da espécie, da proporção de folhas em relação aos demais componentes, da capacidade de translocação do nutriente antes da senescência, bem como do tipo de solo (SCHUMACHER, 1992). A tendência de concentração de nutrientes na serrapilheira de sistemas florestais naturais é bastante similar ao de florestas implantadas, ou seja, o nitrogênio é o nutriente em maior concentração, seguido pelo cálcio, potássio, magnésio e fósforo (HAAG, 1985).

O intemperismo, dependendo do tipo de rocha de origem e do grau de envelhecimento do solo, pode ser uma importante fonte de nutrientes em ecossistemas

florestais. Pelo intemperismo, ao longo do tempo, vão sendo liberados os nutrientes dos minerais do solo, principalmente naqueles mais novos, com grande quantidade de minerais primários. Os íons solúveis são freqüentemente liberados por meio de reações do intemperismo, sendo disponibilizados para a absorção pelas plantas e para a ciclagem dentro do ecossistema florestal. Em florestas, entre 80 e 100% do aporte de Ca, Mg, K e P é derivado do intemperismo de rochas (HAAG, 1985).

De acordo com Waring & Schlesinger (1985) o crescimento das árvores tem uma influência direta na ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais, havendo um modelo similar de armazenamento de nutrientes com o acúmulo de serrapilheira e matéria orgânica com o crescimento da floresta durante a sucessão primária. Na sucessão secundária, o corte pode causar pouca mudança na matéria orgânica ou no conteúdo de nutrientes no solo mineral, mas a serrapilheira pode declinar por vários anos em razão da taxa de aporte do folheto da vegetação regenerativa não ser igual à taxa de queda do folheto, como verificada na área antes do corte das árvores. O estudo dos processos que regulam as atividades do solo em ecossistemas naturais pode fornecer importantes informações sobre opções de manejo que mantenham a sua fertilidade em áreas de plantio. Sabe-se que as plantações florestais de rápido crescimento translocam intensamente os nutrientes contidos no solo para a fitomassa arbórea e para a serrapilheira (VIEIRA, 1998). Outras opções seriam o uso de técnicas de conservação do solo. O armazenamento de N do solo é inicialmente mais rápido sob a serrapilheira, presumivelmente em razão da morte da vegetação sucessional, incluindo várias plantas que fixam N e fazem parte desse compartimento de nutrientes. Nesse caso, vários séculos são necessários para que as camadas de solo atinjam o equilíbrio (WARING & SCHLESINGER, 1985).

As áreas de vegetação natural, quando em equilíbrio, reduzem ao mínimo a saída de nutrientes do ecossistema, por meio da interação solo e vegetação. Dessa forma, o solo mantém sempre o mesmo nível de fertilidade, podendo inclusive melhorar suas características ao longo do tempo. A floresta não perturbada, em geral, apresenta uma grande estabilidade, ou seja, os nutrientes introduzidos no ecossistema pela chuva e pelo intemperismo geológico estão em equilíbrio com os nutrientes perdidos para os rios e para os lençóis freáticos (VIEIRA, 1998).

5 Estudos da produção de serrapilheira em diferentes ecossistemas brasileiros

Estudos sobre a produção de serrapilheira têm sido feitos por diversos autores, em diferentes localidades geográficas. Porém, têm-se deparado com um importante obstáculo, que é a comparabilidade de dados (DIAS & OLIVEIRA FILHO, 1997), por causa das diferentes metodologias aplicadas e dos distintos comportamentos dos ecossistemas. Estudos que busquem compreender a produção de serrapilheira em diferentes biomas regidos pelo mesmo comportamento climático, se tornam de grande importância para a compreensão e a determinação de modelos regionais. Silva et al., (2007) estudando dois biomas brasileiros, Cerrado (Cerrado *sensu stricto* e Cerradão) e a Floresta de Transição Amazônia-Cerrado, encontraram variação nos valores de produção das serrapilheira. A produção média de serrapilheira no Cerrado resultou em uma produção de 622 kg/ha/ano. Na área de Cerradão, a produção média de serrapilheira foi de 1.046 kg/ha/ano. A produção média de serrapilheira na floresta de transição alcançou 6.566 kg/ha/ano, com maior produção no período de seca. Nas áreas de Cerradão e de Floresta de transição não houve correlação significativa entre produção de serrapilheira, temperatura e precipitação, e também não houve diferença significativa entre os períodos seco e chuvoso. Estudos sobre ciclagem e produção de serrapilheira na região Sudeste, principalmente no Estado de São Paulo, em florestas semidecíduas, alcançam valores bastante variados: 8,64 ton/ha/ano (PAGANO, 1989), 5,7ton/ha/ano, (CESAR, 1993), 5,97 ton/ha/ano (MARTINS & RODRIGUES, 1999), 6,78 ton/ha/ano (VERNECK et al., 2001), 10,6ton/ha/ano (VITAL et al., 2004) e 5,38 ton/ha/ano (CHAGAS & REZENDE, 2006).

6 Produção de serrapilheira e ciclagem de nutrientes na caatinga

A caatinga pertence ao grupo das formações complexas que, juntamente com o cerrado, recobre praticamente toda a região semi-árida do nordeste brasileiro. Sua definição é extremamente difícil, em virtude da heterogeneidade de sua composição botânica e fisionomia, já tendo sido identificados até 12 tipos de associações (ANDRADE-LIMA, 1981). Pode ser definida como uma floresta baixa, espinhenta, dominada por arbustos e árvores de pequeno porte, que, caracteristicamente, perdem sua folhagem durante o período seco. Considerando o complexo da vegetação lenhosa, podem-se agrupar as caatingas em dois tipos gerais que ocorrem na paisagem nordestina: o arbóreo e o arbustivo. O primeiro predomina nas encostas das serras e nos baixios, áreas melhor dotadas de solos e água. Nesse, podem ser identificados vários clímax edáficos, onde a natureza da vegetação está associada ao tipo de solo, relevo,

precipitação e condições hídricas. Todavia, dados os processos de exploração agrícola, pecuária e madeireira a que vem sendo submetida à vegetação da caatinga ao longo dos quatro últimos séculos, o tipo arbustivo do sertão pode também ser considerado um disclímax do tipo arbóreo, ou estádios diferentes da sucessão secundária.

Várias famílias botânicas estão representadas na vegetação da caatinga. O número de espécies lenhosas na região, como um todo, é elevado, porém, localmente é baixo, aproximando-se de 26 espécies arbóreas e arbustivas por hectare (KIRMSE et al., 1993). O substrato da caatinga pode ser dominado por bromeliáceas, no tipo arbóreo, e espécies herbáceas no tipo arbustivo, onde explicavelmente se concentra a atividade pastoril do sertão (ANDRADE-LIMA, 1981).

Souto (2006), realizando estudos em caatinga no Estado da Paraíba, encontrou valores na produção de serrapilheira durante dois anos de estudo, estimados em 3.238,51kg/ha. A autora relatou que a deposição de serrapilheira foi maior no período de outubro/2004 a setembro/2005 (1.947,56 kg/ ha), do que no período de outubro/2003 a setembro/2004 (1.290,95 kg/ha). A autora atribui a menor deposição de serrapilheira à baixa precipitação registrada na área, um ano antes da instalação do experimento (outubro/2002 a setembro/2003), que foi de 486,1 mm. Do total da serrapilheira produzida, as folhas constituíram a fração predominante, contribuindo com 64,14%; a fração de galhos, com 23,48% do total e as frações de estrutura reprodutiva e de miscelânea representaram 10,92% e 1,46%, respectivamente. A afirmativa de que a fração de folhas contribui com valores que variam de 60 a 70% ou mais do total de serrapilheira foi confirmada por Souto (2006), de acordo com valores encontrados pelos autores (ANDRADE et al., 2000; CORRÊA NETO et al., 2001; VITAL, 2002; SCHUMACHER et al., 2003). Santana (2005), em seus estudos em caatinga arbustiva-arborea na ESEC - Seridó, Rio Grande Norte, encontrou valor de 2065.55kg/ha, com maior produção nos meses de maio e junho.

A maior produção de serrapilheira no período seco não é característica apenas da caatinga. Segundo Vital (2002), outros ecossistemas, como cerrado, matas ciliares e florestas estacionais semidecíduas, apresentam também esse comportamento. É provável que a produção de serrapilheira na caatinga não esteja apenas diretamente relacionada com os fatores climáticos, mas, também, ao comportamento decíduo e perene das espécies e à proporção desses grupos na população (SANTANA, 2005). Segundo Poggiani & Schumacher (2000), a queda de folhas é causada pela senescência resultante de uma série de processos metabólicos ligados à fisiologia de cada espécie e,

também, por estímulos vindos do ambiente, tais como fotoperíodo, temperatura, estresse hídrico, dentre outros. Isso também é confirmado por Corrêa Neto et al., (2001), ao afirmarem que a maior deposição de serrapilheira no período seco está relacionada como uma resposta da vegetação ao agravamento do estresse hídrico, sendo determinado à queda de folhas, medida preventiva à alta perda de água por transpiração e sazonalidade de espécies caducifólias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEJUYIGBE, C. O.; TIAN, G.; ADEOYE, G. O. Soil microarthropod populations under natural and planted fallows in southwestern Nigeria. **Agroforestry Systems**. v. 47, n. 1/3, p. 263-272. 1999.
- ANDRADE, A.G.; COSTA, G.S.; FARIA, S.M. deposição e decomposição da serrapilheira em povoamentos de *Mimosa caesalpiniaefolia*, *Acacia mangium* e *Acacia holosericea* com quatro anos de idade em planossolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.4, p.777-785, 2000.
- ANDRADE-LIMA, D. The caatingas domínium. **Revista Brasileira de Botânica**. v. 4, p. 149-163, 1981.
- AUSTIN, A.T.; VIVANCO. L. Plant litter decomposition in semi – arid ecosystem controlled by photodegradation Nature Publishing Group. **Nature**, v. 442, n. 3, p.555-558, august 2006.
- AZPIAZU, M.D.; CAIRO, V.G.; PALACIOS-VARGAS, J.G.; SÁNCHEZ, M.J.L. Los colémbolos en los suelos de Cuba. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO,15 e CUBANO DE LA CIÊNCIA DEL SOLO, 5, Havana, 2001. **Anais...** Habana (Cuba), 2001, p. 1-4.
- BECKER, J.; MAKUS, P.; SCHRADER, S. Interactions between soil micro- and mesofauna and plants in an ecofarming system. **Eur. J. Soil Biol.**, v. 37, n.1, p. 245-249, 2001.
- BRANDÃO, E.M. Os componentes da comunidade microbiana do solo. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. (Coord.). **Microbiologia do solo**. Campinas, SBCS, 1992. 360p.
- BRAY, J. R.; GORHAM, E. Litter production in forests of the world. **Advances in Ecological Research**, v. 2, p. 101-157, 1964.
- CARPANEZZI, A. A. **Banco de sementes e deposição de folhagem e seus nutrientes em povoamentos de bracatinga (*Mimosa scabrella Benth*) na região metropolitana de Curitiba-PR**. 1997. 177 f. Originalmente apresentada como tese de doutorado. (Doutorado em Ciências).
- CESAR, O. Nutrientes minerais da serrapilheira produzida na mata mesófila semidecídua da fazenda Barreiro Rico, município de Anhembi, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 53, n.4, p. 659-669, 1993.
- CHAGAS, A.P.C.; REZENDE.J.L.P. Ciclagem de nutrientes em floresta semidecidual na fazenda experimental da PUC – Minas: Produção de serrapilheira. **Revista Sinapse Ambiental**, v. 3, n. 3, p. 1-14, 2006.
- COLINVAUX, P. **Ecology**. New York: John Wiley and Sons Inc., 1996. 725p.

CORRÊA NETO, T. de A.; PEREIRA, M.G.; CORREA, M.E.F.; ANJOS, L.H.C. dos. Deposição de serrapilheira e mesofauna edáfica em áreas de eucalipto e floresta secundária. **Floresta e Ambiente**, v.8, n.1, p.70-75, 2001.

CORREIA, M.E.F.; ANDRADE, A.G. Formação da serrapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto alegre: Gênese, 1999. p. 197-225.

DIAS, H.C.T.; OLIVEIRA FILHO, A.T. 1997. Variação temporal e espacial da produção de serrapilheira em uma área de floresta estacional semidecídua montana em Larvas-MG. **Revista Árvore**, v. 21, p. 11-26.

FRANKLIN, E.; MAGNUSSON, W.E.; LUIZÃO, F.J. Relative effects of biotic and abiotic factors on the composition of soil invertebrate communities in an Amazonian savanna. **Applied Soil Ecology**, v. 25, n. 3, p. 231-239. 2005.

GESTEL, C.A.M.; KRIDENIER, M.; BERG, M.P. Suitability of wheat straw decomposition, cotton strip degradation and bait-lamina feeding tests to determine soil invertebrate activity. **Biol Fertil Soils**, v. 37, n. 2, p. 115-123, 2003.

HAAG, H. P. **Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais**. Campinas: Fundação Cargill. 1985. 144p.

JOOST, R.E. Nutrient cycling in forage systems. In: JOOST, R.E; ROBERTS, C.A. (Eds.) **Nutrient cycling in forage systems**. Columbia: Missouri, 1996. p. 1-12.

KAISER, P.A.; LUSSENHOP, J. Collembolan effects on establishment of vesicular arbuscular mycorrhizae in soybean (*Glycine max*). **Soil Biology and Biochemistry**, v. 23, n.4, p. 307-308, 1991.

KENNEDY, A.C. Microbial diversity in agroecosystem quality. In: COLLINS, W.W.; QUALSET, C.O. **Biodiversity in agroecosystems**. New York: CRC, 1998. p. 1-17.

KIRMSE, R.D; PFISTER, J.A; VALE, L.V; QUEIROZ, J.S. de. **Woody plants of the Northern Ceará caatinga**. Logan, Utah: SR-CRSP, 1983. 49p. (SR.CRSP.Technical Report Series, 14).

LEE, K.; FOSTER, R.C. Soil fauna and soil structure. **Australian Journal of Soil Research**, v. 29, n. 6, p. 745-776, 1991.

MARAUN, M., SCHEU, S. Changes in microbial biomass, respiration and nutrient status of beech (*Fagus sylvatica*) leaf litter processed by millipedes (*Glomeris marginata*). **Oecologia**, v. 107, p. 131-140, 1996.

MARTINS, S.V.; RODRIGUES, R. R. Produção de serrapilheira em clareira de floresta estacional semidecídua no município de Campinas, SP. **Revista Brasileira Botânica**. v.22, p.405-412, 1999

NOTI, M.; ANDRÉ, H. M.; DUFRÊNE, M. Soil oribatid mite communities (Acari: Oribatida) from high Shaba (Zgire) in relation to vegetation. **Applied Soil Ecology**, v. 5, n. 1, p. 81-96. 1997.

ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro, Guanabara, 1993. 434p.

PAGANO, S.N. Nutrientes minerais do folhagem produzido em mata mesófila semidecídua no município de Rio Claro, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 49, n.3, p. 641-647, ago. 1989.

POGGIANI, F.; SCHUMACHER, M.V. Ciclagem de nutrientes em florestas nativas. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. 427p.

PRITCHETT, W.L. **Properties and management of forest soils**. New York, John Wiley, 1979, p.189-208.

QUEIROZ, A.F. **Dinâmica da ciclagem de nutrientes contidos na serrapilheira em um fragmento de mata ciliar no Estado de São Paulo**. Botucatu, SP: UNESP, 1999. 93 f. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista (Mestrado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, 1999.

ROSSELÓ-MORA, R.; AMANN, R. The species concept for prokaryotes. **FEMS Microbiology Review**, v.25, n.1, p. 39-67, 2001.

SANTANA, J. A.da S. **Estrutura fitossociológica, produção de serrapilheira e ciclagem de nutrientes em uma área de caatinga no Seridó do Rio Grande do Norte**. Areia, PB: UFPB, 2005. 184 f. Originalmente apresentada como tese de doutorado (Doutorado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba.

SARIYILDIZ, T.; ANDERSON, J.M.; KUCUK, M. Effects of tree species and topography on soil chemistry, litter quality, and decomposition in Northeast Turkey. **Soil Biology & Biochemistry**, v.37, n.9, p.1695-1706, 2005.

SCHUMACHER, M. V. **Aspectos da ciclagem de nutrientes e do microclima em talhões de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* F. Muell.** São Paulo, SP: USP, 1992. 87 f. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade de São Paulo.

SCHUMACHER, M.V.; BRUN, E.J.; RODRIGUES, L.M.; SANTOS, E.M. Retorno de nutrientes via deposição de serrapilheira em um povoamento de acácia negra (*Acácia mearnsii* De Wild) no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, v.27, n.6, p. 791-798, 2003.

SEASTEDT, T.R. The role of microarthropods in decomposition and mineralization processes. **Annual Review of Entomology**, v.29, p.25-46, 1984.

SELLE, G. L. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. **Bioscience Journal**. v.23, n.4, p.29-39, out/dec. 2007.

SHARMA, S.; RANGGER, A.; von LÜTZOW, M.; INSAM, H. Functional diversity of soil bacterial communities increases after maize litter amendment. **Eur. J. Soil Biol.**, v.34, n.2, p. 53-60, 1998.

SILVA. C. J.; SANCHES. Luciana; BLEICH. M. E.; LOBO.F. A.; NOGUEIRA. J. S. Produção de serrapilheira no Cerrado e Floresta de Transição Amazônia-Cerrado do Centro-Oeste Brasileiro. **ACTA AMAZONICA**. v. 37, n. 4, p. 543-548, 2007.

SINGH, J.; PILLAI, K.S. A study of soil microarthropod communities in some fields. **Revue d'Ecologie et Biologie du Sol**, v. 12, n. 3, p.579-590, 1975.

SOUTO, P.C. **Acumulação e decomposição da serrapilheira e distribuição de organismos edáficos em área de caatinga na Paraíba – Brazil**. Paraíba: UFPB, 2006. 145 f. Originalmente apresentada como tese (Doutorado em Agronomia) Universidade Federal da Paraíba.

VERNECK, M. S.; PEDRALLI, G.; GIESEKE, L. F. Produção de serrapilheira em Três trechos de uma floresta semidecídua com diferentes graus de perturbação na período ecológica de Tri puiú, Ouro Preto, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, v.24, n.2, p.195-198, 2001.

VIEIRA, S.A. **Efeito das plantações florestais (*Eucalyptus sp.*) sobre a dinâmica de nutrientes em região do cerrado do estado de São Paulo**. Piracicaba, SP. 1998. 73 f. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1998.

VITAL. A. R. T.; et al. Produção de serrapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecídua em zona ripária. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.6, p.793-800, nov./dez. 2004.

VITAL, A.R.T. **Caracterização hidrológica e ciclagem de nutrientes em fragmento de mata ciliar em Botucatu, SP**. Botucatu: SP: UNESP, 2002. 117 f. Originalmente apresentada como tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 2002.

WISNIEWSKI, C.; ZILLER, S. R.; CURCIO, G. R.; RACHWAL, M. F.; TREVISAN, E.; SOUZA, J. P. Caracterização do ecossistema e estudo das relações solo cobertura vegetal em planície pleistocênica do litoral paranaense. Curitiba, 1997, 55 f. CNPq. Projeto integrado.

WALKER, D. Diversity and stability. In: EDWARDS, C.A. (Ed.). **Ecological concepts**. Oxford: Blackwell Scientific Public, 1989. p. 115-146.

WARING, R.H.; SCHLESINGER, W.H. Decomposition and forest soil development. In: **FOREST ecosystems: concept and management**. New York: Academic Press, 1985. 340p.

CAPÍTULO II

EFEITOS DO INTEMPERISMO FÍSICO E FATORES BIOLÓGICOS SOBRE A DECOMPOSIÇÃO DA FOLHAGEM DE ESPÉCIES ARBÓREAS DA CAATINGA

RESUMO

Objetivou-se com este estudo determinar a taxa de decomposição da folhagem de três espécies arbóreas representativas da caatinga sob o efeito do ambiente. A pesquisa foi conduzida no período de janeiro a dezembro de 2006, na Unidade Experimental do Sistema de Produção Agrossilvipastoril, na Fazenda Crioula, de propriedade da Embrapa Caprinos e Ovinos, em Sobral-CE. Foram utilizadas folhas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*), catingueira (*Caesalpinia bracteosa*) e pau branco (*Auxemma oncocalyx*), acondicionadas em sacos de nylon com malha de 1,0 mm, na quantidade de 50 g por saco. Os sacos foram posicionados nas parcelas agrícola e de reserva legal. Em cada parcela foram distribuídos quatro repetições. Cada repetição constava de 12 sacos, seis dos quais foram mantidos suspensos e seis em contato com o solo. Os lotes de seis sacos continham dois para cada espécie arbórea, um dos quais foi colhido ao fim do período das chuvas e o outro ao fim do período seco. O material coletado foi seco em estufa e pesado para avaliar a perda de peso em relação ao peso inicial. O experimento foi um fatorial de 2 (sistemas) x 3 (espécies vegetais) x 2 (posicionamentos do saco) x 2 (períodos do ano), com quatro repetições. A decomposição da folhagem posicionada sobre o solo (78,4%) foi superior ($P < 0,01$) à decomposição na posição suspensa do solo (53,0%). Os percentuais de sombreamento da área agrícola (23%) e área de reserva legal (90%) não afetaram em base anual os níveis de decomposição da folhagem. Concluiu-se que as espécies arbóreas estudadas, com destaque especial para a catingueira, podem ser indicadas para utilização em sistemas agroflorestais e para recuperação de áreas degradadas no semi-árido brasileiro e que a decomposição da folhagem na posição suspensa do solo, tanto no período das chuvas como na época seca, indica a importância de fatores físicos nesse processo.

Palavras chave: espécies arbóreas, posição, decomposição, sombreamento.

EFFECTS OF THE PHYSICAL AND BIOLOGICAL FACTORS ON THE DECOMPOSITION AND NUTRIENT LIBERATION OF LEAVES OF TREE SPECIES OF CAATINGA

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the decomposition of leaves of three representative tree species of caatinga, under the effects of the environment. The experiment was conducted in the period of January to December of 2006, in the Experimental Unit of the Agrossilvipastoral Production System, located at Crioula Farm property of Embrapa Caprinos e Ovinos, in Sobral, CE. Leaves of sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*), catingueira (*Caesalpinia bracteosa*) and pau branco (*Auxemma oncocalyx*), in quantity of 50 g were conditioned in 1,0 mm sieved plastic bags. The bags were positioned in the agriculture and legal reserve parcels at the proportion of four repetitions of 12 bags each. On each repetition, six bags were maintained on suspended position and six were placed on the soil. The six bags lots contained two bags for each tree species, one bag per species was collected by the end of the rainy season and the other by the end of the dry season. The material was dried in the oven and the losses in relation to the initial weight were determined. The experiment was a factorial of 2 (systems) x 3 (tree species) x 2 (positions) x 2 (seasons), with four repetitions. The decomposition percentage of the leaves in contact with the soil (78,4) was superior ($P < 0,01$) to the observed for the leaves in suspended position (53,0). The shading percentages of the agriculture area (23%) and of legal reserve area (90%) did not affect the annual leaf decomposition. It was concluded that the studied tree species, specially the catingueira, could be recommended for utilization in agroforestry systems and for recuperation of degraded areas, and that de high levels of leaf decomposition in suspended position, as in the rainy season as in the dry season, indicates the importance of the environment physical factors on the process.

Key words: tree species, position, decomposition, shading.

1 INTRODUÇÃO

A queda e a decomposição da serrapilheira constituem os dois principais processos do funcionamento dos ecossistemas florestais, naturais e cultivados, sendo parte fundamental no ciclo biogeoquímico (POGGIANI & MONTEIRO JÚNIOR, 1990). O estudo da decomposição da matéria seca da serrapilheira informa sobre a transferência de nutrientes minerais e orgânicos para o solo (LOPES et al., 2002). A análise da qualidade e da quantidade da serrapilheira e de sua taxa de decomposição é muito importante para a compreensão do fluxo de energia, produção primária e ciclagem de nutrientes nos ecossistemas florestais (SWIFT et al., 1979; PROCTOR et al., 1983; VITOUSEK, 1984). Assim, a taxa de decomposição da serrapilheira é um importante componente no estabelecimento da ciclagem de nutrientes nos ecossistemas florestais, sendo dependente das condições do meio, a exemplo do clima (especialmente a temperatura e umidade), qualidade da serrapilheira e natureza e abundância dos organismos decompositores (SARIYILDIZ et al., 2005).

Os tecidos vegetais incorporados ao solo se diferenciam bastante quanto à suscetibilidade à decomposição. Os microorganismos do solo decompõem estes materiais para obtenção de energia e nutrientes. Em geral, os teores de carbono no tecido vegetal são da ordem de 40% a 45%. A matéria orgânica é constituída pelos compostos produzidos durante a decomposição dos tecidos orgânicos incorporados ao solo. Apesar de existirem muitos compostos (tecidos orgânicos de origem vegetal e animal), apenas alguns tipos principais são detectados no solo em quantidades apreciáveis: carboidratos – 30 a 75%, celulose – 20 a 50%, hemicelulose – 10 a 30%, substâncias pécnicas – 1 a 10%, açúcares – 1 a 5%, lignina – 10 a 30%, compostos nitrogenados, fosfatados e sulfatados – 1 a 15%, (SANTOS & CAMARGO, 1999).

O equilíbrio entre as taxas de mineralização e imobilização pode ser bastante complexo e depende bastante da quantidade de carbono no resíduo e da relação entre carbono e nitrogênio, fósforo e enxofre. Entre essas, a que é mais utilizada é a relação C/N. Quando o resíduo é adicionado ao solo, o aumento da população microbiana é estimulado pelo aporte de energia e nutrientes que o resíduo representa. Com este aumento da população microbiana, a demanda por oxigênio, nutrientes, energia e carbono aumenta. Os tecidos microbianos possuem em média uma concentração de 5% de N, o que resulta em uma relação C/N entre 20 e 30. Isto significa que os resíduos que possuem uma relação C/N entre 20 e 30, fornecerão o nitrogênio necessário para

reprodução microbiana, não havendo imobilização nem mineralização significativa no início do processo. Se a relação C/N for maior, significa que os microrganismos buscarão outras fontes de N para satisfazer a demanda, consumindo formas de nitrogênio que estão disponíveis para a planta, o que resulta em uma imobilização líquida e pode causar uma deficiência temporária de nitrogênio para as plantas. Se, por outro lado, a relação C/N for menor que 20 a 30, haverá um excesso de N no resíduo, que será mineralizado pelos microrganismos, permanecendo disponíveis para as plantas já num primeiro momento (SANTOS & CAMARGO, 1999).

Diversos autores (CORTEZ et al., 1996; HARRIS & SAFFORD, 1996) reportaram que a lignina é o principal regulador da decomposição da matéria orgânica nos estágios mais avançados do processo, havendo incremento nos teores de lignina com o decorrer da decomposição. Outrossim, a relação lignina/nitrogênio (Lig/N) tem sido também correlacionada com a decomposição (MELILLO et al., 1982; TAYLOR et al., 1989), com valores baixos indicando maiores taxas de decomposição, já que o material seria mais lábil para os microrganismos em função de maior disponibilidade de nitrogênio. Índices da relação Lig/N variaram de 1,8 a 12,1 e correlacionaram-se com a decomposição de massa seca das folhas estudadas (SILVA et al., 2007).

Santana (2005), estudando a composição química de folhas de *Croton sonderianus* (marmeleiro), observou que as folhas desta espécie apresentaram alto teor de lignina (19,75 %), baixo de nitrogênio (1,28 %) e imobilizaram mais de 38 % de N ao fim do experimento, comparado à espécie *Mimosa Caesalpiniaefolia*. Resultados semelhantes também foram verificados para folhas em decomposição de um povoamento misto de *Eucalyptus grandis/Eucalyptus urophylla*, no Sudeste da Bahia, por Gama-Rodrigues et al. (2003), os quais atribuíram ao baixo teor inicial de N o principal fator limitante da sua decomposição. A produção de serrapilheira variou de 0,9 t/ha em ambientes semi-áridos a 5,6 t/ha de matéria seca em ambientes úmidos. Por outro lado, as produções médias anuais da serrapilheira em duas áreas do Cerrado brasileiro, conhecidas como Cerrado e Cerradão, no período 1977 a 1979, alcançaram 7.800 e 2.100 kg/ha no Cerradão e Cerrado, respectivamente (VITOUSEK, 1984). As folhas senescentes (incluindo gramíneas) representaram 76,7% da produção total da serrapilheira da biomassa do Cerradão e 84% no Cerrado (PERES et al., 1983). Neste estudo, a taxa de decomposição da serrapilheira foi determinada diretamente em sacos de tela de nylon, sendo considerada muito baixa em ambos os ecossistemas.

Costa et al., (2004) estudaram o aporte de nutrientes pela serrapilheira de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*), planta nativa do semi-árido brasileiro, usada para produção de estacas e forragem em sistemas agroflorestais. Eles observaram que a entrada anual de serrapilheira foi de 10,15 t/ha e que esta era formada de folhas (68%), estruturas reprodutivas (11%), galhos (16%) e refugo (5%).

A vegetação lenhosa da caatinga apresenta uma forte sazonalidade quanto à queda da serrapilheira. Aproximadamente 90% das plantas perdem as folhas no início do período seco (junho – setembro), devido, principalmente, a variações climáticas, déficit hídrico acentuado, altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar. Diversos trabalhos sobre acúmulo e decomposição da serrapilheira foram conduzidos em áreas da caatinga. Na região de Sobral, Ceará, a produção de serrapilheira de folhas variou de 3.400 kg/ha (KIRMSE, 1984) a 5.450 kg/ha (CARVALHO, 2003), durante o período seco do ano em uma caatinga nativa com mais de 30 anos de pousio. As folhas constituem a fração predominante da serrapilheira da caatinga, contribuindo com percentuais que variam de 64,1% (SOUTO, 2006) a 80% (SANTANA, 2005), valores encontrados também por outros autores (ANDRADE et al., 2000; CORRÊA NETO et al., 2001; FIGUEIREDO FILHO et al., 2003; VITAL, 2002; SCHUMACHER et al., 2003; ARATO et al., 2003).

A decomposição da serrapilheira e o folheto de espécies arbóreas da caatinga tem sido objeto de diversos estudos. Folhas da catingueira colocadas sobre o solo em floresta densa apresentaram decomposição de 70,3%, com maiores perdas no início do período chuvoso e quase nulas no período seco (SANTANA, 2005). Por outro lado, Kirmse (1984), trabalhando com folhas de catingueira, sabiá e pau branco, acondicionadas em sacos de nylon sobre o solo, encontrou os seguintes valores para a decomposição anual, sob a mata e a céu aberto, respectivamente: 33% e 48% para o sabiá, 36% e 51% para pau branco e 39% e 45% para a catingueira. Fernandes et al., (2006), trabalhando com serrapilheira de sabiá e *Carapa guianensis*, em uma floresta secundária no estado do Rio de Janeiro, concluíram que o sabiá foi a espécie de maior velocidade de decomposição, apresentando 70% de perdas em seu conteúdo.

Na região do Sertão Central do Ceará, no município de Quixadá-CE, a decomposição anual de restolho do estrato herbáceo atingiu o valor médio de 76,6% para o material em contato com o solo, e 76,8% para a porção colocada em bandejas de tela sobre o solo (CRISPIM, 1986). Considerando a relativa escassez de trabalhos sobre a decomposição da folhagem de espécies lenhosas da caatinga, objetivou-se com este

estudo determinar as percentagens de decomposição da folhagem de algumas espécies lenhosas deste bioma, identificando os fatores ambientais mais importantes e contribuindo, assim, para seleção de componentes arbóreos para uso em sistemas agroflorestais e recuperação de áreas degradadas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

LOCALIZAÇÃO

O experimento foi conduzido na Unidade Experimental do Sistema de Produção Agrossilvipastoril (U.E), localizada na fazenda Experimental Crioula, de propriedade da Embrapa Caprinos e Ovinos, na zona fisiográfica do Sertão Norte Cearense, no município de Sobral-CE, a 3^o 42” de latitude sul, 40^o 21” de longitude oeste e a uma altitude de 110 metros. Os trabalhos de campo se realizaram de janeiro a dezembro de 2006.

CLIMA

O clima da região é semi-árido do tipo BShw, conforme classificação de Kopen (MILLER, 1971). Caracteriza-o dois períodos: o úmido, período chuvoso que vai de janeiro a maio, e o seco, que se estende de junho a dezembro. A média anual histórica das precipitações pluviais é de 821,6 mm, 94,2% dos quais ocorrem no período chuvoso. No ano de execução da pesquisa, os pluviômetros localizados na área do experimento coletaram 1006,0 mm, com concentração em fevereiro, março e abril, quando caíram 82,3% do total anual. Nenhuma chuva foi registrada nos meses do período seco. A temperatura média anual é de 28,0°C, tendo 33,3°C como média das máximas e 21,9°C como média das mínimas. No período chuvoso, a temperatura máxima alcança a média de 31,6°C, enquanto a mínima atinge a média de 21,8°C. No período seco a temperatura máxima alcança a média de 34,9°C e a mínima, 21,9°C. A umidade relativa do ar anual média é de 68%, variando de 77,2% no período chuvoso a 58,7% no período seco.

TOPOGRAFIA E SOLOS

O relevo da área onde foi conduzido o experimento apresenta dois tipos de dominância: suave-ondulado e ondulado, que podem apresentar-se isolados ou combinados, caracterizando-se por elevações de topos achatados, ou, mais comumente, arredondados, com pendentes, curtas e médias, geralmente convexas e, às vezes, retas. Suas declividades variam de 3 a 5% para o relevo suave-ondulado, e de 9 a 15% para os ondulosos. Nas dominâncias de relevo suave-ondulado, predominam os luvisolos ortocrômicos e os neossolos litólitos, e no relevo ondulado predominam os neossolos litólitos (RAMOS & MARINHO, 1980).

VEGETAÇÃO

A formação vegetal original da área era uma caatinga arborescente hiperxerófila, em estádios finais de sucessão secundária, com a presença de aroeira (*Myracrodruon rundeuva* Allem.), catingueira (*Caesalpinia bracteosa* Tul.), cumaru (*Amburana cearensis* A. C. Smith), jucá (*Caesalpinia ferrea* Mart. & Tub), jurema preta (*Mimosa hostilis* Wild Poir), mororó (*Bauhinia cheilantha* Bong. Steud.), pau-branco (*Auxemma oncocalyx* Taub.), angico (*Adenantera macrocarpa*) e sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.). A densidade das espécies arbóreas era de 3.400 plantas por hectare, enquanto a cobertura era de 90%, aproximadamente (ARAÚJO FILHO et al., 2001).



Figura 1. Deposição de serrapilheira no período seco (esquerda) e chuvoso (direita) na Unidade Experimental (U.E), Fazenda Crioula. Foto: Araújo Filho.

ÁREA EXPERIMENTAL

A área total da U.E era de 8,0 ha, 20% dos quais foram destinados a atividades agrícolas, 60% a pecuária e os 20% restantes constituíam a reserva legal. Esta área foi manipulada no ano de 1997, mediante raleamento das áreas agrícola e de pecuária. Na área agrícola, o raleamento da vegetação lenhosa, foi preservado cerca de 153 árvores por hectare, correspondendo a uma cobertura de 23%. Na parcela pastoril, foram mantidas 550 árvores/ha, perfazendo uma cobertura de 36%. Na reserva legal, a vegetação lenhosa foi preservada, ou seja, a densidade era de 2962 plantas por hectare, enquanto a cobertura era de 90% (CARVALHO, 2003). No experimento, foram utilizadas somente a área agrícola e a área de reserva legal.

A figura 2 mostra a distribuição das sacolas nas posições suspensa e sobre o solo.



Figura 02. Distribuição da folhagem das espécies catingueira, sabiá e pau branco nas posições suspensas e sobre o solo, na Unidade .Experimental. Foto: Araújo Filho

PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Folhas de sabiá (*M.caesalpiniiifolia*), catingueira (*C. bracteosa*) e pau branco (*A. oncoalyx*) foram coletadas de árvores em estágio de frutificação, ao fim do período seco, tendo sido desidratadas ao sol até atingirem o ponto de feno (15% de umidade) e armazenadas. Em janeiro de 2006, as folhas das espécies em estudo foram

acondicionadas em sacos de nylon com malha de 1,0 mm, na quantidade de 50 gr de matéria seca por saco, que foram posicionados nas parcelas agrícola e de reserva legal. Em cada parcela foram distribuídas quatro blocos. Cada repetição constava de 12 sacos, seis dos quais foram mantidos suspensos e seis em contato com o solo. Os lotes de seis sacos continham dois para cada espécie arbórea, um dos quais foi colhido ao fim do período das chuvas e o outro ao fim do período seco.

Ao fim de junho de 2006, foi feita a coleta do período chuvoso, constando de 48 sacos. Os 48 sacos do período seco foram coletados em dezembro do mesmo ano. Foram, assim, obtidos três conjuntos de dados: o do período chuvoso, o total anual e o do período seco, derivado da subtração entre o total anual e o do período chuvoso. Foi observada a presença de areia e barro nos sacos posicionados em contato com o solo. Procedeu-se sua remoção por meio de peneiras e por decantação em água. Em seguida, todas as amostras foram levadas ao laboratório de nutrição animal da Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA para secagem em estufa e secas a 65 °C por um período de 48 horas, e a seguir pesadas, após o resfriamento em temperatura ambiente. Foram também tomadas amostras para determinações dos teores de nitrogênio, resíduo mineral e lignina. Os resultados foram tabelados em termos de peso seco da biomassa nos sacos e percentagem de biomassa desaparecida. Para estimativa do percentual de carbono na fitomassa da folhagem, subtraiu-se da matéria orgânica o teor de nitrogênio, restando basicamente os carboidratos. Em seguida, este valor foi multiplicado por 40% que é o teor de carbono na molécula-grama de carboidrato. O experimento foi um fatorial de 3 espécies x 2 sistemas x 2 posições x 2 estações, com quatro repetições. Constituíram as causas de variação as espécies vegetais, as estações do ano, o posicionamento dos sacos e os sistemas, ou seja, área agrícola e reserva legal. As análises estatísticas da percentagem de biomassa desaparecida foram realizadas pelo procedimento ANOVA do software SAS (SAS Institute Inc., 2001), de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ijklm} = \mu + s_i + v_j + l_k + e_l + sv_{ij} + sl_{ik} + se_{il} + vl_{jk} + ve_{jl} + le_{kl} + svl_{ijk} + sve_{ijl} + sle_{ikl} + vle_{jkl} + svle_{ijkl} + \epsilon_{ijklm}$$

Em que y_{ijklm} é a m -éssima observação da percentagem de biomassa desaparecida; μ é a média geral; s_i o efeito do i -éssimo sistema (agricultura ou reserva); v_j o efeito da j -éssima espécie vegetal (caatingueira, sabiá e pau branco); l_k o efeito do k -éssimo local de posicionamento do saco (solo ou suspenso); e_l o efeito da l -éssima período do ano (chuvosa ou seca); os demais termos são todas as possíveis interações

entre os efeitos principais; ϵ_{ijklm} é o erro aleatório, normalmente distribuído com média 0 e desvio 1.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados das análises laboratoriais. Os teores de N variaram de 1,8% para a catingueira a 1,3% para o pau branco, indicando que as folhas da primeira espécie continham 38,5% mais do nutriente do que da segunda. Quanto aos conteúdos de C, as três espécies mostraram valores semelhantes, oscilando de 35,5% para o sabiá a 32,1% para o pau branco. Para a lignina, os percentuais variaram de 17,7 para a catingueira a 21,5%, uma diferença 21,5%. Por fim a relação Lig/N foi de 9,8 para a catingueira e de 15,5 para o pau branco, enquanto que a relação C/N flutuou de 18,8 para a catingueira a 25,4 para o sabiá.

Tabela 1- Teores (%) de nitrogênio (N), carbono (C), lignina (Lig) e as relações Lig/N e C/N da folhagem de espécies lenhosas da caatinga, Sobral, 2006.

Espécies	N	C	LIG.	Lig/N	C/N
<i>C.bracteosa</i> (catingueira)	1,8	33,9	17,7	9,8	18,8
<i>M.caesalpiniaefolia</i> (sabiá)	1,4	35,5	21,5	15,3	25,4
<i>A.oncocalyx</i> (pau branco)	1,3	32,1	20,2	15,5	24,7

Os valores encontrados para as relações Lig/N e C/N estão dentro dos limites encontrados por (SANTANA, 2005; SOUTO, 2006). As relações Lig/N e C/N estão relacionadas com as taxas de decomposição da fitomassa vegetal, que crescem à medida que as relações supracitadas decrescem (SANTOS & CAMARGO, 1999). Os valores discutidos para as espécies estudadas apontam a catingueira como a espécie que deverá apresentar maiores percentuais de decomposição de sua folhagem.

As folhas da catingueira com decomposição média anual de 73,3% superaram ($P < 0,01$) as do sabiá (61,9%) e as do pau branco (61,8%) que não diferiram entre si (Tabela 2). Observa-se, que embora haja diferenças estatísticas significativas, os valores da decomposição da folhagem das espécies estudadas foram sempre elevados e semelhantes aos de Santana (2005), mas superaram os de Kirmse (1984). Para o caso específico do sabiá, o percentual de decomposição obtido neste trabalho foi semelhante ao observado por Fernandes et al. (2006). Ademais, a catingueira apresentou também

menor índice Lig/N e C/N (Tabela 1), confirmando os índices discutidos por (MELILLO et al., 1982; TAYLOR et al., 1989; SANTANA 2005).

As folhas em contato com o solo apresentaram maior decomposição ($P < 0,01$) que as colocadas em posição suspensa (Tabela 2), possivelmente devido a ação dos microrganismos do solo. Vale salientar o elevado percentual (53,0%) de decomposição da folhagem em posição suspensa, que confirma as afirmativas de Austin & Vivanco (2006), sobre a importância, em regiões semi-áridas, da luz e de outros agentes do intemperismo físico na decomposição da serrapilheira.

Tabela 2. Comparação das médias de decomposição (%) da interação (espécie x posição) em base anual. Sobral, 2006.

Posição/Espécie	Solo	Suspensa	Média
<i>Caesalpinia bracteosa</i> (catingueira)	89,4 a A	57,2 a B	73,3a
<i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> (sabiá)	72,9 b A	50,8 b B	61,9b
<i>Auxemma onocalyx</i> (pau branco)	72,8 b A	50,9 b B	61,8b
Média	78,4A	53,0B	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste t ($P > 0,01$)

Os percentuais de cobertura, 23% da área agrícola e 90% da área de reserva legal não afetaram em base anual, os níveis de decomposição da folhagem. Isto pode ser explicado, possivelmente, pelo o fato da área agrícola ter sido cultivada com milho e leucena, o que resultou em um elevado sombreamento dos sacos durante o período das chuvas. Por outro lado, sendo a vegetação arbórea caducifólia no período seco, as diferenças de cobertura entre as duas áreas desapareceram naquele período. Estes resultados discordam dos encontrados por Kirmse (1984), que encontrou diferenças significativas ($P < 0,05$) para o efeito da cobertura arbórea. Porém, neste caso, uma das áreas teve toda a sua vegetação arbórea removida. Observando a decomposição de serrapilheira do trabalho de Souto (2006), a perda de peso da serrapilheira após um ano foi de 41,19% e após dois anos foi de 48,37%. Santana (2005) demonstrou que após 371 dias, a *Caesalpinia Pyramidalis* (catingueira) decompôs 70,3 %, a mistura de folhas 57,8 %, *Aspidosperma pyriformium* (pereiro) 48,4 % e *Croton. Sonderianus* (marmeleiro) 47,5 % da biomassa inicial. Reddy (1992) e Benvinda (2005), encontraram semelhantes perdas de peso da serrapilheira de *Azadirachta indica* (nim) com 50 % do peso inicial. Os valores médios de decomposição da folhagem encontrados para as espécies estudadas neste trabalho equivalem ou superam aos relatados pelos autores citados.

Assim, com base nesses resultados as espécies arbóreas estudadas se apresentam

como opções adequadas para o incremento da circulação de nutrientes em sistemas florestais.

Ao se incluir período do ano como um fator, a análise de variância mostrou diferenças significativas ($P < 0,01$) para as interações espécie x período do ano, posição x período do ano, sistema x posição x período do ano e espécie x posição x período do ano. O coeficiente de variação foi de 21,3% e o R^2 alcançou 0,93.

Na área agrícola (Tabela 3), com cobertura arbórea de 23%, as folhas da catingueira apresentaram maiores percentuais de decomposição ($P < 0,05$) no período chuvoso do que no período seco, quer quando suspensas (43,5% e 14,0%) quer quando em contato com o solo (86,4% e 4,8%). Considerando a período do ano, a decomposição da folhada da catingueira no período chuvoso foi mais elevada ($P < 0,05$) em contato com o solo; no período seco, o percentual maior foi observado para as folhas em posição suspensa. Santana (2005) afirmou que durante o período seco a atividade microbiana do solo na decomposição da serrapilheira é quase nula. Então, os fatores físicos do meio passam a ser os agentes de maior atuação na decomposição da fitomassa. É, pois, provável que se deva uma menor taxa de decomposição do material sobre o solo a uma menor exposição a esses fatores.

Por seu turno, a folhagem do sabiá apresentou padrões de decomposição semelhantes aos da catingueira, mas com percentuais diferentes. Os percentuais observados no período chuvoso foram de 66,2 e 31,7 para as posições sobre o solo e suspensa, respectivamente, e no estio, os resultados encontrados foram 10,7% e 18,6% para os mesmos posicionamentos (Tabela 3). Por fim, o pau branco, com tendências semelhantes às apresentadas pelas duas espécies, mostrou percentuais de decomposição da folhagem, no período chuvoso de 66,6% e 26,6% para o material em contato com o solo e suspenso, respectivamente, e no período seco, 10,4% e 24,5% para as mesmas posições na área agrícola.

Na área de reserva legal, com cobertura arbórea de 90%, os padrões de desaparecimento de fitomassa da folhagem das três espécies arbóreas estudadas no período chuvoso seguiram as mesmas tendências verificadas para a área agrícola, seja em posição suspensa, seja em contato com o solo (Tabela 3). Porém, os percentuais obtidos foram geralmente inferiores para o material sobre o solo e superiores para a biomassa em sacos suspensos. Por outro lado, foram verificadas diferenças com relação à decomposição da folhagem no período seco. Para a catingueira, na área de reserva legal decomposição da folhagem sobre o solo foi inferior ao suspenso (11,9% e 16,3%),

enquanto que para a folhagem do sabiá (21,6% e 14,9%) e para a folhagem do pau branco (18,3% e 12,8%) foi superior (Tabela 3). Possivelmente a maior decomposição da folhagem da catingueira no período chuvoso, resultou em menor quantidade de material lábil, o que pode justificar a menor decomposição observada para a posição solo na época seca.

Tabela 3. Comparação das médias de decomposição (%) da interação (espécie x sistema x período x sistema). Sobral, CE.

Sistema – Área agrícola						
Posição/Es pécie	<i>Caesalpinia bracteosa</i> (catingueira)		<i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> (sabiá)		<i>Auxemma oncocalyx</i> (pau branco)	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
Solo	86,4aA	4,8bB	66,2aA	10,7bB	66,6aA	10,4bB
Suspense	43,5bA	14,0aB	31,7bA	18,6aB	26,6bA	24,5aB
Média	65,0	9,4	49,0	14,7	46,6	17,5
Sistema Reserva legal						
Posição/ Espécie	<i>Caesalpinia Bracteosa</i> (catingueira)		<i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> (sabiá)		<i>Auxemma oncocalyx</i> (pau branco)	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
Solo	75,9 a A	11,9 b B	47,2 a A	21,6 a B	50,5 a A	18,3 a B
Suspense	40,6 b A	16,3 a B	37,3 b A	14,9 b B	37,8 b A	12,8 b B
Média	58,3	14,1	42,3	18,3	44,2	15,6

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e pela mesma letra maiúscula na linha, por espécie e por sistema, não diferem pelo teste t ($P > 0,05$)

Afora o trabalho de Austin & Vivanco (2006), não foram encontradas publicações relacionadas com os efeitos dos fatores físicos *per se* sobre a decomposição da serrapilheira. As referências sempre discutem como os fatores físicos afetam os fatores bióticos no processo de decomposição da biomassa vegetal (WITKAMP, 1966; GAMA-RODRIGUES, 1997; ZIMMER, 2002). Todavia, este trabalho evidencia a importância dos agentes físicos do intemperismo na decomposição da folhagem. Assim, é provável que, mesmo no material em contato com o solo, parte da decomposição no período chuvoso seja devida à ação desses fatores.

Saliente-se que os teores elevados de decomposição da folhagem das espécies estudadas, tanto na parcela agrícola como na reserva legal, na posição suspensa, corroboram a importância da luz, da temperatura e da precipitação pluvial no processo. Sugere-se, assim, que grande parte do percentual atribuído à atividade biológica deve-

se, na realidade, à ação dos fatores físicos, mormente em regiões semi-áridas, onde sua intensidade é mais notória.

Por outro lado, as discussões dos resultados são quase sempre em base anual, omitindo-se, muitas vezes, o efeito estacional Kirmse (1984), Santana (2005) e Souto (2006), isto dificulta uma compreensão mais detalhada dos mecanismos de decomposição da serrapilheira. Ademais, embora seja mencionada a significativa participação da folhagem na composição da serrapilheira, raramente se estudou sua decomposição em separado. Galhos e garranchos, por seu alto teor de carbono e lignina e baixo teor de nitrogênio, certamente tem menores taxas de decomposição que a folhagem. Assim, grande parte da serrapilheira restante pode ser constituída tão somente por galhos e garranchos.

Observando os resultados da decomposição apresentados por Santana (2005) com folhas do sabiá, por Souto (2006), com a serrapilheira, e por Reddy (1992) e Benvinda (2005) com folhas de nim, as maiores taxas foram observadas no período das chuvas e as menores no período seco. Saliente-se que nestes trabalhos, o material foi posicionado sobre o solo no início do período seco, o que mesmo assim confirmam os resultados do presente experimento.

4 CONCLUSÕES

A decomposição da folhagem na posição suspensa do solo, tanto no período das chuvas como na época seca, indica a importância de fatores físicos nesse processo.

Com base na taxa de decomposição da folhagem, as três espécies estudadas, com destaque especial para a catingueira, podem ser indicadas para utilização em sistemas agroflorestais e para recuperação de áreas degradadas no semi-árido brasileiro.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A.G.; COSTA, G.S.; FARIA, S.M. deposição e decomposição da serrapilheira em povoamentos de *Mimosa caesalpiniaefolia*, *Acacia mangium* e *Acacia holosericea* com quatro anos de idade em planossolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.4, p.777-785, 2000.

ARATO, H.D.; MARTINS, S.V.; FERRARI, S.H. de S. Produção e decomposição de serrapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em Viçosa-MG. **Revista Árvore**, v. 27, n.5, p. 715-721, 2003.

ARAÚJO FILHO, J.A.; CARVALHO, F.C. Sistemas de produção agrossilvipastoril para o semi-árido nordestino. In: CARVALHO, M.M.; ALVIM, M.J.; CARNEIRO, J.C. (Eds.). **Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais**. Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite, 2001, p. 101 – 110.

AUSTIN, A.T.; VIVANCO, L. Plant litter decomposition in semi – arid ecosystem controlled by photodegradation Nature Publishing Group. **Nature**, v.442, n.3, p.555-558 august 2006.

BENVINDA, J.M.de S. **Decomposição de resíduos de nim (*Azadiractha indica*) em ecossistema do semi-árido da Paraíba**. Patos-PB: Universidade Federal de Campina Grande, 2005, p.41. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal de Campina Grande – PB, 2005.

CARVALHO, F.C. **Sistema de produção agrossilvipastoril para a região semi-árida do noredeste do Brasil**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa – MG, 2003. 77 p. Originalmente apresentada como tese de doutorado, Universidade Federal de Viçosa, 2003.

CORRÊA NETO, T. de A.; PEREIRA, M.G.; CORREA, M.E.F.; ANJOS, L.H.C. dos. Deposição de serrapilheira e mesofauna edáfica em áreas de eucalipto e floresta secundária. **Floresta e Ambiente**, v.8, n.1, p.70-75, 2001.

CORTEZ, J.; DEMARD, J.M.; BOTTNER, P.; JOCTEUR MONROZIER, L. Decomposition of mediterranean leaf litters: A microcosm experiment investigating relationships between decomposition rates and litter quality. **Soil Biology and Biochemistry**, v.28, n.4/5, p.443-452, 1996.

COSTA, G.S.; FRANCO, A.A.; DAMASCENO, R.N.; FARIA, S.M. Aporte de nutrientes pela serrapilheira em uma área degradada e revegetada com leguminosas arbóreas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n.5, p. 919-927, 2004.

CRISPIM, S.M.A. **Efeito da remoção da biomassa sobre a dinâmica da comunidade herbácea de uma caatinga raleada**. Fortaleza, CE: UFC, 1986. P. 72. Originalmente apresentada como dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal do Ceará, 1986.

FERNANDES, M. M.; PEREIRA, M. G.; MAGALHÃES, L. M. S.; CRUZ, A. R.; GIÁCOMO, R. G. Aporte e decomposição de serrapilheira em áreas de floresta secundária, plantio de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth) e andiroba (*Carapa*

guianensis ALBL) na flora Mário Xavier, RJ. **Ciência florestal**, Santa Maria, v,16 n.2, p. 165-175, 2006.

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

GAMA-RODRIGUES, A.C. da. **Ciclagem de nutrientes por espécies florestais em povoamentos puros e mistos, em solos de tabuleiro da Bahia, Brasil**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa – MG, 1997. 107 f. Originalmente apresentada como tese de doutorado, Universidade Federal de Viçosa, 1997.

GAMA-RODRIGUES, A.C.; BARROS, N.F.; SANTOS, M.L. Decomposição e liberação de nutrientes do folhagem de espécies florestais nativas em plantios puros e mistos no sudeste da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.6, p. 1021-1031, 2003.

HARRIS, M.M.; SAFFORD, L.O. Effects of season and four tree species on soluble carbon content in fresh and decomposing litter of temperate forests. **Soil Science**, v.161, n.2, p.130-135, 1996.

KIRMSE, R.D. **Effects of clearcutting on forage production, quality and composition in the caatinga woodland of Northeast Brazil**: implication to goat and sheep nutrition. Logan, Utah: Utah State University, 1984. 150p. Originalmente apresentada como tese de doutorado, Utah State University, 1984.

LOPES, M. I. M; DOMINGOS, M.eVUONO, Y. S. Ciclagem de nutrientes minerais. In: SYLVESTRE, L. S. e ROSA, M. M. T. **Manual metodológico para estudos botânicos na Mata Atlântica**. Seropédica, RJ: EDUR, p.72-103, 2002.

MELILLO, J.M.; ABER, J.D.; MURATORE, J.F. Nitrogen and lignin control of hardwood leaf litter decomposition dynamics. **Ecology**, v.63, n.3, p.621-626, 1982.

MILLER, A. **Meteorology**. 2ª ed. Columbia, OHIO: Charles. E. Marril Publishing Company, 1971. 164p.

PERES, J. R. R.; SUHET, A. R.; VARGA, M. A. T.; DROZDOWICZ, A. Litter production in áreas of brasilian cerrados. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 18, n.9, p. 1037-1043, set. 1983.

POGGIANI, F.; MONTEIRO JUNIOR, E. S. Deposição de folhagem e retorno de nutrientes ao solo numa Floresta Estacional Semidecídua em Piracicaba, SP. In: X Congresso Florestal Brasileiro 6º, 1990, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão, 1990. p. 596 – 602

PROCTOR, J.; ANDERSON, J.M.; FOGDEN, S.C.L. et al. Ecological studies in four contrasting lowland rain forests in Gunung Mulu National Park, Sarawak. II. Litterfall, litter standing crop and preliminary observations on herbivory. **Journal of Ecology**, v.71, n.1, p.261-283, 1983.

RAMOS, A. D.; MARINHO, E. H. **Caracterização dos solos de áreas experimentais do centro nacional de pesquisa de caprinos**. Sobral, CE: EMBRAPA – CNPC, 1980. 62p.(EMBRAPA – CNPC. Boletim de Pesquisa 1)

REDDY, M.V. Effects of microarthropod abundance and abiotic variables on mass-loss, and concentration of nutrients during decomposition of *Azadirachta indica* leaf litter. **Tropical Ecology**, v.33, n.1, p.89-96, 1992.

SANTANA, J.A.da S. **Estrutura fitossociológica, produção de serrapilheira e ciclagem de nutrientes em uma área de caatinga no Seridó do Rio Grande do Norte**. Areia, PB: UFPB, 2005. 184 f. Originalmente apresentada como tese (Doutorado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, 2005.

SANTOS, G. A.; GAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999. 491p.

SARIYILDIZ, T.; ANDERSON, J.M.; KUCUK, M. Effects of tree species and topography on soil chemistry, litter quality, and decomposition in Northeast Turkey. **Soil Biology & Biochemistry**, v.37, n.9, p.1695-17-06, 2005.

SAS. Users guide: Statistics. SAS Inst. Inc., Cary, NC. 2001. 285p

SILVA. C. J.; SANCHES. Luciana.; BLEICH. M. E.; LOBO.F. A.; NOGUEIRA. J. S. Produção de serrapilheira no Cerrado e Floresta de Transição amazônia-Cerrado do Centro-Oeste Brasileiro. **Acta Amazonica**. vol. 37(4) 2007: 543 - 548 .

SWIFT, M.J.; HEAL, O.W.; ANDERSON, J.M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Berkeley: University of California Press, 1979. p. 66-117.

SOUTO, P. C. **Acumulação e decomposição da serrapilheira e distribuição de organismos edáficos em área de caatinga na Paraíba – Brasil**. Paraíba: UFPB, 2006. P. 145. Originalmente apresentada como tese (Doutorado em Agronomia) Universidade Federal da Paraíba, 2006.

SCHUMACHER, M.V.; BRUN, E.J.; RODRIGUES, L.M.; SANTOS, E.M. dos. Retorno de nutrientes via deposição de serrapilheira em um povoamento de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, v.27, n.6, p. 791-798, 2003.

TAYLOR, B.R.; PARKINSON, D.; PARSONS, W.F.J. Nitrogen and lignin content as predictor of litter decay rates: a microcosm test. **Ecology**, v.70, n.1, p.97-104, 1989.

VITAL, A.R.T. **Caracterização hidrológica e ciclagem de nutrientes em fragmento de mata ciliar em Botucatu, SP**. Botucatu, SP: UNESP, 2002. 117 f. Originalmente apresentada como tese (Doutorado em (Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 2002.

VITOUSEK, P. M. Litterfall, nutrient cycling and nutrients in tropical forests. **Ecology**, v. 65, n. 1, p. 285 – 298, 1984.

WITKAMP, M. Decomposition of leaf litter in relation to environment microflora and microbial respiration. **Ecology**, v.47, n.1, 1966.

ZIMMER, M. Is decomposition of woodland leaf litter influenced by its species Richness **Soil Biology and Biochemistry**, v.34, n.2, p.277-284, 2002.

CAPÍTULO III

LIBERAÇÃO DE MACRONUTRIENTES DA FOLHAGEM DE ESPÉCIES ARBÓREAS DA CAATINGA EM DECOMPOSIÇÃO SOB A AÇÃO DE FATORES FÍSICOS E BIOLÓGICOS

RESUMO

O experimento foi conduzido no período de janeiro a dezembro de 2006, na Unidade Experimental do Sistema de Produção Agrossilvipastoril, na fazenda Crioula, de propriedade da Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral-CE com o objetivo de determinar a taxa de liberação de nitrogênio, fósforo e potássio pela folhagem de espécies arbóreas da caatinga. Folhas de sabiá (*Mimosa.caesalpiniaefolia*), catingueira (*Caesalpinnia bracteosa*) e pau branco (*Auxemma oncocalyx*) foram acondicionadas em sacos de nylon com malha de 1,0 mm, na quantidade de 50 g por saco e posicionadas nas parcelas agrícola e de reserva legal, em contato com o solo e em posição suspensa, nos primeiros dias de janeiro. As coletas se verificaram ao final de dezembro. Após a coleta, o material foi seco em estufa e pesado, sendo recolhidas amostras para determinações laboratoriais de N, P e K. O experimento foi um fatorial de 3 (espécies arbóreas) x 2 (posições) x 2 (sistemas) com quatro repetições. A liberação de N e P alcançou a maior percentagem quando em contato com o solo ($P < 0,01$). Na área agrícola a catingueira apresentou maior percentual de liberação de K ($P < 0,01$). Na área de reserva legal a liberação de K nas três espécies não apresentou diferença significativa entre si ($P < 0,01$). Quanto à posição, as folhas em contato com o solo liberaram mais K que as folhas em posição suspensa ($P < 0,01$). Observou-se que os percentuais de nutrientes liberados da folhagem para o solo, em base anual, foram sempre elevados; que os fatores físicos exerceram papel altamente relevante na liberação de nutrientes na área de condução do trabalho; e que as três espécies estudadas podem ser recomendadas para compor vegetação de sistemas agroflorestais e para recuperação de áreas degradadas

Palavras – chave: catingueira, sabiá, pau branco, liberação de nutrientes, posição

EFFECTS OF THE PHYSICAL AND BIOLOGICAL FACTORS ON THE DECOMPOSITION AND NUTRIENT LIBERATION OF LEAVES OF TREE SPECIE OF CAATINGA

ABSTRACT

The experiment was conducted in the period of January to December of 2006, at the Experimental Unit of the Agropastoral Production System, in the Crioula Farm, property of Embrapa Caprinos e Ovinos, in Sobral, CE with the aim of determining the liberation percentages of nitrogen, phosphorus and potash by the decomposing leaves of tree species of caatinga. Leaves of sabiá (*Mimosa.caesalpiniaefolia*), catingueira (*Caesalpinia bracteosa*) and pau branco (*Auxemma oncocalyx*) were bagged in 1,0 mm sieved plastic bags, at the proportion of 50 g per bag and located in the agriculture and legal reserve parcels, in contact with the soil and in the suspended position. The bags were colleted by the end of December. After the collection, the material was oven dried and weighted, and samples were taken for laboratory determinations of their nitrogen, phosphorus and potash contents. The experiment was a factorial of 3 (species) x 2 (positions) x 2 (systems) with four repetitions. The liberation of nitrogen and phosphorus reached the highest percentage, when the samples were in contact with the soil ($P<0.01$). In the agriculture area, the catingueira presented the highest potash liberation ($P<0,01$). In the legal reserve area, the potash liberation was similar ($P<0,01$) for the three tree species. As for the position, leaves in contact with the soil liberated more potash ($P<0,01$) than those on suspended position. It was observed that the nutrients liberated by the leaves to the soil on an annual basis were always high and that the physical factors had a very important role. Finally, the results suggest that the three species may be recommended to compose the vegetation of agroforestry systems and for the reclamation of degraded areas.

Key words: catingueira, sabiá, pau branco, nutrients, positioning.

1 INTRODUÇÃO

O estudo da ciclagem de nutrientes minerais via serrapilheira, é fundamental para o conhecimento da estrutura e funcionamento de ecossistemas florestais. Parte do processo de retorno de matéria orgânica e de nutrientes para o solo florestal se dá através da produção de serrapilheira, sendo esta considerada o meio mais importante de transferência de elementos essenciais da vegetação para o solo (CHARLEY, 1977; VITAL et al., 2004).

A manutenção da produtividade dos ecossistemas em geral, e das florestas em particular, está fortemente ligada à eficiência nos processos de ciclagem de nutrientes (POGGIANI, 1985). Os tecidos das plantas contêm um grande número de elementos químicos, dos quais o carbono, o oxigênio e o hidrogênio constituem a maior parte de sua matéria seca. Entretanto, além desses, mais treze elementos são essenciais para completar o ciclo de vida das plantas, ou seja, potássio (K), sódio (Na), fósforo (P), enxofre (S), ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn), magnésio (Mg), cobalto (Co), selênio (Se), cobre (Cu), molibidênio (Mo) e boro (B). Os processos naturais associados às entradas e saídas de nutrientes, como de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) em ecossistemas florestais, determinam a disponibilidade desses elementos, que são necessários em concentrações adequadas para o crescimento de plantas (WARING & SCHLESINGER, 1985). Estes elementos estão disponíveis em quantidades adequadas na maioria das florestas, como resultado do intemperismo de rochas.

A dinâmica do nitrogênio em serrapilheiras pobres no elemento se desenvolve em três fases: inicialmente há a lixiviação de compostos solúveis, resultando em redução nos níveis de N no material; depois ocorre a fase de acúmulo, a qual pode ser causada pela transferência de N por fungos ou por fixação biológica; e finalmente, no último estágio, o N é mineralizado e os teores do elemento voltam a cair (SCHEU & SCHAUERMANN, 1994).

Para o nitrogênio, normalmente há uma primeira fase de imobilização ou acúmulo, o que significa retenção pela biomassa de microorganismos que decompõem a serrapilheira. O aumento da concentração de nitrogênio na serrapilheira reflete tal imobilização. Porém, em paralelo com a imobilização, pode ocorrer o processo de mineralização, que é a liberação de nitrogênio (REDDY, 1992). Assim, em serrapilheiras de florestas naturais, o fluxo de N segue um padrão caracterizado por uma

curva com três fases: lixiviação, acúmulo e liberação, podendo ocorrer mais de uma fase ao mesmo tempo, e não necessariamente na mesma ordem (WOOD, 1974; BLAIR, 1988). Santana (2005) relatou que durante o período de estudo experimental, o fósforo remanescente apresentou padrão bem definido, com a precipitação na área parecendo não exercer influência significativa na liberação do elemento. O mesmo autor observou um aumento na concentração do nutriente na serrapilheira de *Caesalpinia pyramidalis* (catingueira) e redução na serrapilheira da *Aspidosperma pyriformium* (pereiro) e da *Croton sonderyanus* (marmeleiro). Na *C. pyramidalis*, houve significativo enriquecimento de 55% de P em janeiro no material em decomposição, enquanto nos sacos de *A. Pyriformium*, o maior aumento foi de aproximadamente 38% em novembro, não havendo evidências de liberação de fósforo para o solo nos dois tratamentos.

Fernandes et al. (2006), encontraram os valores de liberação de N, P e K em serrapilheira da *Mimosa caesalpiniaefolia* (sabiá) a seguir discriminados: 66,7% para N, 86% para P e 60% para K.

Os trabalhos sobre liberação de nutrientes pela decomposição de folhagem de essências florestais da caatinga são escassos. Objetivou-se, pois, determinar os percentuais de liberação de nitrogênio, fósforo e potássio pela decomposição da folhagem de espécies arbóreas da caatinga, para aprofundamento deste conhecimento, contribuindo, assim, para a identificação de componentes arbóreos para uso em sistemas agroflorestais e recuperação de áreas degradadas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Unidade Experimental do Sistema de Produção Agrossilvipastoril (UE), localizada na fazenda Experimental Crioula, de propriedade da Embrapa Caprinos e Ovinos, na zona fisiográfica do Sertão Norte Cearense, no município de Sobral-CE, a 3^o 42” de latitude sul, 40^o 21” de longitude oeste e a uma altitude de 110 metros. Os trabalhos de campo se prolongaram de janeiro a dezembro de 2006.

O clima da região é semi-árido e caracteriza-se por dois períodos: o chuvoso, que vai de janeiro a maio e o seco, que se estende de junho a dezembro. A média anual histórica das precipitações pluviais é de 821,6 mm, 94,2% dos quais ocorrem no período chuvoso. No ano de execução da pesquisa, os pluviômetros localizados na área do experimento coletaram 1.006,0 mm de chuva, com concentração das precipitações em

fevereiro, março e abril, quando caíram 82,3% do total anual. Nenhuma chuva foi registrada nos meses do período seco. A temperatura média anual é de 28,0°C, tendo 33,3°C como média das máximas e 21,9°C como média das mínimas. No período chuvoso, a temperatura máxima alcança a média de 31,6°C, enquanto a mínima atinge a média de 21,8°C. No período seco, a temperatura máxima alcança a média de 34,9°C e a mínima, 21,9°C. A umidade relativa do ar anual média é de 68%, variando de 77,2% no período chuvoso a 58,7% no período seco.

A formação vegetal original da área foi uma caatinga arborescente hiperxerófila, em estádios finais de sucessão secundária, com a presença de: aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allem.), catingueira (*Caesalpinia bracteosa* Tul.), cumaru (*Amburana cearensis* A. C. Smith), jucá (*Caesalpinia ferrea* Mart. & Tub), jurema preta (*Mimosa hostilis* Wild Poir), mororó (*Bauhinia cheilantha* Bong. Steud.), pau-branco (*Auxemma oncocalyx* Taub.), angico (*Adenantera macro carpa...*) e sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.). A densidade das espécies arbóreas era de 3.400 plantas por hectare, enquanto a cobertura era de 90%, aproximadamente (ARAÚJO FILHO & CARVALHO, 2001).

ÁREA EXPERIMENTAL

A área total da UE era de 8,0 ha, 20% dos quais foram destinados a atividades agrícolas, 60% a pecuária e os 20% restantes constituíam a reserva legal. Esta área foi manipulada no ano de 1997, mediante raleamento das áreas agrícola e de pecuária. Na área agrícola, o raleamento da vegetação lenhosa preservou cerca de 153 árvores por ha, correspondendo a uma cobertura de 23%. Na parcela pastoril, foram mantidas 550 árvores/ha, perfazendo uma cobertura de 36%. Na reserva legal, a vegetação lenhosa foi preservada, ou seja, a densidade era de 2.962 plantas por hectare, enquanto a cobertura era de 90% (ARAÚJO FILHO & CARVALHO, 2001). No experimento, foram utilizadas somente a área agrícola e a área de reserva legal.

PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Folhas de sabiá (*M.caesalpiniiifolia*), catingueira (*C. bracteosa*) e pau branco (*A. oncocalyx*) foram coletadas de árvores em estágio de frutificação, ao início do período seco, desidratadas ao sol até atingirem o ponto de feno (15% de umidade) e

armazenadas. Em janeiro de 2006, as folhas das espécies em estudo foram acondicionadas em sacos de nylon com malha de 1,0 mm, na proporção de 50 g por saco, que foram posicionados nas áreas agrícola e de reserva legal. Em cada parcela, foram distribuídos quatro repetições. Cada repetição constava de 12 sacos, seis dos quais foram mantidos suspensos e seis em contato com o solo. Os lotes de seis sacos continham dois para cada espécie arbórea, um dos quais foi colhido no final do período chuvoso, e os outros sacos no final do período seco.

Ao fim de dezembro de 2006, foi feita a coleta constante dos 48 sacos restantes do período seco. Foi observada a presença de areia e barro nos sacos posicionados em contato com o solo. Procedeu-se sua remoção por meio de peneiras e por decantação em água. Em seguida, todas as amostras foram levadas para estufa e secas a 65°C por um período de 48 horas e pesadas, após o resfriamento em temperatura ambiente. Em seguida, foram moídas em moinho de mesa, em peneira de 02 mm, no Laboratório de Nutrição da Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA.

Após moagem, as 48 amostras acondicionadas em frascos hermeticamente fechado foram levadas para o Laboratório de Solo-Água e Planta da Embrapa – Agroindústria Tropical, para realização das análises dos macros minerais (N, P, K). Todas as análises foram realizadas em triplicata, e os resultados representaram os teores médios dos minerais por período. O nitrogênio foi determinado pelo método: destilação – titulação (Kjeldahl), o fósforo pelo método de espectrofotometria com azul-de-molibidênio e o potássio pelo método de fotometria de chama, conforme manual de análises químicas de solos, planta e fertilizantes (EMBRAPA, 1999). As análises de lignina e cinza foram realizadas pelo método de Van Sost (1967), no Laboratório de Nutrição da Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral-CE.

Para se calcular o percentual de nutriente liberado, multiplicou-se seu teor na fitomassa restante no saco pelo conteúdo do mesmo. Em seguida, a quantidade inicial do nutriente foi obtida multiplicando-se as 50 g iniciais no saco pelo teor do nutriente. Por subtração foi obtido o valor liberado, que foi expresso como percentagem do valor inicial.

O experimento foi um fatorial de 3×2^3 , com quatro repetições. Constituíram as causas de variação a espécie vegetal, o período do ano, o posicionamento dos sacos e o sistema, ou seja, área agrícola e reserva legal, que refletiam a percentagem de sombreamento.

ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS MINERAIS

As análises estatísticas das percentagens de decomposição do nitrogênio, do potássio e do fósforo, foram realizadas pelo procedimento ANOVA do software SAS (SAS Institute Inc., 2001), seguindo um fatorial 3×2^3 , de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + s_i + v_j + l_k + sv_{ij} + sl_{ik} + vl_{jk} + svl_{ijk} + \epsilon_{ijkl}.$$

Em que y_{ijkl} é a l -ésima observação da percentagem de decomposição de nitrogênio, potássio ou fósforo; μ é a média geral; s_i o efeito do i -ésimo sistema (agricultura ou reserva); v_j o efeito da j -ésima espécie vegetal (catingueira, sabiá ou pau branco); l_k o efeito do k -ésimo local de posicionamento do saco (solo ou suspenso); os demais termos são todas as possíveis interações entre os efeitos principais; ϵ_{ijkl} é o erro aleatório, normalmente distribuído com média 0 e desvio 1.

Para permitir os requisitos de uma análise de variância (homocedasticidade, distribuição normal, etc.), as percentagens de decomposição de nitrogênio e fósforo foram analisadas após transformação quadrática (x^2), enquanto as percentagens de decomposição de potássio foram elevadas a potência de 6,3 ($x^{6,3}$).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância dos dados de liberação de nitrogênio (N) de folhas das espécies arbóreas estudadas, em base anual, após transformação dos dados para deg^2 , revelou diferenças estatísticas significativas ($P < 0,01$) para sistema, posição e a interação espécie x posição. O coeficiente de variação foi de 9,61% e o R^2 foi igual a 0,90.

A liberação de N alcançou os maiores percentuais ($P < 0,01$) nas folhas dos sacos em contato com o solo, com 88%, em comparação com o material em posição suspensa 70,26%, com diferenças para as três espécies testadas (Tabela 1), possivelmente porque, além do efeito dos agentes do intemperismo físico no material em contato com o solo, havia a ação dos microrganismos. A folhagem da catingueira, quando em contato com o solo, liberou mais N ($P < 0,01$) que a de pau branco e a de sabiá, que não diferiram entre si. Todavia, na posição suspensa, as folhas da catingueira, do pau branco e do sabiá apresentaram os mesmos percentuais de liberações de N (Tabela 1).

Vale salientar que, mesmo em posição suspensa, ou seja, sob a ação predominante dos agentes do intemperismo físico, as perdas de N foram substanciais (70,26%), demonstrando importância destes fatores para ambientes semi-áridos.

O percentual de 86,90 de liberação de N encontrado neste trabalho para a folhada do sabiá em contato com o solo (Tabela 1) foi superior aos 66,7% obtidos por Fernandes et al., (2006). Entretanto, esses autores trabalharam com serrapilheira, contendo cerca de 60% de folhas, constituindo o restante do material de menor teor de nitrogênio.

Tabela 1. Médias de liberação de nitrogênio (%) da interação espécie x posição. em base anual. Sobral, 2006

Espécie/posição	Solo	Suspense	Média
<i>Caesalpinia bracteosa</i> (catingueira)	93,38aA	76,70aB	85,04
<i>Auxemma onocalyx</i> (pau branco)	85,82bA	74,65aB	80,23
<i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> (sabiá)	86,90bA	73,51aB	80,20
Média	88,70	70,26	81,82

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e pela mesma letra maiúscula na linha não diferem pelo teste t ($P>0,05$)

A análise de variância dos percentuais de liberação de fósforo de folhas das essências florestais estudadas, após transformação dos dados para deg^2 , apresentou significância estatística ($P<0,01$) para espécie, posição e para a interação sistema x espécie x posição. O coeficiente de variação foi de 10,74% e o R^2 foi igual a 0,95.

Na parcela agrícola, com sombreamento arbóreo de 23%, as folhas das espécies arbóreas estudadas liberaram mais fósforo ($P<0,01$) quando posicionadas em contato com o solo que quando em posição suspensa (Tabela 2). Quando em contato com o solo, as perdas de P foram maiores ($P<0,01$) para a folhagem da catingueira, com 98,17%, seguida do sabiá com 88,42% e do pau branco com 84,67%. Sem contato com o solo, a sequência de significância para as espécies arbóreas estudadas foi a mesma, porém, com percentuais menores.

Na área de reserva legal (Tabela 2), tanto na posição suspensa quanto no solo, com sombreamento arbóreo de 90%, a liberação de fósforo foi maior ($P<0,01$) para catingueira (97,45%), seguido do sabiá (94,80%) do pau branco (74,37%) que apresentaram as mesmas tendências, porém com percentuais menores para a posição suspensa ($P<0,01$). Observa-se que as médias de liberação do fósforo na folhagem das três espécies nos dois sistemas, tiveram os mesmos padrões de liberações em base anual, evidenciando a ação dos efeitos físicos e biológicos na liberação do fósforo.

Tabela 2. Médias de liberação de fósforo(%) da interação espécie x sistema x posição em base anual. Sobral, CE.

Sistema: Área agrícola			
Posição/Espécie	Solo	Suspense	Média
<i>Caesalpinia bracteosa</i> (catingueira)	98,17aA	78,07aB	88,12
<i>Auxemma onco calix</i> (Pau branco)	84,67cA	42,97cB	63,82
<i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> (sabiá)	88,42bA	66,82bB	77,62
Média	90,42	62,62	76,52
Sistema: Reserva legal			
Posição/Espécie	Solo	Suspense	Média
<i>Caesalpinia bracteosa</i> (catingueira)	97,45aA	73,30aB	85,37
<i>Auxemma onco calix</i> (pau branco)	74,37cA	50,55cB	62,46
<i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> (sabiá)	94,80bA	65,70bB	80,25
Média	88,87	63,18	76,02

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e pela mesma letra maiúscula na linha em cada sistema não diferem pelo teste t ($P>0,05$)

A análise de variância dos percentuais de liberação de potássio de folhas das essências florestais estudadas, após transformação dos dados para $\text{deg}^{6,3}$, apresentou significância estatística ($P<0,01$) para espécie, sistema e posição e para as interações sistema x espécie e sistema x posição. O coeficiente de variação foi de 9,55% e o R^2 foi igual a 0,97.

Os percentuais de liberação de potássio pela catingueira foram semelhantes nas duas parcelas ($P<0,01$), porém, foram superiores para as duas espécies restantes na área de reserva legal (Tabela 3).

Na área agrícola, os dados revelaram que a catingueira (91,21%) apresentou maior percentual de decomposição de potássio ($P<0,01$), quando comparada com as espécies *A. onco calix* e *M. caesalpiniaefolia*, que não apresentaram diferenças significativas entre si ($P>0,01$).

Na área de reserva legal, a liberação de potássio das três espécies apresentou o mesmo padrão de liberação, não havendo, portanto, diferença significativa ($P>0,01$).

Tabela 3. Médias de liberação de potássio(%) da interação espécie x sistema, em base anual. Sobral, CE.

Espécie/sistema	Agrícola	Reserva Legal	Média
<i>Caesalpinia bracteosa</i> (catingueira)	91,21aA	90,66aA	90,93
<i>Auxemma onco calix</i> (pau branco)	85,31bB	93,36aA	89,33
<i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> (sabiá)	85,92bB	91,36aA	88,64
Média	87,48	91,79	89,63

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e pela mesma letra maiúscula na linha em cada sistema não diferem pelo teste t ($P>0,05$)

Com relação ao fator posição, as folhas em contato com o solo liberaram mais potássio que as folhas em posição suspensa ($P>0,01$), tanto na área agrícola, como na reserva legal (Tabela 4). Todavia, os maiores valores de liberação do nutriente foram observados na área de reserva legal ($P<0,01$). De acordo com Andrade (1997), o potássio é um elemento de forma iônica K^+ e que pode ser facilmente lixiviado no período chuvoso. Acredita-se que a maior liberação do potássio na folhagem das três espécies estudadas, em base anual, na posição solo, tenha sido favorecida pela maior retenção de umidade na folhagem em contato solo. Acredita-se que as folhas em posição suspensa imobilizaram mais potássio, possivelmente por reter menor umidade pela maior exposição à luminosidade, devido a sua posição ser perpendicular ao solo, favorecendo o secamento em ambos os lados pelo movimento do sol. Os valores de liberação de potássio da folhagem da *Caesalpinia bracteosa* (catingueira) foi superior (91%) ao valor encontrado por Santana (2005), na folhagem *Caesalpinia pyramidalis* (catingueira) que foi de 88%.

Tabela 4. Médias de liberação potássio (%) da interação posição x sistema em base anual. Sobral, CE

Posição/sistema	Agrícola	Reserva Legal
Solo	96,12 a B	97,15 a A
Suspensão	78,84 b B	86,44 b A

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e pela mesma letra maiúscula na linha em cada sistema não diferem pelo teste t ($P>0,05$)

Saliente-se que os teores elevados da liberação dos três macronutrientes pela folhagem das espécies estudadas, tanto na parcela agrícola como na reserva legal, na posição suspensa, corroboram a importância da luz, temperatura e precipitação pluvial no processo. A luz e a temperatura podem ser apontadas como responsáveis pela oxidação do material orgânico, resultando em sua decomposição. A precipitação pluvial, por seu turno, acelera a lixiviação dos minerais. Pode-se especular quanto do percentual atribuído à atividade biológica deve-se, na realidade, à ação dos fatores físicos, mormente em regiões semi-áridas, onde sua intensidade é mais notória. Santana (2005), afirmou que no período seco, ação dos agentes biológicos é praticamente nula, portanto toda a decomposição ocorrida pode ser atribuída aos fatores físicos.

Santana (2005), confirmou que a elevada liberação de potássio pode ser atribuída à sua rápida lixiviação pela água da chuva. Os percentuais em base anual encontrados por estes autores são semelhantes aos obtidos com este trabalho.

Observamos no trabalho de Santana (2005), variação na liberação do nutriente fósforo entre 26,3% a 46,7% na espécie *C. Sonderianus* (*marmeleiro*). Na liberação do potássio a variação foi de 88% na *C. Pyramidalis* (*catingueira*) a 94 % em *C. Sonderianus* (*marmeleiro*) em relação a concentração inicial. A taxa de liberação de nitrogênio de 35,80% em folhas de *C. pyramidalis* (*catingueira*) foi menor que o valor encontrado por Fernandes et al. (2006), que foi de 66,7% com folhagem de *Mimosa caesalpiaefolia* (*sabiá*). De Costa & Atapattu (2001), observaram taxa liberação de 80% potássio em folhas incubadas de seis espécies florestais. Baseado nestes resultados, as espécies arbóreas estudadas se apresentam como opções adequadas para o incremento da circulação de nutrientes em sistemas florestais. Geralmente, os resultados da liberação dos macros nutrientes são mostrados em kg/ha (BERTALOT et al., 2004; SANTANA, 2005). Estes valores estão diretamente relacionados com os teores do nutriente no material estudado e com a produção e composição botânica da serrapilheira, que varia nos diferentes locais, carecendo, assim, da informação relativa à velocidade de liberação no que tange às espécies botânicas componentes. Neste trabalho, foram apresentados os percentuais de liberação do nutriente, em nível da espécie botânica, o que permite determinar o comportamento das espécies estudadas e aumentar a abrangência da conclusão.

4 CONCLUSÕES

Os fatores físicos exerceram papel altamente relevante na liberação de nutrientes na área de condução do trabalho.

Com base nas respectivas taxas de liberação de nutrientes da fitomassa da folhagem, as três espécies estudadas podem ser recomendadas para compor vegetação de sistemas agroflorestais e para recuperação de áreas degradadas.

5 AGRADECIMENTOS

À Embrapa Agroindústria Tropical pela realização das análises de macronutrientes das espécies arbóreas da caatinga, no laboratório de solos, água e plantas.

À Dra. Mônica Matoso Campanha por viabilizar a realização das análises laboratoriais.

A Embrapa Caprinos e Ovinos, através do Laboratório de Nutrição, pela realização das análises de lignina das amostras deste experimento.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO FILHO, J.A.; CARVALHO, F.C. Sistemas de produção agrossilvipastoril para o semi-árido nordestino. In: CARVALHO, M.M.; ALVIM, M.J.; CARNEIRO, J.C. (Eds.). **Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais**. Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite, 2001, p. 101 – 110.

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

BERTALOT, M.J.A.; MENDOZA, EDUARDO.; DUBOC, ENY.; BARREIRAOS, R.M.; CORRÊA, F.M. Retorno de nutrientes ao solo via deposição de serrapilheira em quatro espécies leguminosas arbóreas na região de Botucatu – São Paulo, Brasil. **Scientia Forestalis**, n.65, p.219-227, 2004.

BLAIR, J.M. Nitrogen, sulphur and phosphorus dynamics in decomposing deciduous leaf litter in the southern Appalachians. **Soil Biology and Biochemistry**, v.20, n.5, p.693-701, 1988.

CHARLEY, J.L. **Mineral cycling in rangerland ecosystems**. In: SOSEBEE, R. E. (Ed.). *Rangeland plant physiology*. Denver: PTI, 1977. cap.VII. p.185-215.(Range Science, 4).

De COSTA, W.A.J.M.; ATAPATTU, A.M.L.K. Decomposition and nutrient loss from prunings of different contour hedgerow species in tea plantations in the sloping highlands of Sri Lanka. **Agroforestry Systems**, v.51, n.3, p.201–211, 2001.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análise química de solos, plantas e fertilizantes/EMBRAPA – Solos**. EMBRAPA-Informática Agropecuária, Brasília, 1999. 370p

FERNANDES, M. M.; PEREIRA, M. G.; MAGALHÃES, L. M. S.; CRUZ, A. R.; GIÁCOMO, R. G. Aporte e decomposição de serrapilheira em áreas de floresta secundária, plantio de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth) e andiroba (*Carapa guianensis* ALBL) na flora Mário Xavier, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v,16 n.2, p. 165-175, 2006.

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

REDDY, M.V. Effects of microarthropod abundance and abiotic variables on mass-loss, and concentration of nutrients during decomposition of *Azadirachta indica* leaf litter. **Tropical Ecology**, v.33, n.1, p.89-96, 1992.

SANTANA, J.A.da S. **Estrutura fitossociológica, produção de serrapilheira e ciclagem de nutrientes em uma área de caatinga no Seridó do Rio Grande do Norte.** Areia, PB: UFPB, 2005. 184 f. Originalmente apresentada como tese (Doutorado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, 2005.

SAS. Users guide: Statistics. **SAS** Inst. Inc., Cary, NC. 2001. 285p.

SCHEU, S.; SCHAUERMANN, J. Decomposition of roots and twigs: effects of wood type (beech and ash), diameter, site of exposure and macrofauna exclusion. **Plant and Soil**, v.163, n.1, p.13-24, 1994.

VAN SOEST, P.J.; Development of a comprehensive system of feed analysisits application to forage. **J.Anim.Sci.**,26(1):1967, p.119-120.

VITAL, A.R.T.; GUERRINI, I.A.; FRANKEN, W.K.; FONSECA, R.C. B. Produção de serrapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.6, p.793-800, 2004.

WARING, R.H.; SCHLESINGER, W.H. Decomposition and forest soil development. In: **FOREST Ecosystems: concept and management.** New York: Academic Press, 1985. 340p.

WOOD, T.G. Field investigations on the decomposition of leaves of *Eucalyptus delegatensis* in relation to environmental factors. **Pedobiologia**, v.14, n.4, p.343-371, 1974.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Análise de Variância dos dados de liberação da folhagem das espécies arbóreas da caatinga em base estacional

<i>Fontes de Variação</i>	Graus de Liberdade	Quadrado Médio
Total	95	539,5945
Sistema	1	60,8017 ^{ns}
Espécie	2	344,7004 **
Sistema*Espécie	2	2,8254 ^{ns}
Local	1	3840,5400 **
Sistema*Local	1	69,3600 ^{ns}
Espécie*Local	2	72,0237 ^{ns}
Sistema*Espécie*Local	2	6,7837 ^{ns}
Período	1	31046,4267 **
Sistema*Período	1	328,5600 *
Espécie*Período	2	1158,6779 **
Sistema*Espécie*Período	2	71,9662 ^{ns}
Local*Período	1	6580,2817 **
Sistema*Local*Período	1	1623,6150 **
Espécie*Local*Período	2	274,7779 **
Sistema*Espécie*Local*Período	2	163,9512 *
Erro	72	48,8956
Média	CV (%)	R²
32,85 ± 6,99	21,28	0,93

** = P<0,01; * = P<0,05; ^{ns} = P>0,05

APÊNDICE B - Análise de Variância dos dados de decomposição da folhagem de espécies arbóreas da caatinga em base anual.

<i>Fontes de Variação</i>	Graus de Liberdade	Quadrado Médio
Total	47	241,8899
Sistema	1	128,0533 ^{ns}
Espécie	2	696,9258 **
Sistema*Espécie	2	5,6758 ^{ns}
Local	1	7731,7633 **
Sistema*Local	1	132,0033 ^{ns}
Espécie*Local	2	140,4558 ^{ns}
Sistema*Espécie*Local	2	12,0758 ^{ns}
Erro	36	46,2983
Média	CV (%)	R²
65,67 ± 6,80	10,36	0,85

** = P<0,01; * = P<0,05; ^{ns} = P>0,05

APÊNDICE C - Análise de Variância dos dados de liberação do nitrogênio na folhagem de espécies arbóreas da caatinga em base anual.

decomposição Nitrogênio – Dados Transformados (deg²)

<i>Fontes de Variação</i>	Graus de Liberdade	Quadrado Médio
Total	47	2986794,6
Sistema	1	2579580,9 **
Espécie	2	111010,4 ^{ns}
Sistema*Espécie	2	234152,1 ^{ns}
Local	1	101421445,5 **
Sistema*Local	1	61959,9 ^{ns}
Espécie*Local	2	10457548,2 **
Sistema*Espécie*Local	2	466088,6 ^{ns}
Erro	36	382743,4
Média Transformada	CV (%)	R²
6439,02 ± 618,66	9,61	0,90

** = P<0,01; * = P<0,05; ^{ns} = P>0,05

APÊNDICE D - Análise de Variância dos dados de liberação do potássio na folhagem de espécies arbóreas da caatinga em base anual.

Dados Transformados (deg^{6,3})

<i>Fontes de Variação</i>	Graus de Liberdade	Quadrado Médio
Total	47	1,1138E24
Sistema	1	2,2883E24 **
Espécie	2	2,8873E23 **
Sistema*Espécie	2	9,2043E23 **
Local	1	4,5058E25 **
Sistema*Local	1	6,4679E23 **
Espécie*Local	2	8,7775E21 ^{ns}
Sistema*Espécie*Local	2	1,2793E23 ^{ns}
Erro	36	4,6246E22
Média Transformada	CV (%)	R²
2,25E12 ± 2,15E11	9,55	0,97

** = P<0,01; * = P<0,05; ^{ns} = P>0,05

APÊNDICE E - Análise de Variância dos dados de liberação do fósforo na folhagem de espécies arbóreas da caatinga em base anual.

Dados Transformados (deg²)

<i>Fontes de Variação</i>	Graus de Liberdade	Quadrado Médio
Total	47	6562260,6
Sistema	1	176044,3 ^{ns}
Espécie	2	46167477,4 **
Sistema*Espécie	2	1215956,6 ^{ns}
Local	1	190513727,5 **
Sistema*Local	1	64548,7 ^{ns}
Espécie*Local	2	112885,1 ^{ns}
Sistema*Espécie*Local	2	3552609,7 **
Erro	36	432613,1
Média Transformada	CV (%)	R²
6126,09 ± 657,73	10,74	0,95

** = P<0,01; * = P<0,05; ^{ns} = P>0,05

APÊNDICE F - Composição bromatológica das espécies arbóreas da caatinga

Fase/Com	Vegetativa	Dormência
Matéria seca	45,4	87,1
Protein bruta	16,9	11,2
Lignina	6,6	11,7
Tanino total	20,6	9,5
DIVMS	58,4	30,9

APÊNDICE G - Composição bromatológica - Sabiá

Fase/Com	Vegetativa	Dormência
Matéria seca	33,6	90,2
Protein bruta	19,2	8,5
Lignina	13,5	22,9
Tanino total	4,9	8,6
DIVMS	39,2	22,9

APÊNDICE H - Composição bromatológica – Pau Branco

Fase/Com	Vegetativa	Dormência
Matéria seca	21,4	83,7
Protein bruta	20,3	8,3
Lignina	20,9	20,2
Tanino total	0,7	3,0
DIVMS	25,9	12,7