

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
CURSO DE ZOOTECNIA

BRUNA BEATRIZ MARTINS RODRIGUES

**DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DE COMBINAÇÕES DE
LEGUMINOSAS ARBÓREAS EM UM SISTEMA AGROFLORESTAL**

CHAPADINHA,MA

2016

BRUNA BEATRIZ MARTINS RODRIGUES

**DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DE COMBINAÇÕES DE
LEGUMINOSAS ARBÓREAS EM UM SISTEMA AGROFLORESTAL**

Trabalho apresentado ao Curso de Zootecnia da Universidade Federal do Maranhão como requisito indispensável para graduação em Zootecnia.

Orientadora: Prof^a Dr^a Alana das Chagas Ferreira Aguiar

Co-Orientadora: Larissa Brandão Portela

CHAPADINHA,MA

2016

Rodrigues, Bruna Beatriz Martins.

DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DE COMBINAÇÕES
DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS EM UM SISTEMA AGROFLORESTAL /
Bruna Beatriz Martins Rodrigues. - 2016.

23 p.

Coorientador(a): Larissa Brandão Portela.

Orientador(a): Alana das Chagas Ferreira Aguiar.

Monografia (Graduação) - Curso de Zootecnia,
Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha - MA, 2016.

1. Ciclagem de nutrientes. 2. Leguminosas arbóreas.
3. Macronutrientes. 4. Sistema em aleias. I. Aguiar,
Alana das Chagas Ferreira. II. Portela, Larissa Brandão.
III. Título.

BRUNA BEATRIZ MARTINS RODRIGUES

**DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DE COMBINAÇÕES DE
LEGUMINOSAS ARBÓREAS EM UM SISTEMA AGROFLORESTAL**

Trabalho apresentado ao Curso de Zootecnia da
Universidade Federal do Maranhão como requisito
indispensável para graduação em Zootecnia.

Aprovada em 01 /09 / 2016

BANCA EXAMINADORA

Profª Drª Alana das Chagas Ferreira Aguiar – Universidade Federal do Maranhão (Orientadora)

Profª Drª Ilisandra Zanandrea – Universidade Federal do Maranhão

Profº Drº Juliano dos Santos – Universidade Federal do Maranhão

CHAPADINHA, MA

2016

*“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades,
lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram
conquistadas do que parecia impossível.”*

(Charles Chaplin)

AGRADECIMENTOS

À DEUS, primeiramente, pois nos momentos mais difíceis na elaboração deste trabalho, senti o seu amor e cuidado comigo. A instituição da Universidade Federal do Maranhão que me concedeu a oportunidade desta formação em um curso superior. Ao corpo de docentes do curso de Zootecnia, onde cada um desempenhou um papel fundamental no decorrer de minha graduação. Com seus conhecimentos, suas experiências profissionais e pessoais, com os “*puxões de orelha*” quando mereci, além daqueles que em meio as minhas dificuldades acreditaram no meu potencial e me incentivaram, muito obrigada. A professora Alana das Chagas Ferreira Aguiar, que me abriu as portas do seu grupo de pesquisa e me proporcionou experiências que levarei para a vida toda. Além da sua paciência e dedicação como orientadora. A Larissa Brandão Portela, pela co-orientação, dedicação, paciência e carinho. Aos membros do grupo ECONOUS, o meu muito obrigada, sem vocês este trabalho não seria realizado. Ao professor Marcos Antônio Delmondes Bomfim, por toda a sua paciência e ensinamentos dentro e fora da sala de aula.

Aos meus pais, Flávia e Georgenes, que contribuíram muito para a realização deste sonho. Me ensinaram a me manter sempre humilde, honesta, sábia, paciente, corajosa e determinada a ir atrás do que eu almejo. Obrigada por todo amor e carinho. A minha irmã Brenda pela sua serenidade transmitida mesmo com a distância. Aos meus amigos que ganhei em Chapadinha: Francisco Loyola, Adriano Ribeiro, Augusto Espósito, Karina Costa, Hadassa Ramos, Alessandra Sena, Talles José, Jefferson Vieira, David Ecallaw, Luciana Almeida, William Diniz, João Vinicius, Lucas Silva, Osmar Nascimento, Mauro Nunes, Jéssica Marie, Aylpy Renan, Willians Alves Ruan Mourão, Janayra Silva, Eigla Maína Araújo e Milena Araújo. A toda família da Churrascaria São Francisco, meu sincero e mais puro agradecimento. Pois nos últimos dois anos, os momentos de amizade, carinho, respeito, amor e solidariedade foram imprescindíveis para esse desfecho da minha trajetória na UFMA. Que Deus em sua infinita bondade e amor abençoe cada pessoa aqui mencionada.

RESUMO

A relação serrapilheira-planta é muito importante para a compreensão do desenvolvimento das culturas em sistemas de aleias, uma vez que as árvores interferem no solo através do sistema radicular e da deposição de material orgânico, sendo o solo, responsável direto pelo suprimento de nutrientes às plantas, retenção de água, abrigo para fauna, além de ser o substrato natural para as diversas formações vegetais. Portanto, este estudo teve o objetivo de avaliar a produção de biomassa, a composição química, a taxa de liberação e o acúmulo de macronutrientes de serrapilheira de quatro espécies de leguminosas arbóreas em um sistema em aleias. Diante disso, foi instalado, no ano de 2014 em solo Argissolo Quartzarênico Distrocoeso e sob sistema de cultivo em aleias, um experimento em blocos ao acaso, com quatro tratamentos e oito repetições. As espécies estudadas foram: *Leucaena leucocephala*, *Acacia mangium*, *Clitoria fairchildiana* e *Gliricidia sepium*, consorciadas entre si. Foram utilizados neste experimento dois métodos de coleta para serrapilheira: o método de litterbags e o método de coleta direta. A serrapilheira foi coletada diretamente em caixas medindo 40 cm x 40 cm, aleatoriamente em três pontos da parcela experimental. Para ambos os métodos, as coletas foram realizadas aos 0, 30, 60, 90 e 120 dias após o início do experimento. O material coletado foi seco e as determinadas análises realizadas em laboratório. Com os dados obtidos através deste estudo, concluiu-se que a mistura do novo aporte de biomassa com a serrapilheira existente modifica a relação C/N.

Palavras-chave: ciclagem de nutrientes; leguminosas arbóreas; sistema em aleias; macronutrientes.

ABSTRACT

The relationship litter - plant is very important for understanding the development of the cultures alleys systems, since the trees interfere in the soil through the root system and the organic material deposited, with the ground directly responsible for the supply of nutrients to plants, water retention, pursuant to wildlife, and is the natural substrate for various plant configurations. Therefore, this study aimed to evaluate the production of biomass, chemical composition, the release rate and the litter of macronutrients accumulation of four species of legume in a system in alleys. Therefore, it was installed in 2014 on the ground Argisol Quartzarenic Distrocoeso under cultivation system in alleys, an experiment in randomized blocks, with four treatments and eight repetitions. The species studied were: *Leucaena leucocephala*, *Acacia magium*, *fairchildiana* *Clitoria* and *Gliricidia sepium*, intercropped with each other. They were used in this experiment two methods for collecting litter: the litterbags method and the direct collection method. The litter was collected directly in boxes measuring 40 cm x 40 cm randomly at three points of the experimental plot. For both methods, the samples were taken at 0, 30, 60, 90 and 120 days after the start of the experiment. The collected material was dried and certain analyzes in the laboratory. With the data obtained through this study, it was concluded that the mixture of new supply of biomass with existing litter modifies the C / N ratio.

Keywords: nutrient cycling; leguminous trees; system alleys; macronutrients.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
4	CONCLUSÃO	18
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	18
	ANEXOS.....	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação C/N da biomassa arbórea de combinações de diferentes leguminosas e da serrapilheira14

Tabela 2 - Parâmetros da equação $X = X_0e^{-kt}$ ajustada aos valores de matéria seca e tempos de meia-vida..... 15

Tabela 3 - Parâmetros da equação $X = X_0e^{-kt}$ ajustada aos valores de N, P, K, Ca e Mg e respectivos tempos de meia-vida de quatro combinações de diferentes leguminosas obtidas pelo método de litterbags 16

Tabela 4 - Parâmetros da equação $X = X_0e^{-kt}$ ajustada aos valores de N, P, K, Ca e Mg e respectivos tempos de meia-vida da serapilheira composta por quatro combinações de diferentes leguminosas arbóreas 17

1 INTRODUÇÃO

A utilização de sistemas agroflorestais tem sido nas últimas décadas, bastante difundida como alternativa para recuperação de áreas degradadas, atribuindo-se à combinação de espécies arbóreas com culturas agrícolas e, ou, animais visando a melhoria nas propriedades físico-químicas de solos degradados, bem como na atividade de microrganismos, considerando a possibilidade de um grande número de fontes de matéria orgânica (REINERT, 1998; MENDONÇA *et al.*, 2001).

Esses sistemas, embora não restaurem aspectos importantes das comunidades florestais, como estrutura e biodiversidade, podem, se bem manejados, aproximar-se ecologicamente dessas comunidades, recuperando funções essenciais para a sustentabilidade, como a ciclagem de nutrientes, além de fornecerem alguma renda ou produção de subsistência ao produtor rural (MACDICKEN & VERGARA, 1990).

Além disso, a utilização de sistemas consorciados de florestas com culturas agrícolas e, ou, pastagens, bem manejadas, reduzem consideravelmente os custos de implantação e manutenção das espécies arbóreas, aumentando a produtividade do local e minimizando a erosão do solo e outros impactos negativos ao meio ambiente. Várias pesquisas realizadas no Brasil têm mostrado a importância dos sistemas agroflorestais como forma de uso mais adequado da terra. (Couto *et al.*, 1995; Passos *et al* 1996; Silva *et al* 1998).

Resende *et al* (2013), ressalta que os sistemas florestais e agroflorestais devido ao aporte intenso e contínuo de biomassa vegetal sobre o solo caracterizam-se como um sistema acumulador de matéria orgânica e, portanto, são considerados como reservatórios de carbono. Este acúmulo de carbono é essencial para redução das taxas de emissão de CO₂ na atmosfera e para o aumento da qualidade do solo e conseqüentemente, da sustentabilidade da produção agrícola.

Uma alternativa de sistema agroflorestal que está sendo cada vez mais adotada na atualidade é o “sistema de cultivo em aleias”. O sistema de cultivo em aleias nada mais é do que um tipo de sistema agroflorestal simultâneo, que consiste na associação de culturas agrícolas intercaladas com árvores e/ou arbustos, geralmente fixadores de nitrogênio. As podas são realizadas periodicamente nas árvores ou arbustos que permitem a melhoria das características químicas do solo, podendo, assim, aumentar sua fertilidade. Com relação as podas (manejo) desse sistema, é baseado em cortes periódicos da parte aérea das espécies arbóreas, geralmente entre dois a três cortes por ano, e na utilização da biomassa na alimentação animal ou para incorporação ao solo como adubo-verde. (MAFRA *et al.*, 1998; BERTALOT, 2003).

O sucesso do cultivo em aleias depende da escolha da espécie de planta adequada, sucesso no estabelecimento das aleias e manejo apropriado das mesmas. Quanto as características básicas das

espécies a serem utilizadas em um sistema de cultivo em aleias menciona-se: a facilidade de estabelecimento, sistema radicular profundo, rápido crescimento, tolerância a podas, habilidade para rebrotar vigorosamente e elevada produção de folhagem. (KANG *et al.*1990).

Pode-se dizer ainda que o sucesso de um sistema desse tipo está relacionado com a quantidade e qualidade do material podado das árvores, com a quantidade de nutrientes liberados dos resíduos durante o processo de decomposição e com a quantidade e o tempo de liberação de nutrientes para satisfazer às necessidades das culturas subsequentes.(MENDONÇA & STOTT 2003),

Os sistemas agroflorestais se fundamentam na sucessão natural de espécies (vegetais e animais) e na substituição ecofisiológica das espécies vegetais, buscando formar um sistema produtivo com estrutura, composição e funcionamento semelhantes à vegetação natural local, cuja dinâmica leva à regeneração das funções ambientais, complexificação do ambiente e ao aumento da biodiversidade. A presença do componente arbóreo e da biodiversidade constituinte desses sistemas produtivos contribui significativamente no aporte de serrapilheira e nutrientes no solo.(SCHULTZ *et al.*, 1994)

A biomassa que formará a serrapilheira é oriunda, além dos fatores genéticos e ambientais, sobretudo da poda direcionada das árvores e outras espécies. A avaliação do aporte de nutrientes via serrapilheira faz parte do estudo de ciclagem de nutrientes, e esta resulta de vários processos interligados nos quais os recursos nutricionais são utilizados em sucessivos períodos de fixação de energia (DELITTI, 1995).

O presente estudo teve o objetivo de avaliar a composição química da serrapilheira em 4 tratamentos em um tipo de sistema agroflorestal simultâneo, o sistema em aleias consorciado. Além de determinar as taxas de decomposição e tempo de liberação ($t_{1/2}$) dos nutrientes da serrapilheira neste sistema.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no campo experimental localizado no Assentamento da Vila União, no município de Chapadinha – MA no ano agrícola de 2014. O relevo local caracteriza-se como uma região de chapada baixa com vegetação de campos e cerrados abrangendo relevo plano. A área experimental, em particular, era ocupada anteriormente por vegetação nativa secundária, as leguminosas arbóreas foram semeadas, em janeiro de 2009, em fileiras no espaçamento de 4,0m entre linhas e 0,5m entre plantas. O solo da área foi classificado como *Argissolo quartzarênico distrocoeso*. A região da área de estudo encontra-se sob clima tropical úmido, possui temperatura média de 29°C e máxima de 37°C e está a 110 metros do nível do mar. A estação chuvosa é diversificada entre novembro e maio.

Foram utilizadas duas espécies arbóreas de alta qualidade de resíduos: (*Leucaena leucocephala* e *Gliricídia sepium*) conhecidas como Leucena e Gliricídia, e duas espécies arbóreas de baixa qualidade de resíduos (*Clitoria fairchildiana* e *Acacia mangium*) conhecidas como Sombreiro e Acacia, combinadas em fileiras para que cada parcela receba os dois resíduos simultaneamente. Com base na análise de solo anterior ao plantio, toda a área experimental foi adubada com 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato simples.

A primeira adubação nitrogenada de cobertura foi de 137 kg ha⁻¹, e a segunda de 89 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia.

A avaliação da decomposição dos resíduos vegetais foi iniciada após o corte da parte aérea das plantas, no ano de 2014. Logo após o corte, foram retiradas amostras para a determinação da biomassa fresca e seca dos teores de N, P, K, Ca e Mg. O primeiro método de avaliação da liberação de nutrientes dos resíduos vegetais foi realizada acondicionando-se 100 g de material fresco (combinações de leguminosas) em sacolas confeccionadas com tela plástica (litterbags) com abertura de malha de 4 mm. Após o material ser acondicionado nos litterbags, os mesmos foram dispostos na superfície do solo no dia da instalação do experimento.

O segundo método para avaliação da liberação de nutrientes dos resíduos vegetais foi realizada acondicionando-se um coletor comumente utilizado, o gabarito – um acessório desmontável, feito em madeira nas mesmas dimensões dos litterbags (0,40 x 0,40m). Onde era lançado três vezes em cada parcela experimental para coleta da serrapilheira.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso composto por 4 tratamentos (*Clitoria fairchildiana* + *Gliricídia sepium*); (*Acacia mangium* + *Gliricídia sepium*); (*Clitoria fairchildiana* + *Leucaena leucocephala*); (*Leucaena leucocephala* + *Acacia mangium*) e 8 repetições.

As taxas de decomposição e liberação de nutrientes foram monitoradas através de coletas realizadas aos 0, 30, 60, 90 e 120 dias após a instalação no campo, tanto para o método de litterbags quanto para o método do gabarito (coleta direta) . Em cada data de coleta, a quantidade remanescente dos litterbags e a serrapilheira do gabarito eram levadas ao laboratório, sendo retiradas as partículas de solo.

Foi determinado o peso seco para o cálculo da constante de decomposição (k), segundo Olson (1963), citado por Aida & Joly (2003), pela fórmula $k = -\ln [1 - (dPS/Pso)]$, onde dPS corresponde à perda de peso seco no período considerado e Pso ao peso inicial do período considerado.

Após esta etapa, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel, e levadas à estufa de ventilação forçada de ar, a 65°C, até o material alcançar massa constante para determinação de massa seca. O material seco foi processado em moinho do tipo Willey (abertura de peneira de 20 mm). Foi então realizada a análise de N de acordo com o método preconizado por Bremner e Mulvaney (1982). P e K foram determinados a partir da digestão nítrico-perclórica (Bataglia et al., 1983).

A determinação do P foi feita por colorimetria através da formação da cor azul do complexo fosfato - molibdato em presença de ácido ascórbico, e do K por espectrofotometria de absorção atômica EMBRAPA (1997). As determinações de Ca, Mg e Mn foram feitas por espectrofotometria de absorção atômica (Bataglia et al., 1983). A decomposição dos resíduos e liberação de nutrientes seguiu o modelo exponencial simples utilizado por Rezende et al. (1999).

O modelo exponencial utilizado foi : $X=X_0 e^{-kt}$, em que: X = quantidade de matéria seca remanescente após um período de tempo t; X_0 = quantidade de matéria seca inicial; k = constante de decomposição; t = tempo em dias.

Reorganizando-se os termos desta equação, é possível calcular a constante de decomposição ou valor k: $k=\ln(X/X_0)/t$, O tempo de meia-vida é outro parâmetro importante na avaliação da decomposição de resíduos vegetais, expressando o período de tempo, em dias, necessário para que metade do material se decomponha, ou para que metade dos nutrientes contidos nesses resíduos seja liberada. É possível calcular o tempo de meia-vida através da equação: $t_{1/2}=\ln(2)/k$.

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade (Cramer Von-Mises) e de homocedasticidade (Levene), e atendido essas pressuposições foram submetidos à análise de variância e suas médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade com o auxílio do software InfoStat (2014).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O nitrogênio é um dos principais fatores limitantes da decomposição. Ele determina atividade microbiana e influências mineralização de C orgânico (Cure et al., 1997). A taxa de mineralização de um substrato orgânico pode ser geralmente prevista pela sua relação C / N ou o teor de N. Quando a relação C / N é inferior a 20 ou o teor de N superior a 2,5%, o N é mineralizado e a decomposição dos resíduos é rápida. Em contraste, o N tende a ser imobilizado, quando a relação C / N é superior a 20 e a decomposição dos resíduos é retardada (Currie e Aber, 1997).

Este estudo mostra que a relação C / N dos dois métodos de coleta variou ao longo do período experimental (120 dias). Foram observadas diferenças na relação C/N entre resíduos que estavam nos litterbags e resíduos coletados diretamente na serrapilheira (Tabela 1). No dia 0 as diferenças encontradas entre os dois métodos de coleta já era de se esperar, uma vez que a serrapilheira estava em processo de decomposição há um ano sem adição de biomassa. Entretanto, após 30 dias, a relação C/N continuou baixa para os resíduos analisado nos litterbags o que não correspondeu com os valores para a serrapilheira. Após 60 dias, observou-se efeito contrário, onde a relação C/N diminui para a serrapilheira e começa aumentar para os resíduos nos litterbags. Esse comportamento foi observado até aos 120 dias.

Deve-se atentar para o fato que o suprimento das exigências nutricionais de uma cultura consorciada com as leguminosas arbóreas, através do aporte de biomassa, não depende exclusivamente da quantidade e dos teores dos nutrientes contidos no material, mas principalmente da eficiência de transferência desses nutrientes (Ferraz Júnior et al., 2004), o que está ligado à baixa relação C/N. Os dados obtidos neste experimento leva a conclusão que a mistura do novo aporte de biomassa com a serrapilheira existente modifica a relação C/N, logo, os resultados para essa relação obtida pelo método dos litterbags está subestimando os valores reais até os 30 dias e superestimando após os 60 dias em campo (Tabela 1).

TABELA 1: Relação C/N da biomassa arbórea de combinações de diferentes leguminosas e da serrapilheira formada em um sistema em aleias, durante 120 dias, em maio de 2014, no município de Chapadinha - MA.

TABLE 1: C / N ratio of tree biomass combinations of different legumes and litter formed in a system in alleys, for 120 days, in May 2014, in the municipality of Chapadinha - MA.

Espécies combinadas na serrapilheira	0	30	60	90	120
Leucena+sombreiro	37,0b	22,3b	11,0a	7,8a	6,8 ^a
Leucena+acacia	32,5c	27,5a	9,5a	5,3b	5,0b
Gliricidia+sombreiro	39,1 ^a	21,2b	8,0b	5,0b	6,8 ^a
Gliricidia+acacia	39,4 ^a	17,0c	7,5b	6,6a	6,3 ^a
Espécies combinadas nos litterbags	0	30	60	90	120
Leucena+sombreiro	6,4c	8,9a	24,5a	41,8b	82,6b
Leucena+acacia	15,8 ^a	9,3a	24,3a	23,2c	84,9b
Gliricidia+sombreiro	9,1b	8,7a	24,5a	54,8a	107,6a
Gliricidia+acacia	8,6b	8,2a	23,9a	39,8b	77,6b

Em que: Os valores representam médias de 8 repetições; médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

As combinações Gliricidia+Sombreiro e Gliricidia+Acacia se decompõem estatisticamente mais rápido que as combinações de Leucena+Sombreiro e Leucena+Acacia (Tabela 2). Existem vários fatores que influenciam no processo de decomposição, fatores ambientais, organismos do solo, qualidade da matéria orgânica e o manejo do solo adotado também têm importância crucial neste processo (Ferraz Júnior et al., 2004; Fortes et al., 2004).

TABELA 2: Parâmetros da equação $X = X_0e^{-kt}$ ajustada aos valores de matéria seca e tempos de meia-vida no ano de 2014, Chapadinha - MA.

TABLE 2: Parameters the equation $X = X_0 e^{-kt}$ adjusted the values of dry matter and dry of half-life time in year 2014, Chapadinha - MA.

Espécies combinadas	Parâmetros da equação de decomposição		
	$k(\text{dias}^{-1})$	$t_{1/2}(\text{dias})$	r^2
Leucena+sombreiro	0,005c	152a	0,94
Leucena+acacia	0,007c	120b	0,98
Gliricidia+sombreiro	0,017a	40d	0,97
Gliricidia+acacia	0,012b	61c	0,98

Em que: $t_{1/2}$ = tempo de meia-vida.

A diferença na decomposição pode ser em parte devido ao ambiente em que se encontra o material a ser decomposto. Mesmo em um ambiente, não completamente anaeróbio, como os litterbags, a menor quantidade de oxigênio em relação à serrapilheira pode ter efeitos claros. Um efeito geral é uma decomposição mais lenta. Além disso, um metabolismo incompleto pode causar a formação de ácidos orgânicos, por exemplo, ácido acético, não só gerando um pH mais baixo, mas também apresentando um efeito antimicrobiano (Berg e Mc Claugherty, 2008).

. A presença de C na serrapilheira pode ter induzido a produção de uma maior variedade de enzimas, que, por sua vez, pode ter aumentado a capacidade dos microrganismos para decompor diferentes tipos de substratos (Orwin et al., 2006; Chapman et al., 2013).

Entretanto, a combinação L+A também apresentou teores elevados de C na serrapilheira. Em combinações de decomposição mais lenta, decompositores poderiam ser limitados pela qualidade da fonte de C (por exemplo, proporção de lignina), pela quantidade de N ou por sua interação (Foge, 1977; Taylor et al., 1989; Hobby, 2000; Hoorens et al., 2010).

A maior diferença entre os tempos de meia vida ($G+A= 61$ dias e $L+S= 152$ dias) apresentaram também diferenças significativas quanto aos teores de N, tanto nos resíduos dos litterbags quanto na serrapilheira. Resultados semelhantes foram encontrados por Harguindeguy et al. (2008), onde a taxa de decomposição mais rápida foi encontrada em combinações com maior teor de nitrogênio e maior heterogeneidade em compostos não-lábil.

Na combinação de G+S, os recursos podem ter se tornado mais facilmente degradáveis e disponíveis para decompositores, levando a uma alta disponibilidade geral de nutrientes na combinação e permitindo a transferência de nutrientes para a serrapilheira de baixa qualidade, reforçando assim a sua decomposição. Outros mecanismos, como diluição de compostos secundários, melhoria das condições microambientais, ou os efeitos do composto específico, não devem ser descartados, entretanto nosso projeto experimental não nos permite tirar conclusões nessa linha.

Em outra vertente, essa combinação (G+S) foi a que apresentou os maiores teores de C, nos dois métodos de coleta. Se os decompositores são limitados pela quantidade de C presente em espécies

de rápida decomposição, em seguida, quando uma fonte de C mais elevada, ou uma fonte de C diferente é adicionada, a decomposição pode ser acelerada (Hobby, 2000; Hoorens et al., 2010; Berglund et al., 2013).

Em relação ao tempo de meia vida e liberação dos nutrientes, com exceção do nitrogênio e fósforo, todos os outros nutrientes da serrapilheira apresentaram menor tempo de liberação quando comparados aos resíduos dos litterbags (Tabela 3 e 4). A partir dos valores k, estabeleceu-se a seguinte ordem de liberação para o método litterbags: $K > N > P > Ca > Mg$, e para o método de coleta direta da serrapilheira (gabarito) estabeleceu-se a seguinte ordem de liberação: $K > Ca > P > Mg > N$.

TABELA 3: Parâmetros da equação $X = X_0 e^{-kt}$ ajustada aos valores de N, P, K, Ca e Mg e respectivos tempos de meia-vida de quatro combinações de diferentes leguminosas obtidas pelo método de litterbags, Chapadinha - MA, 2014.

TABLE 3: Parameters of the equation $X = X_0 e^{-kt}$ adjusted the values of N, P, K, Ca and Mg and half-life time of four combinations of different legumes, Chapadinha / MA, 2014.

Espécies combinadas	Nutriente	k (dias ⁻¹)	t _{1/2} (dias)	r ²
Leucena+sombreiro	N	0,024	31	0,99
Leucena+acacia	N	0,023	30	0,98
Gliricidia+sombreiro	N	0,020	27	0,98
Gliricidia+acacia	N	0,029	24	0,95
Leucena+sombreiro	P	0,019	43	0,84
Leucena+acacia	P	0,015	63	0,95
Gliricidia+sombreiro	P	0,062	15	0,91
Gliricidia+acacia	P	0,016	49	0,54
Leucena+sombreiro	K	0,016	43	0,57
Leucena+acacia	K	0,02	42	0,95
Gliricidia+sombreiro	K	0,07	12	0,87
Gliricidia+acacia	K	0,014	49	ND
Leucena+sombreiro	Ca	0,024	30	0,90
Leucena+acacia	Ca	0,015	49	0,65
Gliricidia+sombreiro	Ca	0,016	68	0,98
Gliricidia+acacia	Ca	0,013	65	0,64
Leucena+sombreiro	Mg	0,01	63	0,93
Leucena+acacia	Mg	0,01	67	0,85
Gliricidia+sombreiro	Mg	0,003	66	ND
Gliricidia+acacia	Mg	0,004	54	ND
Leucena+sombreiro	Mn	0,006	75	0,72
Leucena+acacia	Mn	0,001	85	0,76
Gliricidia+sombreiro	Mn	0,02	35	0,78
Gliricidia+acacia	Mn	0,03	41	0,77

Em que: t_{1/2} = tempo de meia-vida. ²ND = dados não ajustados ao modelo exponencial simples de acordo com análise de regressão (p < 0,05).

TABELA 4: Parâmetros da equação $X = X_0 e^{-kt}$ ajustada aos valores de N, P, K, Ca e Mg e respectivos tempos de meia-vida da serapilheira composta por quatro combinações de diferentes leguminosas arbóreas, Chapadinha - MA, 2014.

TABLE 4: Parameters of the equation $X = X_0 e^{-kt}$ adjusted the values of N, P, K, Ca and Mg and half-life time of litter consists of four combinations of different leguminous trees, Chapadinha - MA, 2014.

Espécies combinadas	Nutriente	k (dias ⁻¹)	t _{1/2} (dias)	r ²
Leucena+sombreiro	N	0,003	112	0,72
Leucena+acacia	N	0,004	73	0,59
Gliricidia+sombreiro	N	0,009	84	0,55
Gliricidia+acacia	N	0,004	48	0,50
Leucena+sombreiro	P	0,010	64	0,73
Leucena+acacia	P	0,006	74	0,83
Gliricidia+sombreiro	P	0,010	40	ND
Gliricidia+acacia	P	0,010	70	0,57
Leucena+sombreiro	K	0,020	27	0,63
Leucena+acacia	K	0,030	26	0,75
Gliricidia+sombreiro	K	0,030	25	0,94
Gliricidia+acacia	K	0,030	24	0,98
Leucena+sombreiro	Ca	0,020	38	0,70
Leucena+acacia	Ca	0,020	37	0,90
Gliricidia+sombreiro	Ca	0,010	36	0,93
Gliricidia+acacia	Ca	0,020	35	ND
Leucena+sombreiro	Mg	0,006	11	0,83
Leucena+acacia	Mg	0,007	13	0,62
Gliricidia+sombreiro	Mg	0,008	23	0,58
Gliricidia+acacia	Mg	0,008	25	ND
Leucena+sombreiro	Mn	0,001	71	0,68
Leucena+acacia	Mn	0,02	66	0,61
Gliricidia+sombreiro	Mn	0,03	53	0,72
Gliricidia+acacia	Mn	0,03	34	0,78

Em que: t_{1/2} = tempo de meia-vida. ²ND = dados não ajustados ao modelo exponencial simples de acordo com análise de regressão (p < 0,05).

Para o N o maior tempo de meia vida foi para a combinação de L+S, para os dois métodos de coleta, entretanto a diferença entre eles é grande (112 dias para resíduos da serapilheira e 31 dias para resíduos do litterbags). Nessa combinação, que apresentou lenta decomposição e lenta liberação de N na serrapilheira, os decompositores poderiam ser limitados pela qualidade da fonte de C (por exemplo, proporção de lignina), pela a quantidade de N total ou pela sua interação (Fog, 1988; Taylor et al., 1989; Hobbie et al., 2000; Hoorens et al., 2010).

Para o P, o foi observado uma diferença de 25 dias a menos de liberação de P para o método de litterbags. O mesmo ocorreu para o K, com uma diferença de 13 dias a menos para o método de litterbags também (Tabela 3e 4).

Ao contrário do K, o teor de Ca dos tratamentos com gliricidia foram liberados mais devagar do que os tratamentos com leucena. Entretanto, ao comparar os tempos de meia vida dos dois tipos de

coleta observou-se que nos litterbags a liberação de cálcio foi aproximadamente 50% mais lenta que na serrapilheira (Tabela 3 e 4). Uma possível explicação para essa diferença é que nos litterbags havia maior concentração de colônias fúngicas em relação ao ambiente serrapilheira, o que foi observado em campo é que os litterbags mesmo com uma abertura de malha adequada propicia um maior teor de umidade em relação à serrapilheira. Isso pode ter favorecido um maior período de acumulação de Ca, que é devido à absorção deste elemento em hifas fúngicas como documentado por Cromack et al. (1978) e Swift et al. (1981).

Observando os resultados dos teores de N e Mn desse estudo, nós podemos perceber que as amostras de serrapilheira obteve uma concentração alta de Mn (G+A e G+S) o que pode ter favorecido a invasão do fungo da podridão branca em vez dos fungos de podridão da cor parda.

4 CONCLUSÃO

A relação C/N obtida pelo método dos litterbags está subestimando os valores reais até os 30 dias de coleta, e superestimando após os 60 dias em campo. No caso do método de coleta direta da serrapilheira quanto a relação C/N ocorreu o inverso. Para o tempo de liberação ($t_{1/2}$), o método de litterbags superestimou para todos os nutrientes estudados. Quanto aos fungos mencionados neste trabalho, os mesmos foram apenas observados à campo, análises microbiológicas não foram realizadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BALIEIRO, F. de C. et al. Acúmulo de nutrientes na parte aérea, na serrapilheira acumulada sobre o solo e decomposição de filódios de *Acacia mangium* Willd. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 59-65, 2004.

BALIEIRO, F. de C. et al. Dinâmica da serrapilheira e transferência de nitrogênio ao solo, em plantios de *Pseudosamanea guachapele* e *Eucalyptus grandis*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 39, n. 6, p. 597-601, 2004b.

BERTALOT, M.J.A.; MENDOZA, E. Sistemas Agroflorestais. *Agricultura Biodinâmica*, Botucatu, n. 80, p. 22-31, 1998.

CALDEIRA, M.V.W, MARQUES, R., SOARES, R.V., BALBINOT, R. 2007. Quantificação de serapilheira e de nutrientes - Floresta Ombrófila Mista Montana - Paraná. Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambientais 5: 101-116.

CALDEIRA M.V. W.; SILVA R. D.; KUNZ S. H.; ZORZANELLI J. P. F.; CASTRO K. C.; GODINHO T.O. Biomassa e nutrientes da serapilheira em diferentes coberturas florestais. Comunicata Scientiae. V.4, n 2 – p.111-119, 2013.

CAMPOS, M.L., MARCHI, G., LIMA, D.M.; SILVA, C.A. 2007. Ciclagem de nutrientes em floretas e pastagens. Boletim Agropecuário 65: 1-61.

COSTA, G. S.; FRANCO, A. A.; DAMASCENO, R. N. & FARIA, S. M. Aporte de nutrientes pela serapilheira em uma área degradada e revegetada com leguminosas arbóreas. Revista Brasileira de Ciências do solo. V.28, n.2, p.919-927, 2004.

FAVETTA M. M. S.; MARGARIDO L. A. C.; CASTILHO H. J.; COELHO R. C.S. Revista Agrogeoambiental - v. 6, n. 1 - Abril 2014.

FREITAS,E.C.S.;NETO,S.N.O.;FONSECA,D.M.;SANTOS,M.V.;LEITE,H.G.;MACHADO,V.D. Deposição de serapilheira e de nutrientes no solo em Sistema Agrossilvipastoril com eucalipto e acácia. Revista Árvore. v.37, n.3.Viçosa, maio/jun.2013.

NETO, T.A.C.; ANJOS, L. H.C.; PEREIRA , M. G.; JACCOUD, C. F. S.; Aporte de serapilheira em plantios de eucalipto em função da qualidade do sítio. Pesquisa Florestal Brasileira. Colombo, v.34, n.80, p. 399-406, out - dez , 2014.

POGGIANI, F.; SCHUMACHER, M. V. Ciclagem de nutrientes em florestas nativas. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. Nutrição e fertilização florestal, Piracicaba: IPEF, p.287-308, 2000.b

RODRIGUES, B.D.; MARTINS, S. V.; LEITE, H. G.; Avaliação do potencial da transposição da serapilheira e do banco de sementes do solo para restauração florestal em áreas degradadas. Revista Arvore Viçosa-MG. v.34, n.1, p.65-73, 2010.

SANTOS, J.C. et al. Nutrientes na serapilheira acumulada em um povoamento de Eucalyptus saligna Smith em São Gabriel, RS. Ecologia e Nutrição Florestal. v. 2, n.1, 2014.

VIERA, M.; CALDATO, S.L.; ROSA, S.F.; KANIESKI, M.R.; ARALDI, D.B.; SANTOS, S.R.; SCHUMACHER, V.; Nutrientes na serapilheira em um fragmento de floresta estacional decidual, Itaara, RS. *Ciência Florestal*, Santa Maria. v. 20, n. 4, p. 611-619, out.-dez., 2010.

ANEXOS

Diretrizes para Autores / Instructions to authors

1. A revista **CIÊNCIA FLORESTAL** publica artigos técnico-científicos inéditos, resultantes de pesquisa de interesse da área florestal. Também são aceitas notas técnicas e artigos de revisão. Os textos podem ser redigidos em português, inglês ou espanhol. [Ciência Florestal publishes original scientific and technical articles resulting from researches on Forestry Engineering. Technical notes and review articles are also accepted. The texts can be written in Portuguese, English and Spanish.]

2. Para submeter um trabalho para publicação são cobrados os seguintes valores: §1Taxa de submissão: R\$50,00 (cinquenta reais). O pagamento dessa taxa não garante a publicação do trabalho. §2Taxa de publicação: R\$250,00 (duzentos e cinquenta reais). Esse valor deve ser recolhido somente após o aceite do trabalho. Os valores devem ser depositados na conta corrente n. 220611-0, da agência do Banco do Brasil n. 1484-2. O comprovante do depósito da taxa de submissão deverá ser enviado juntamente com o trabalho. O comprovante da taxa de publicação deverá ser enviado a **CIÊNCIA FLORESTAL**, por fax (55-3220.8444/22) ou e-mail (cienciaflorestal@ufsm.br), informando o nome do trabalho ao qual se refere o depósito. Os valores depositados não serão devolvidos.

[Tramitation charges: 1) Submission fee: R\$ 50.00 (equivalent to US\$ 30.00). The payment of this fee does not guarantee the paper publication. 2) Publication fee: R\$ 250.00 (equivalent to US\$ 150.00). This value is charged only after the acceptance of the paper. The values must be deposited in the bank account # 220611-0, Banco do Brasil, agency # 1484-2. The deposit receipt shall be sent along with the paper. The receipt of the publication fee must be sent to Ciência Florestal by fax (55 55 3220 8444/22) or by e-mail (cienciaflorestal@ufsm.br), informing the paper name which belongs to this receipt. The values deposited will not be refunded.]

3. Os manuscritos devem ser encaminhados à revista via online por meio da PLATAFORMA SEER. O autor que cadastra o artigo assume a responsabilidade pelas informações, que os demais autores estão de acordo com submissão e que o artigo é inédito. Os conceitos e afirmações emitidas no artigo são de exclusiva responsabilidade dos autores. Contudo, o Conselho Editorial reserva-se o direito de solicitar ou sugerir modificações no texto original.

[The manuscripts should be submitted by PLATAFORMA SEER. The author registering the work assumes the responsibility for all information, and that the other author are in agreement with this work and that the article has not been published before. The concepts and assumptions appearing in the article are of fully responsibility of the authors. However, The Editing Committee has the right of asking for modifications in the original text.]

4. Os artigos devem ser organizados na seguinte sequência:

[The articles must be organized in this sequence:]

4.1. Artigo científico e nota técnica: Título, Resumo, Introdução com Revisão de Literatura, Materiais e Métodos, Resultados e Discussão, Conclusões, Agradecimentos e Referências Bibliográficas. Antes do item Referências Bibliográficas, quando apropriado, mencionar a aprovação pela Comissão de Ética e Biossegurança da Instituição.

[Scientific article and technical note: title, abstract, introduction and literature review, materials and methods, results and discussion, conclusions, acknowledgements and references. Before the item

references write when appropriate, mention its approval by the Ethics and Biosecurity Committee of the Institution.]

4.2. Artigo de revisão bibliográfica: Título, Resumo, Introdução, Desenvolvimento, Considerações finais, Agradecimentos e Referências Bibliográficas.

[Article of bibliographical review: title, abstract, introduction, development, final considerations, acknowledgements, references.]

5. O manuscrito deve ser editado no Microsoft Word, com espaço simples, linhas numeradas continuamente e sem os nomes dos autores, fonte Times New Roman, tamanho 11, tabulação de 1,25 cm, formato A4, com 2 cm de margens esquerda, inferior e superior, e 1,5 cm de margem direita, orientação retrato e máximo de 12 páginas.

[The paper must be edited in Microsoft Word, simple space, lines numbered continuously and without the authors' names, letter type Times New Roman, size 11, tab 1.25 cm, size A4, with 2.0 cm of left, inferior and superior margins and 1.5 cm in the right margin, portrait orientation and maximum of 12 pages.]

6. O Título do manuscrito, com no máximo duas linhas, deve ser centralizado e em negrito, com letras maiúsculas, redigido em português ou espanhol, seguido da versão em inglês.

[The paper title, up to 2 lines, must be centralized and in bold type, in capital letters and followed by the Portuguese version.]

7. O Resumo deve ser apresentado em um único parágrafo e redigido em dois idiomas, sendo um deles o inglês. As palavras RESUMO e ABSTRACT devem ser redigidos em letras maiúsculas e centralizados.

[The abstract has to be presented in a single paragraph and written in two languages, being the Portuguese language one of them. The words RESUMO and ABSTRACT must be in capital letters.]

8. Logo após o texto do Resumo e do Abstract devem ser incluídos os termos Palavras-chave e Keywords, respectivamente, com alinhamento à esquerda, contendo até quatro termos, separados por ponto e vírgula.

[ABSTRACT and RESUMO must be followed by Keywords and Palavras-chave, respectively, aligned to the left, containing up to four words, separated by semicolons.]

9. Os grandes itens devem ser escritos em letras maiúsculas, alinhados à esquerda. Os demais itens devem obedecer à seqüência exemplificada a seguir:

MATERIAL E MÉTODO -(item primário) – todo em maiúsculas e negrito.

Caracterização do local -(item secundário) -só a inicial maiúscula e em negrito.

Solo -(item terciário) -só a inicial maiúscula, em negrito e itálico.

Horizonte A – (item quaternário) -só a inicial maiúscula, em itálico.

[The primary titles must be written in capital letters, aligned to the left. The other ones must obey the sequence as follows:

MATERIAL AND METHOD – (primary item) – fully in capital letters and in bold type.

Characterizing the local – (secondary item) – In bold type but the first letter in capitals.

Soil – (tertiary item) – The initial in capitals, in bold type and in italics.

Horizon A – (quaternary item) – only the initial letter in capitals, in italics.]

10. As siglas e abreviaturas, ao aparecerem pela primeira vez no trabalho, deverão ser colocadas entre parênteses, precedidas do nome por extenso.

[The acronyms and abbreviations, when they first appear in the paper, must be within brackets, preceded by their full names.]

11. (alterada). Figuras (gráficos e fotografias), com resolução mínima de 300dpi, **PODENDO SER EM CORES, sem-contorno**. As dimensões (largura e altura) não podem ser maiores que 17 cm, sempre com orientação da página na forma retrato (fonte: Times New Roman, tamanho da fonte: 11, não-negrito e não-italico).

[Figures (graphs and photographs), with minimum resolution of 300dpi, can be in color, noboundary. The dimensions (height and width) cannot be larger than 17 cm, always with portrait page orientation, letter type of Times New Roman, size 11, non-bold type and nonitalics.]

12. As figuras e tabelas devem ser auto-explicativas e alocadas no texto logo após sua primeira chamada. A identificação das mesmas deve ser expressa em dois idiomas, sendo um deles o inglês. As tabelas devem ser produzidas em editor de texto (Word) e não podem ser inseridas no texto como figuras. Para tabelas com conteúdo numérico, as vírgulas devem ficar alinhadas verticalmente e os números centralizados na coluna.

[The figures and tables must self-explanatory and located in the text right after they are mentioned. Their identification must be expressed in two languages, being the English language one of them. The tables must be produced in Word text editor and cannot be put in the text as being figures. For the tables which include numbers, the points must be aligned vertically and the numbers must be centralized in the column.]

13. Nomes científicos devem ser escritos por extenso (Ex:Araucaria angustifólia) e em itálico.
[Scientific names must be fully written (ex: Araucaria angustifolia) and in italics.]

14. Fórmulas editadas pelo módulo Equation Editor, do Microsoft Word, devem obedecer à fonte do texto, com símbolos, subscrito/sobrescrito etc., em proporções adequadas.

[Formulae edited by the module Equation Editor, of Microsoft Word, must obey the text letter, with symbols, subscript/superscript, etc, in suitable proportions.]

15. Citações bibliográficas serão feitas de acordo com a NBR 10520 da ABNT, usando o sistema "autor-data". Todas as citações mencionadas no texto devem ser relacionadas na lista de Referências Bibliográficas, de acordo com a norma NBR 6023 da ABNT.

[Bibliographical quotations will be carried out in accordance with NBR 10520 from ABNT, using the system author-date. All quotations mentioned in the text must listed down in the reference list, in compliance with NBR 6023 from ABNT.]

16. Na versão final do artigo o autor deve inserir os nomes dos co-autores, posicionados logo abaixo do título em inglês, e identificados com número seqüencial sobrescrito. O chamamento dos autores deve ser indicado no rodapé da primeira página, antecedido do número de identificação.

[In its final version, all authors names must be inserted immediately below the paper title and identified with its superscript sequence number. The authors calling must be indicated as footnote at the first page.]

17. Os manuscritos submetidos à revista passam pela triagem inicial do comitê de área, são enviados para revisores ad hoc, devolvidos aos autores para correções e, posteriormente, passam pela avaliação final do Conselho Editorial. Os artigos aceitos são publicados preferencialmente na ordem de aprovação e os não-aceitos são comunicados aos autores. Não são fornecidas separatas. Os artigos estão disponíveis, no formato "pdf", no endereço eletrônico da revista (www.ufsm.br/cienciaflorestal).

[The manuscripts subjected to *Ciência Florestal* are submitted to the area committee which will decide the need of sending to ad hoc reviewers. The trial version is returned to the authors for corrections and, later, are finally evaluated by the Editing Committee. The accepted articles are published preferably in the order of their approval. Offprint will not be provided. The articles are available, in 'pdf' format, at the following electronic address: www.ufsm.br/cienciaflorestal.]

18. Em caso de dúvidas, consultar os artigos já publicados ou o Conselho Editorial no e-mail cienciaflorestal@ufsm.br. [For further information and doubts consult the published articles and the Editing Committee through the e-mail: cienciaflorestal@ufsm.br.]

Atualizado em 13/11/2015.