



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

ROBERTO RORRAS DOS SANTOS MOURA

**PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA E DECOMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS DA
COLHEITA EM POVOAMENTO DE *Eucalyptus* NO ESPÍRITO SANTO**

ORIENTADOR: D.Sc MARCOS VINICIUS WINCKLER CALDEIRA

JERÔNIMO MONTEIRO
FEVEREIRO – 2016

ROBERTO RORRAS DOS SANTOS MOURA

**PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA E DECOMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS DA
COLHEITA EM POVOAMENTO DE *Eucalyptus* NO ESPÍRITO SANTO**

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

Orientador: D.Sc Marcos Vinicius Winckler Caldeira

Coorientadores: Dra. Elzimar de Oliveira Gonçalves; D.Sc. Otacílio José Passos Rangel.

JERÔNIMO MONTEIRO

FEVEREIRO – 2016

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)

(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

M929p Moura, Roberto Rorras dos Santos, 1990-
Produção de serapilheira e decomposição dos resíduos da colheita
em povoamento de Eucalyptus no Espírito Santo / Roberto Rorras dos
Santos Moura. – 2016.
103 f. : il.

Orientador: Marcos Vinicius Winckler Caldeira.

Coorientador: Elzimar de Oliveira Gonçalves ; Otacílio José Passos
Rangel.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade
Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Ciclagem de nutrientes. 2. Solos – Fertilidade. 3. Solos – Teor de
nutrientes. 4. Litterbags. 5. Taxa de decomposição. I. Caldeira, Marcos
Vinicius Winckler. II. Gonçalves, Elzimar de Oliveira. III. Rangel,
Otacílio José Passos. IV. Universidade Federal do Espírito Santo.
Centro de Ciências Agrárias. V. Título.

CDU: 630

**PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA E DECOMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS DA
COLHEITA EM POVOAMENTOS DE Eucalyptus NO ESPÍRITO SANTO**

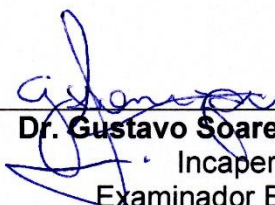
Roberto Rorras dos Santos Moura

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

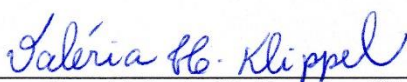
Aprovada em 29 de Fevereiro de 2016.



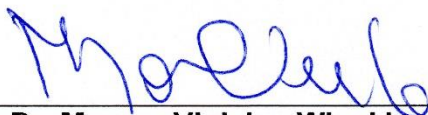
Dr. Tiago de Oliveira Godinho
Incapar
Examinador Externo



Dr. Gustavo Soares de Souza
Incapar
Examinador Externo



Dra. Valeria Hollunder Klippel
UFES
Examinador Interno



Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira
UFES
Orientador

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Carmicélia e Djalma por todos os ensinamentos, cuidados e por sempre apoiarem meus objetivos, aos meus irmãos Raul e Hallana, pelo carinho e incentivo.

A toda minha família pela força, humildade e união para realização desta dissertação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me conceder esta oportunidade, sabedoria e um grupo de trabalho maravilhoso, que foi importante nessa etapa de minha vida.

À Universidade Federal do Espírito Santo e especialmente, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de Mestrado que foi de suma importância para realização do curso.

À Empresa Fibria Papel e Celulose SA, pelo apoio no planejamento, operações e financiamento do projeto, bem como ao Rodolfo, Sebastião e Carlinhos que foram meu braço direito dentro da empresa, oferecendo todo o apoio necessário para a realização desta pesquisa.

Aos meus pais, Djalma e Carmicélia, irmãos Raul e Hallana e avó Maria Pereira que sempre me apoiaram e me guiaram. Obrigado por acreditarem em mim e por tudo que fizeram para me proporcionar um futuro melhor.

À toda minha família pelo exemplo de perseverança, educação e humildade que me ensinaram a ter caráter e honestidade.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira, pela paciência e confiança, pelas oportunidades oferecidas e pela contribuição em minha vida profissional.

Aos coorientadores: Prof.^a Dra. Elzimar de Oliveira Gonçalves e Prof. Dr. Otacílio José Passos Rangel, pela contribuição no desenvolvimento desta dissertação.

Aos meus amigos da minha cidade natal, por todos os momentos e alegrias compartilhados. E a todas as amizades conquistadas em Jerônimo Monteiro pelos momentos de companheirismo.

Aos amigos de laboratório William, Eduardo, Kallil, Diego, Ray, Valeria, Julia, João Paulo, Monique, Andressa, Vitor, Marcinha, Paulo Henrique e Juliana. E um agradecimento muito especial ao Carlos Henrique Souto Azevedo e Felipe Cassa Duarte Venâncio pela contribuição na instalação do experimento, bem como na coleta dos dados. Muito obrigado a todos!

RESUMO GERAL

MOURA, Roberto Rorras dos Santos. **Produção de Serapilheira e decomposição dos resíduos de colheita em povoamentos de *Eucalyptus*, Espírito Santo**. 2016. Dissertação (Mestrado Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Orientador: Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira. Coorientadores: Prof.^a Dra. Elzimar de Oliveira Gonçalves; Prof. Dr. Otacílio José Passos Rangel.

A utilização eficiente de técnicas de manejo florestal proporciona aumento na produtividade florestal, bem como uma sustentabilidade do ecossistema. Desta forma, o conhecimento sobre a produção de serapilheira e de sua taxa de decomposição é de extrema importância, por fazerem parte do processo de ciclagem de nutrientes, promovendo assim uma melhor fertilidade do solo. Este estudo teve como objetivos, quantificar o conteúdo de nutrientes da serapilheira depositada e avaliar a sua taxa de decomposição, em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, Aracruz, ES. Para a amostragem da serapilheira depositada e de sua decomposição, foram utilizadas seis parcelas (30 x 30 m), demarcadas de forma sistemática em uma área de 9,16 ha. Cada parcela continha cinco coletores de 1 m² distribuídos de forma sistemática, sendo coletada mensalmente a serapilheira depositada sobre eles. Em seguida este material foi separado nas frações folhas/miscelânea e galhos. Foram determinados os teores, os conteúdos e a eficiência de uso de nutrientes. A taxa de decomposição foi realizada pelo método de perda de massa em bolsas de *nylon* (*litterbags*). Os tratamentos foram constituídos pelas diferentes frações, sendo folhas, galhos, casca e resíduo combinado (mistura dos três resíduos vegetais), onde foram distribuídos em cada parcela cinco *litterbags* de cada tratamento. As coletas dos *litterbags* foram realizadas aos 30, 90, 180 e 365 dias após a instalação dos *litterbags*. Após a coleta do material, as amostras foram enviadas ao laboratório para determinar os teores de nutrientes. A produção de serapilheira teve variação mensal nas duas frações estudadas, com uma deposição total de 4.797,17 kg ha⁻¹ ano⁻¹, entre os 27 e 38 meses de idade. A biomassa da fração folhas/miscelânea correspondeu em média, 73%, a qual também foi a responsável pela maior parte do retorno de nutrientes via serapilheira

depositada. A eficiência na utilização dos macronutrientes foi evidenciada pela seguinte ordem $P > S > Mg > K > Ca > N$ e a dos micronutrientes $Mo > Cu > Zn > B > Fe > Mn$. A taxa de decomposição (k) dos resíduos vegetais foi considerada lenta, tendo variações entre 0,0010 e 0,0024 para os tratamentos estudados, indicando um tempo necessário de 505 a 1087 dias para a renovação total da serapilheira. Todos os teores dos macronutrientes tiveram variações até os 180 dias, com maiores teores de nutrientes na fração folhas para N, P, K e Mg, e para a fração galhos o Ca. De modo geral, o retorno de nutrientes por meio da serapilheira é significativo no processo de ciclagem de nutrientes, por melhorar a fertilidade do solo com a decomposição dos resíduos florestais depositados.

Palavras-chave: Ciclagem biogeoquímica; fertilidade do solo; teores de nutrientes; *litterbags*.

GENERAL ABSTRACT

MOURA, Roberto Rorras dos Santos. **Litter production and decomposition of crop residues in stands *Eucalyptus*, Espírito Santo**. 2016. Dissertation (Master's degree on Forest Science) - Federal University of Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Adviser: Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira. Co-Advisors: Prof. Dra. Elzimar de Oliveira Gonçalves; Prof. Dr. Otacílio José Passos Rangel.

Efficient use of forest management techniques provides increased forest productivity and a sustainable ecosystem. Thus, knowledge of the litter production and its rate of decomposition is extremely important to be part of the nutrient cycling process, thus promoting better soil fertility. This study aimed to quantify the nutrient content of litter produced and evaluate its rate of decomposition, in a stand of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, Aracruz, ES. For the sampling of litterfall and its decomposition were used six plots (30 x 30m), marked systematically in an area of 9.16 ha. Each plot contained five collectors 1m² distributed systematically being collected monthly litter deposited on them. Then this material was separated into fractions leaves / branches and miscellany. The contents, content and nutrient use efficiency. The rate of decomposition was performed by the weight loss method in nylon bags (litterbags). The treatments consisted of different fractions, with leaves, twigs, bark and waste combined (mixture of the three plant residues), which were distributed in each plot five litterbags each treatment. The collections of litterbags were performed at 30, 90, 180 and 365 days after installation of litterbags. After collecting the material, samples were sent to the laboratory to determine nutrient levels. Litter production had monthly variation in both studied fractions, with a total deposition of 4797.17 kg ha⁻¹ yr⁻¹, between 27 and 38 months old. The biomass fraction of leaves / miscellany corresponded on average 73%, which was also responsible for most of the return of nutrients through litterfall. The efficient use of macronutrients was evidenced in the following order P > S > Mg > K > Ca > N and the Mo micronutrients > Cu > Zn > B > Fe > Mn. The decomposition rate (k) of the plant residues was considered slow, and variations between 0.0010 and 0.0024 for the experimental treatments, indicating a time

required 505-1087 days for the complete renewal of the litter. All levels of macronutrients were variations up to 180 days, with higher nutrient content in the fraction sheets for N, P, K and Mg, and the branches fraction Ca. Generally, the return of nutrients through the litter is significant in nutrient cycling processes by improving soil fertility with the decomposition of forest residues deposited.

Keywords: Biogeochemistry cycling; soil fertility; concentration of nutrients; *litterbags*.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. 1. Atributos químicos do solo de amostras coletadas antes da implantação do povoamento híbrido de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> , no ano de 2002	25
Tabela 1. 2. Valores mensais médios, mínimos e máximos dos elementos climáticos durante o período de estudo (junho/2014 a maio/2015), no povoamento do híbrido de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> , em Aracruz, ES.....	27
Tabela 1. 3. Atributos químicos do solo na área de estudo, após a implantação da segunda rotação do povoamento de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> , Aracruz, ES	27
Tabela 1. 4. Aporte médio por fração e total da serapilheira depositada (kg ha^{-1}) em doze meses, em um povoamento de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> , Aracruz, ES	33
Tabela 1. 5. Correlação de Spearman entre frações da serapilheira e as variáveis climáticas, ao longo dos doze meses, em um povoamento de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> , Aracruz, ES	36
Tabela 1. 6. Teores médios mensais dos macronutrientes na fração folhas/miscelânea, em um povoamento de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> , Aracruz, ES	39
Tabela 1. 7. Teores médios mensais dos macronutrientes na fração galhos, em um povoamento de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> , Aracruz, ES .	40
Tabela 1. 8. Teores médios mensais dos micronutrientes e sódio na fração folhas/miscelânea, em um povoamento de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> , Aracruz, ES	41
Tabela 1. 9. Teores médios mensais dos micronutrientes e sódio na fração galhos, em um povoamento de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> , Aracruz, ES.....	42
Tabela 1. 10. Conteúdo de macronutrientes na fração folhas/miscelânea, em um povoamento de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> , Aracruz, ES	44
Tabela 1. 11. Conteúdo de macronutrientes na fração galhos, em um povoamento de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> , Aracruz, ES	45
Tabela 1. 12. Conteúdo de macronutrientes na serapilheira total, em um povoamento de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> , Aracruz, ES	46

Tabela 1. 13. Conteúdo de micronutrientes e sódio na fração folhas/miscelânea, em um povoamento de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> , Aracruz, ES	47
Tabela 1. 14. Conteúdo de micronutrientes na fração galhos, em um povoamento de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> , Aracruz, ES	48
Tabela 1. 15. Conteúdo de micronutrientes na fração total, em um povoamento de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> , Aracruz, ES	49
Tabela 1. 16. Eficiência de uso dos macros e micronutrientes pelas frações folhas/miscelâneas e galhos e total depositado, em um povoamento de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> , Aracruz, ES	50
Tabela 2. 1. Valores médios das variáveis climáticas acumuladas durante o período de estudo (dezembro/2012 a novembro/2013), no povoamento de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> , Aracruz, ES	71
Tabela 2. 2. Taxa de decomposição dos resíduos vegetais (folhas, galhos, casca e resíduo combinado), em um povoamento de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> , Aracruz, ES	78
Tabela 2. 3. Teores médios de macronutrientes da massa remanescente dos resíduos vegetais (folhas, galhos, casca e resíduo combinado), em um povoamento de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> , Aracruz, ES	80
Tabela 2. 4. Teores médios de micronutrientes da massa remanescente dos resíduos vegetais (folhas, galhos, cascas e resíduo combinado), em um povoamento de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> , Aracruz, ES	81
Tabela 2. 5. Correlação de Spearman entre a perda de biomassa dos resíduos de colheita e os elementos climáticos, ao longo do período de estudo, em um povoamento de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> , Aracruz, ES	87

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. 1. Talhão de localização do povoamento comercial do híbrido de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> , em Aracruz, ES	24
Figura 1. 2. Perfil da precipitação (mm) e de temperatura ar (°C) do período de estudo, no povoamento de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> , Aracruz, ES	26
Figura 1. 3. Croqui da localização dos coletores dentro parcela, no povoamento de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> , Aracruz, ES	29
Figura 1. 4. (A) dimensões do coletor e (B) coletor de serapilheira depositada dentro da parcela	30
Figura 1. 5. Média da relação mensal de deposição entre as frações folhas/miscelânea e galhos, em um povoamento de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> , Aracruz, ES.....	34
Figura 2. 1. (A) Povoamento de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> , com nove anos de idade, (B) folhas (C) galhos e (D) cascas, resíduos utilizados para decomposição	73
Figura 2. 2. Forma de distribuição dos litterbags dentro da parcela.....	74
Figura 2. 3. Curva de decomposição dos resíduos florestais (folhas, galhos, casca e resíduo combinado), em um povoamento de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> , Aracruz, ES.....	79
Figura 2. 4. Relação entre o tempo (dias) e os teores de nutrientes das folhas em litterbags durante o período de estudo (0, 30, 90, 180 e 360 dias) de avaliação, em um povoamento de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> , Aracruz, ES.....	83
Figura 2. 5. Relação entre o tempo (dias) e os teores de nutrientes dos galhos em litterbags durante o período de estudo (0, 30, 90, 180 e 360 dias) de avaliação, em um povoamento de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> , Aracruz, ES.....	84
Figura 2. 6. Relação entre o tempo (dias) e os teores de nutrientes das cascas em litterbags durante o período de estudo (0, 30, 90, 180 e 360 dias) de avaliação, em um povoamento de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> , Aracruz, ES.....	85
Figura 2. 7. Relação entre o tempo (dias) e os teores de nutrientes do resíduo combinado em litterbags durante o período de estudo (0, 30, 90, 180 e 360 dias) de avaliação, em um povoamento de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> , Aracruz, ES.....	86
Figura 2. 8. Teor de lignina, hemicelulose e celulose presente na massa remanescente dos resíduos florestais no período 0 e 360 dias, em um povoamento de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> , Aracruz, ES	89

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	14
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17
CAPITULO I - SERAPILHEIRA DEPOSITADA EM UM POVOAMENTO DE <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> NO ESPÍRITO SANTO	19
RESUMO	20
ABSTRACT	21
1. INTRODUÇÃO.....	22
2. MATERIAL E MÉTODOS	24
2.1. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO	24
2.1.1. Localização do povoamento	24
2.1.2. Características edafoclimáticas	25
2.1.3. Implantação da rotação avaliada	27
2.2. AMOSTRAGEM DA SERAPILHEIRA	28
2.3. TEOR E QUANTIDADE DE NUTRIENTE DA SERAPILHEIRA.....	31
2.3. ANÁLISES ESTATÍSTICAS	32
3. RESULTADOS	33
3.1. PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA	33
3.2. TEORES DE NUTRIENTES DA SERAPILHEIRA	37
3.3. QUANTIDADE DE NUTRIENTES NA SERAPILHEIRA DEPOSITADA	43
3.4. EFICIÊNCIA DO USO DE NUTRIENTES	50
4. DISCUSSÃO.....	51
4.1. PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA	51
4.2. TEORES DE NUTRIENTES DA SERAPILHEIRA	54
4.3. QUANTIDADE DE NUTRIENTES DA SERAPILHEIRA.....	56
4.4. EFICIÊNCIA DO USO DE NUTRIENTES	57
5. CONCLUSÃO	59
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
CAPITULO II - DECOMPOSIÇÃO DE RESÍDUOS VEGETAIS, EM POVOAMENTO DE <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> NO ESPÍRITO SANTO	66
RESUMO	67
ABSTRACT	68
1. INTRODUÇÃO.....	69
2. MATERIAL E MÉTODOS	71
2.1. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO	71
2.2. AMOSTRAGEM DOS RESÍDUOS VEGETAIS.....	72
2.3. AMOSTRAGEM DA DECOMPOSIÇÃO DE RESÍDUOS	73
2.4. TAXA DE DECOMPOSIÇÃO E ANÁLISES QUÍMICAS	75
2.4.1. Teores de nutrientes.....	75
2.4.2. Teores de celulose, hemicelulose e lignina.	75
2.4.3. Taxa de decomposição e massa seca remanescente	75
2.5. ANÁLISES ESTATÍSTICAS	77
3. RESULTADOS	78
3.1. DECOMPOSIÇÃO DE RESÍDUOS FLORESTAIS	78
3.2. TEORES DE NUTRIENTES REMANESCENTE DOS RESÍDUOS FLORESTAIS.....	79
4. DISCUSSÃO.....	90

4.1. DECOMPOSIÇÃO DE RESÍDUOS FLORESTAIS	90
4.2. TEORES DE NUTRIENTES REMANESCENTE DOS RESÍDUOS FLORESTAIS.....	92
5. CONCLUSÃO	97
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98

1. INTRODUÇÃO GERAL

O setor brasileiro de florestas plantadas tem grande importância para o país, visto que a área ocupada por este setor totalizou aproximadamente 7,74 milhões de hectares no ano de 2014, com aumento de 1,8% em relação ao ano anterior (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBÁ, 2015). O gênero *Eucalyptus* é responsável por 71,9% desses plantios (IBÁ, 2015), sendo o estado do Espírito Santo responsável pela quinta maior produtividade entre os estados brasileiros.

O grande percentual de área plantada do gênero *Eucalyptus* se deve as características fisiológicas das espécies, que apresenta rápido crescimento, alta produtividade em diferentes condições climáticas e de fertilidade do solo (GONÇALVES, 2002; LIMA et al., 2008; MORA; GARCIA, 2000). Porém, a sustentabilidade produtiva dos sítios florestais é um desafio para silvicultura brasileira (BELLOTE; DEDECEK; SILVA, 2008). Ainda segundo os autores, a rápida taxa de crescimento dos povoamentos florestais no Brasil faz com que, eles necessitem de uma grande demanda de recursos do solo, sendo a água e os nutrientes os mais importantes.

As quantidades de nutrientes contidos nos principais componentes dos resíduos florestais folhas, galhos, casca e na serapilheira, representam uma percentagem significativa no estoque de nutrientes de uma plantação florestal (RACHWAL et al., 2007). Desta forma o monitoramento da serapilheira é de suma importância na manutenção da produtividade florestal. Pelo fato dos fertilizantes mineiros serem introduzidos nos plantios de *Eucalyptus* até os dois anos de idade, após esse período, a ciclagem dos nutrientes oriundos da serapilheira é responsável pela disponibilização dos nutrientes necessários para promover a manutenção da floresta plantada.

Segundo Alves et al. (2006), uma maneira de verificar a ciclagem de nutrientes em florestas é por meio da separação da biomassa e da quantificação dos nutrientes presentes nestas frações, ou seja, por meio da produção de serapilheira. A quantidade de serapilheira de *Eucalyptus* aportados ao solo, tem variação em função do manejo de colheita aplicado, podendo o descascamento das árvores serem feitas ou não no local de colheita (LACLAU et al., 2010). Estudo sobre a ciclagem de nutrientes em povoamentos de eucaliptos permite avaliar possíveis alterações decorrentes das

técnicas de manejo aplicadas e possibilitam inferir sobre a sustentabilidade da produção (ZAIA; GAMA-RODRIGUES, 2004).

Nesse contexto, esforços que buscam mensurar a serapilheira proporcionam um acréscimo de informações em relação ao processo de ciclagem de nutrientes. A produtividade média das plantações de eucalipto no Brasil é de aproximadamente $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, sendo 260% maior do que a do Estados Unidos (IBÁ, 2015). Os resíduos da colheita chegam a acumular na superfície do solo valores na ordem entre 8 e 14 Mg ha^{-1} (PULROLNIK et al., 2009; ZINN; RESCK; SILVA, 2002), sendo que, com a contribuição do sistema radicular, o aporte total de resíduos pós-colheita é de aproximadamente 50 Mg ha^{-1} (BARROS; COMERFORD, 2002).

No entanto, quanto desse material é depositado no solo durante o seu ciclo produtivo, bem como a sua taxa de decomposição ainda são desconhecidas para a espécie *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, estado do Espírito Santo. Embora a manutenção de maior quantidade de resíduos no campo minimize a remoção de nutrientes, pouco se sabe sobre a quantidade e o período de decomposição desses resíduos separadamente (folhas, galhos e cascas). Além disso, quais os compostos recalcitrantes presente nestes resíduos poderiam influenciar na decomposição e transferência de nutrientes para o solo (PULROLNIK et al., 2009).

Segundo Dick et al. (2009), a decomposição dos resíduos vegetais pode ser definida como a quebra de grandes moléculas orgânicas, em componentes menores e mais simples. Este processo pode durar de dias até anos, dependendo de diversos fatores, como qualidade da composição química do resíduo e condições ambientais (BRADY; WEIL, 2013; SELLE, 2007).

Deste modo, a partir da determinação da taxa de decomposição dos resíduos de floresta de eucalipto e da liberação desses nutrientes para a matéria orgânica do solo, pode-se ampliar o entendimento sobre a contribuição real dos nutrientes via serapilheira. Com isso, possibilitando a previsão real de contribuição dos resíduos florestais para a manutenção da fertilidade do solo em longo prazo, contribuindo para a realização de um balanço nutricional de forma a reduzir os gastos com a fertilização mineral, utilizando somente o essencial a ser absorvido pela espécie.

Assim, a questão principal que norteou o presente estudo foi como o padrão de produção de serapilheira, bem como as quantidades de nutrientes liberadas ao solo

se comportam, qualitativamente e quantitativamente para manutenção da fertilidade do solo, de acordo com a heterogeneidade temporal?

Para isso, o presente estudo foi dividido em dois capítulos, sendo o primeiro com o objetivo de quantificar os aportes anuais de serapilheira e nutrientes da serapilheira em dozes meses, em um povoamento híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, e a sua possível correlação com os fatores climáticos do povoamento. No segundo capítulo foi avaliada a taxa de decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos vegetais de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, aos nove anos de idade, em diferentes períodos de tempo, em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, Aracruz-ES.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, A. R. et al. Aporte e decomposição de serrapilheira em área de Caatinga , na Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, PB, v. 6, n. 2, p. 194–203, 2006.
- BARROS, N. F.; COMERFORD, F. B. Sustentabilidade da produção de florestas plantadas na região tropical. In: **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. p. 487–592.
- BELLOTE, A. F. J.; DEDECEK, R. A.; SILVA, H. D. DA. Nutrientes minerais, biomassa e deposição de serapilheira em plantio de *Eucalyptus* com diferentes sistemas de manejo de resíduos florestais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, PR n. 56, p. 31–41, 2008.
- BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. Porto Alegre, RS: Bookman, 2013.
- DICK, D. P. et al. Química da matéria orgânica do solo. In: **Química e mineralogia**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. p. 1–67.
- GONÇALVES, J. L. . Principais solos usados para plantações florestais. In: **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. p. 1–45.
- IBÁ. **Indústria brasileira de árvores**, 2015. Disponível em: < http://iba.org/images/shared/iba_2015.pdf>. Acesso em: 10 de novembro de 2015.
- LACLAU, J.-P. et al. Biogeochemical cycles of nutrients in tropical *Eucalyptus* plantations. **Forest Ecology and Management**, [S.l.], v. 259, n. 9, p. 1771–1785, 2010.
- LIMA, A. M. N. et al. Frações da matéria orgânica do solo após três décadas de cultivo de eucalipto no Vale do Rio Doce-MG. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 3, p. 1053–1063, 2008.
- MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo: SBS, 2000.
- PULROLNIK, K. et al. Estoques de carbono e nitrogênio em frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de solos sob eucalipto, pastagem e cerrado no Vale do Jequitinhonha - MG. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 3, p. 1125–1136, 2009.
- RACHWAL, M. F. G. et al. Manejo dos resíduos da colheita de acácia-negra (*Acacia mearnsii* de Wild) e a sustentabilidade do sítio. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 17, n. 2, p. 137–144, 2007.

SELLE, G. L. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, MG, v. 23, n. 4, p. 29–39, 2007.

ZAIA, F. C.; GAMA-RODRIGUES, A. C. Ciclagem e balanço de nutrientes em povoamentos de Eucalipto na Região Norte Fluminense. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 3, p. 843–852, 2004.

ZINN, Y. L.; RESCK, D. V. S.; SILVA, J. E. Soil organic carbon as affected by afforestation with *Eucalyptus* and *Pinus* in the Cerrado region of Brazil. For. Ecol. Manag. **Forest Ecology and Management**, [S.l.], v. 166, p. 285–294, 2002.

CAPITULO I

SERAPILHEIRA DEPOSITADA EM UM POVOAMENTO DE
Eucalyptus urophylla x *Eucalyptus grandis* NO ESPÍRITO SANTO

**Serapilheira depositada em um povoamento de
Eucalyptus urophylla x *Eucalyptus grandis* no Espírito Santo**

RESUMO

Este estudo teve como objetivos, quantificar os aportes anuais de serapilheira e nutrientes, em um povoamento comercial de híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, entre os 27 e 38 meses de idade, em Aracruz-ES, Brasil. Para a amostragem da serapilheira depositada, foram utilizadas seis parcelas (30 x 30m), demarcadas de forma sistemática em uma área de 9,16 ha, cada parcela continha cinco coletores (1,0 x 1,0 m). As amostras de serapilheira foram coletadas mensalmente durante os meses de junho/2014 a maio/2015. Posteriormente, passaram por um processo de triagem, sendo separadas nas frações folhas/miscelânea e galhos. As análises químicas compreenderam na determinação dos teores dos macros e micronutrientes. Os conteúdos de nutrientes foram obtidas a partir da biomassa seca ($\text{kg ha}^{-1} \text{mês}^{-1}$) e dos teores dos nutrientes (g kg^{-1} e mg kg^{-1}) da serapilheira. A eficiência no uso de nutrientes (EUN) foi calculada para cada fração e para o total depositado. A produção de serapilheira teve variação mensal nas duas frações estudadas, com uma deposição total de $4.797,17 \text{ kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$. A fração folhas/miscelânea correspondeu, em média, a 73% da biomassa total depositada, a qual também foi a responsável pela maior parte do retorno de nutrientes via serapilheira depositada. O nitrogênio e o cálcio foram os macronutrientes encontrados em maiores teores e conteúdos para as frações folhas/miscelânea e galhos, respectivamente, e o manganês o micronutriente em maiores teores e conteúdos para as duas frações deste estudo, indicando maior ciclagem biogeoquímica destes nutrientes. A eficiência na utilização dos macronutrientes foi evidenciada pela seguinte ordem $\text{P} > \text{S} > \text{Mg} > \text{K} > \text{Ca} > \text{N}$ e a dos micronutrientes $\text{Mo} > \text{Cu} > \text{Zn} > \text{B} > \text{Fe} > \text{Mn}$.

Palavras-chave: Ciclagem biogeoquímica; produção de serapilheira; teores de nutrientes.

Deposited litter in a stands *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*
in the Espírito Santo

ABSTRACT

This study aimed to quantify the annual contributions of litter and nutrients in a commercial settlement of hybrid *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, between 27 and 38 months old, in Aracruz-ES, Brazil. For the sampling of litter produced were used six plots (30 x 30m), marked systematically in an area of 9.16 ha, each parcel contained five collectors (1.0 x 1.0 m). The litter samples were collected monthly during the months of June / 2014 to May / 2015. Subsequently passed through a screening process, and separated into fractions leaves / branches and miscellany. Chemical analysis realized in determining the levels of macro and micronutrients. The nutrient content were obtained from the dry biomass ($\text{kg ha}^{-1} \text{ month}^{-1}$) and nutrient content (g kg^{-1} and mg kg^{-1}) of the litter. The efficient use of nutrients (EUN) was calculated for each fraction and the total amount deposited. Litter production had monthly variation in both studied fractions, with a total deposition of $4797.17 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$. The split leaves / miscellany corresponded on average to 73% of the total deposited biomass, which was also responsible for most of the return of nutrients through litterfall. The nitrogen and calcium were the macronutrients found in higher levels and content for fractions sheets / miscellany and branches, respectively, and manganese micronutrient in higher levels and content for the two fractions of this study, indicating higher biogeochemical cycling of these nutrients. The efficient use of macronutrients was evidenced in the following order $\text{P} > \text{S} > \text{Mg} > \text{K} > \text{Ca} > \text{N}$ and the micronutrientes $\text{Mo} > \text{Cu} > \text{Zn} > \text{B} > \text{Fe} > \text{Mn}$.

Keywords: Biogeochemistry cycling; production litter; nutrient concentration.

1. INTRODUÇÃO

O manejo florestal permite o aumento da produtividade, no entanto, esse aumento pode propiciar maior exportação de nutrientes por meio da colheita florestal (FREITAS, 2000). Em certos casos, a mudança de algumas técnicas silviculturais poderia ser suficiente para não ocorrer uma redução na qualidade do sítio e na produção de biomassa. Segundo Harrison et al. (2000), para avaliar o efeito da colheita florestal na disponibilidade de nutrientes no sítio, primeiramente, deve-se determinar a prioridade de alocação dos nutrientes nos diferentes componentes da árvore, podendo ser influenciado pela espécie, espaçamento, manejo, idade e intensidade e colheita, sendo, em seguida, avaliado o potencial de exportação em comparação com a produção de biomassa.

Segundo Barichello, Schumacher e Vogel (2005), se não forem aplicadas práticas silviculturais adequadas, os cultivos podem causar, dentre outros, a redução do estoque de nutrientes, afetando a sustentabilidade do ecossistema. Portanto, há necessidade de um melhor entendimento do potencial produtivo da espécie de eucalipto, principalmente no que se diz respeito a características nutricionais e seu efeito na disponibilização de nutrientes para o solo, visando melhorar os atributos físicos, químicos e biológicos do solo. Assim, o conhecimento da taxa de exportação de nutrientes por diferentes genótipos constitui um requerimento essencial para a empresa, com vistas à adoção de técnicas de conservação e reposição de nutrientes ao ecossistema (SANTANA; DE BARROS; NEVES, 1999).

O conhecimento do aporte de nutrientes por meio da serapilheira é importante para avaliar o impacto e implicações das ações de manejo na disponibilidade de nutrientes no solo e a produtividade futura dos povoamentos florestais (FERREIRA et al., 2004; VITAL et al., 2004). Portanto, em povoamento de curta rotação, avaliações das práticas de manejo utilizadas, o estudo da biomassa e dos nutrientes exportados com a colheita florestal configura-se como um fator essencial, em favor do uso sustentado desses sítios (VIERA et al., 2013).

A serapilheira contém grande proporção dos nutrientes extraídos do solo pelas árvores, e, à medida que o material decíduo vai-se decompondo, os nutrientes nele contidos vão sendo liberados, dando sequência à ciclagem de nutrientes (planta-solo-planta) (KOEHLER; REISSMANN; KOEHLER, 1987; SCHUMACHER et al., 2004).

Sendo passíveis de serem reabsorvidos pelas raízes das plantas (SCHUMACHER et al., 2003).

Deste modo, pesquisas que geram conhecimento sobre a produção de serapilheira e a transferência de nutrientes entre compartimentos do ambiente contribuirão para o entendimento dos padrões de ciclagem e a estruturação de um ecossistema florestal. Portanto constitui um canal para a devolução de nutrientes e matéria orgânica para a parte superficial do solo (VITAL et al., 2004).

Nesse contexto, um estudo que caracterize a composição nutricional da serapilheira, de forma a melhorar e contribuir com a manutenção desses resíduos no solo com a finalidade de aumentar a produtividade no povoamento de eucalipto tem grande relevância sob os aspectos de sustentabilidade. Diante disto, propõem-se a seguinte hipótese: I) O povoamento de eucalipto iniciando aos 27 meses de idade produz a mesma quantidade de serapilheira deposita de forma temporal, o ano todo; II) Os elementos climáticas influenciam na produção de serapilheira depositada.

Diante disto, neste capítulo, objetivou-se quantificar os aportes mensais de serapilheira e nutrientes, em um povoamento híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, no decorrer de um ano, iniciando aos 27 meses de idade, em Aracruz-ES.

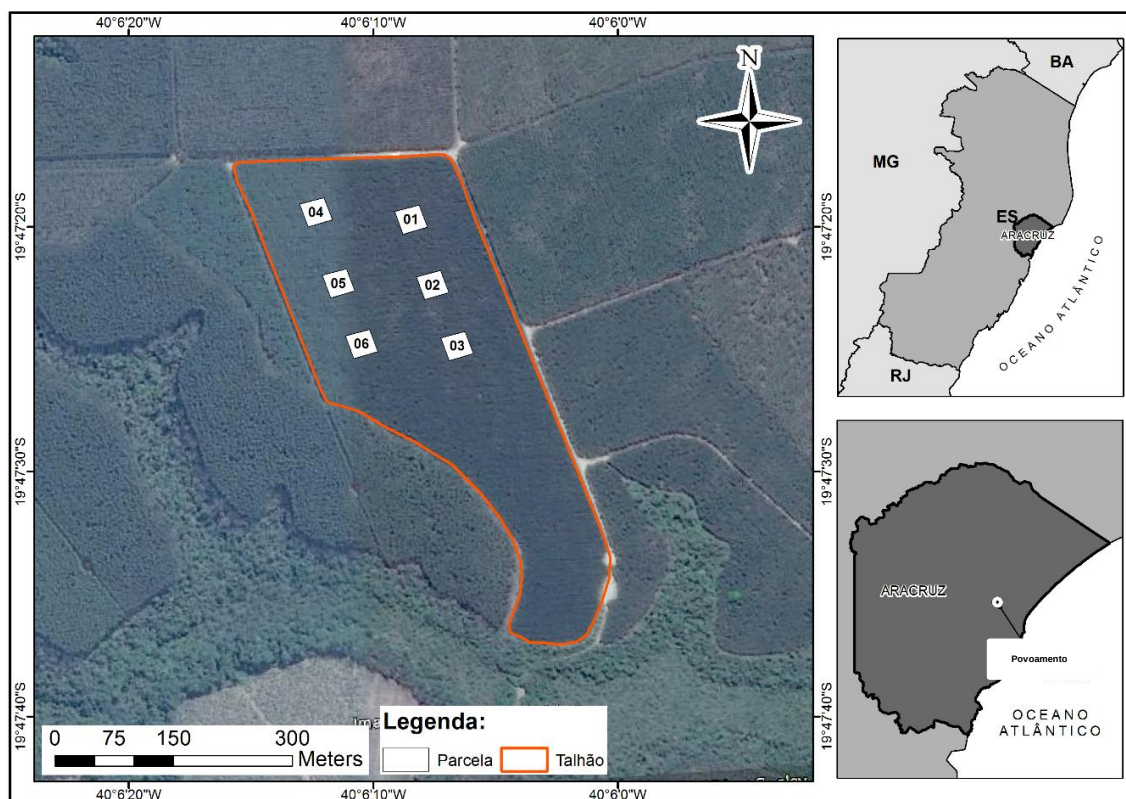
2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

2.1.1. Localização do povoamento

O estudo foi desenvolvido em um povoamento comercial do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, situado no município de Aracruz, região litorânea do estado do Espírito Santo (19° 48' S, 40° 17' W) (Figura 1). Historicamente, essa área era composta por uma Floresta Tropical Subperenifólia, situada na microbacia do rio Piraqueaçu, sendo que o primeiro ciclo com a espécie do gênero *Eucalyptus* iniciou-se na década de oitenta.

Figura 1. 1. Talhão de localização do povoamento comercial do híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, em Aracruz, ES



Fonte: Google Earth (2013), adaptado pelo autor.

O preparo do solo entre o ciclo de 1996 a 2002 foi realizado por meio de um coveamento mecanizado. Os plantios posteriores aos de 2002 tiveram preparo do solo por meio da aplicação de uma subsolagem a 80 cm de profundidade. O solo do local foi caracterizado por uma baixa fertilidade. Na tabela 1.1. constam alguns atributos do solo antes da implantação da primeira rotação do povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, no ano de 2002.

Tabela 1. 1. Atributos químicos do solo de amostras coletadas antes da implantação do povoamento híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, no ano de 2002

Camada (cm)	pH (H ₂ O)	Ca ²⁺ (mmol _c dm ⁻³)	Mg ²⁺ (mmol _c dm ⁻³)	P (mg dm ⁻³)	K ⁺ (mg dm ⁻³)	MO* (%)
0-20	3,9	3,2	1,3	5,0	7,8	2,4
20-40	3,9	2,7	1,2	5,0	3,9	2,0

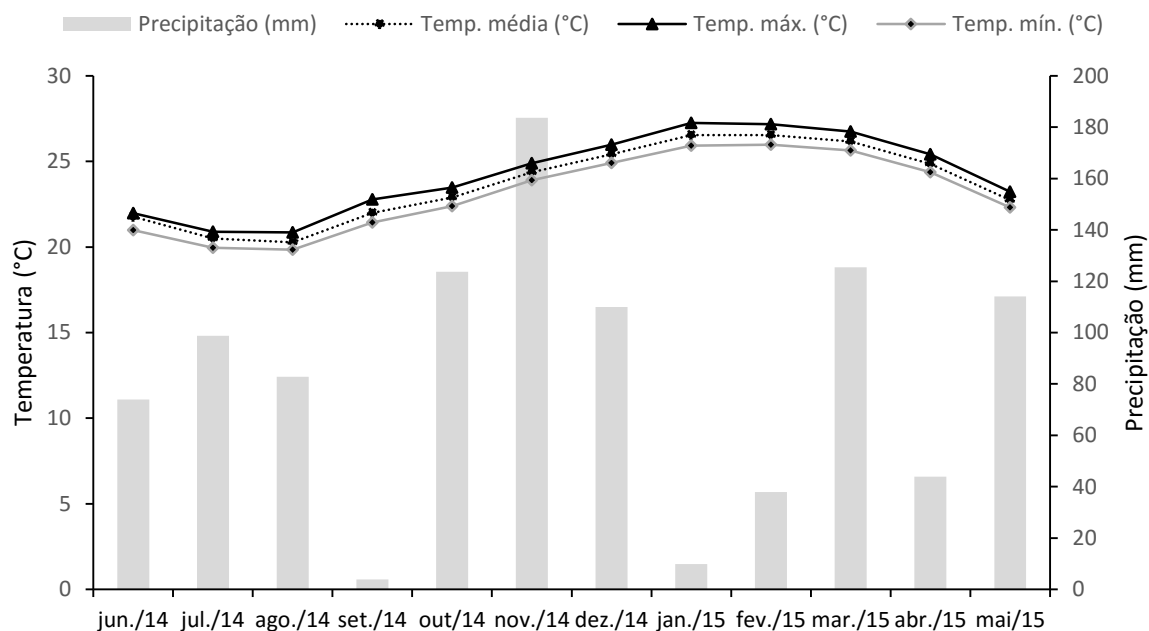
*MO = Matéria orgânica

Fonte: Banco de dados de fertilidade do solo da Fibria Celulose S.A.

2.1.2. Características edafoclimáticas

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é caracterizado como tipo Aw; tropical úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno (ALVARES et al., 2013). A temperatura média do ar anual é de 23 °C e o índice pluviométrico anual é de 1200 mm (INCAPER, 2015). Durante o período de coleta dos dados de serapilheira, de junho de 2014 a maio de 2015, foi observado variação mensal nos valores de temperatura e na precipitação (Figura 1.2.), com pico no mês de novembro de 2014.

Figura 1. 2. Perfil da precipitação (mm) e de temperatura do ar (°C) do período de estudo, no povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, Aracruz, ES



Fonte: Banco de dados da estação meteorológica da Fibria Celulose S. A.

Os dados dos elementos climáticos velocidade do vento (média e máxima), precipitação, temperatura do ar (mínima, média e máxima), umidade do ar (mínima, média e máxima) e radiação solar global, no período de realização do estudo foram obtidas na Estação Meteorologia de Aracruz. Localizada a ± 2 Km de distância do povoamento *Eucalyptus* (Tabela 1. 2.), a área do povoamento possui relevo plano, com altitude média de 34 m, sendo o solo caracterizado como Argissolo Amarelo Distrocoeso típico A moderado, bem drenado com textura média/argilosa (EMBRAPA, 2013).

Tabela 1. 2. Valores mensais médios, mínimos e máximos dos elementos climáticos durante o período de estudo (junho/2014 a maio/2015), no povoamento do híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, em Aracruz, ES

Elementos climáticos	Mínima	Média	Máxima
Velocidade Vento (máx.) (m/s)	3,29	5,05	10,11
Velocidade Vento (méd.) (m/s)	1,24	1,89	3,31
Precipitação total (mm)	3,81	83,99	183,65
Temperatura do ar (méd.) (°C)	20,27	23,67	26,54
Temperatura do ar (máx.) (°C)	20,85	24,22	27,26
Temperatura do ar (mín.) (°C)	19,85	23,14	25,98
Umidade do ar (méd.) (%)	34,80	81,49	89,83
Umidade do ar (máx.) (%)	35,80	83,57	91,75
Umidade do ar (mín.) (%)	33,73	79,09	87,59
Radiação solar global (média) (W/m ²)	138,04	212,02	306,35

Fonte: Banco de dados da estação meteorológica da Fibria Celulose S. A.

2.1.3. Implantação da rotação avaliada

A pesquisa foi realizada com materiais genéticos proveniente dos híbridos clonais *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* doravante denominados “urograndis”. O plantio do povoamento foi em uma área de 9,6 ha, sendo implantado em abril de 2012, com espaçamento de 3,0 x 3,0 m, e uma densidade de 1.111 plantas ha⁻¹, tendo por objetivo a produção de celulose e papel. A Tabela 1.3. Apresentam os resultados da análise dos atributos químicos do solo realizada três meses após a implantação da segunda rotação.

Tabela 1. 3. Atributos químicos do solo na área de estudo, após a implantação da segunda rotação do povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, Aracruz, ES

Camada cm	pH H ₂ O	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na	H+Al	CTC _{pH7}	P	K ⁺	V
					cmol _c dm ⁻³			mg dm ⁻³		
0 – 5	5,5	0,3	1,8	0,4	27,5	3,5	5,9	8,8	44,7	40,3
5 – 10	5,0	0,8	1,2	0,2	20,2	3,8	5,4	5,7	32,3	28,9
10 – 20	4,8	1,0	0,6	0,1	14,8	3,8	4,6	3,5	22,0	18,9
20 – 40	4,6	1,3	0,3	0,1	13,0	3,8	4,3	2,3	16,2	12,9

Em que: Al = alumínio; Ca = Cálcio; Mg = Magnésio; Na = Sódio; Al+H = Acidez potencial; CTC_{pH7} = Capacidade de troca catiônica a pH 7,0; P = Fósforo; K = Potássio; V% = Saturação por bases; m% = Saturação por alumínio.

Para a implantação do povoamento realizou-se o preparo do solo por meio da subsolagem, com uso de uma haste subsoladora a 80 cm de profundidade.

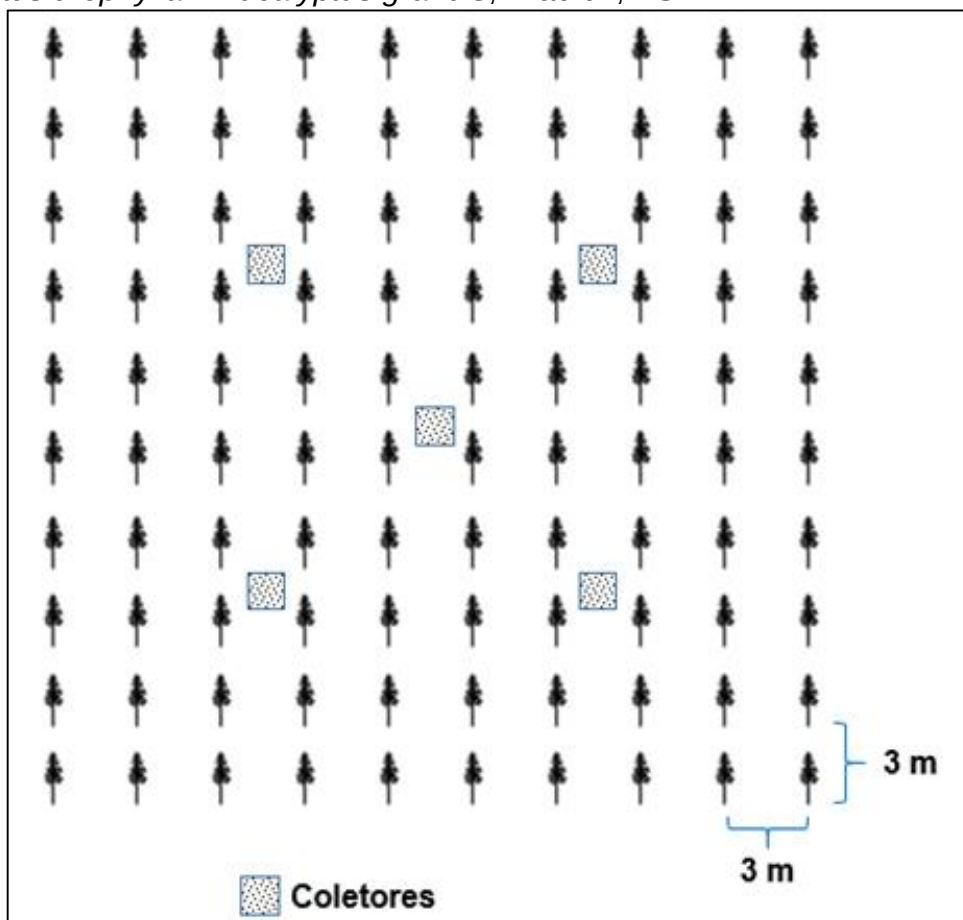
Juntamente com o preparo de solo, foi realizado a incorporação de 420 kg ha⁻¹ de fosfato natural reativo no sulco de preparo. Na ocasião do plantio adicionou-se 136 kg ha⁻¹ de NPK (06:30:06) com 0,7% Cu e 1% Zn, após 180 dias de plantio adicionou-se 312 kg ha⁻¹ de NPK (12:00:20) com 0,7% de Boro, em cobertura.

Após o plantio, foram realizados tratos silviculturais como capina química em toda a área, com a aplicação de glifosato, e outras duas aplicações de glifosato aos quatro e 10 meses de idade do povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. Realizou-se também operações de controle a formigas antes e após o plantio, sendo realizado o monitoramento até o estabelecimento da floresta.

2.2. AMOSTRAGEM DA SERAPILHEIRA DEPOSITADA

Para a quantificação da serapilheira depositada foram demarcadas seis parcelas (30 x 30 m), totalizando 0,54 ha amostrado em todo o estudo. Cada parcela era composta por 100 árvores. Visando minimizar o efeito de borda, alocou-se as parcelas a uma distância mínima de 20 metros da estrada, utilizada para o transporte de madeira. Para essa avaliação foram distribuídos cinco coletores por parcela, sendo dispostos de forma sistemática, com um coletor em cada vértice e um no centro, sendo os coletores dos vértices alocados após a terceira linha de plantio (Figura 1.3) (SCORIZA et al., 2012).

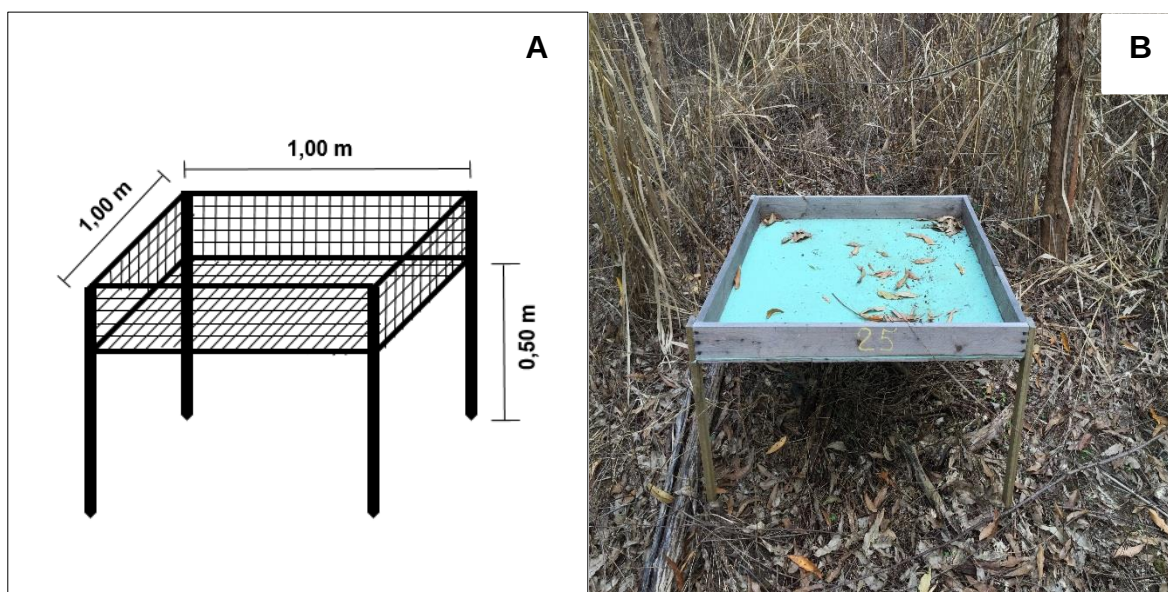
Figura 1. 3. Croqui da localização dos coletores dentro parcela, no povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, Aracruz, ES



Fonte: o autor.

Os coletores foram confeccionados em madeira no formato quadrado com 1,00 m de lado e 0,50 m de altura do solo, com telas de nylon de 2 mm (Figura 2.2.), procedimentos adaptados de Neves (2012), Lopes, Domingos e Vuono (2002) e Scoriza et al. (2012). Foram realizadas coletas de serapilheira depositada mensalmente, no período de junho de 2014, período em que o povoamento estava com 27 meses de idade, até maio de 2015, aos 38 meses, compreendendo um ano de dados amostrados.

Figura 1. 4. (A) dimensões do coletor e (B) coletor de serapilheira depositada dentro da parcela



Fonte: o autor.

O material coletado foi acondicionado em sacos plásticos, devidamente identificados e encaminhados para ao laboratório do núcleo de pesquisas científicas e tecnológicas em meio ambiente, silvicultura e ecologia da Universidade Federal do Espírito Santo. Posteriormente, foi realizada uma triagem do material depositado, sendo separado em duas frações: folhas/miscelânea e galhos. A fração folhas/miscelâneas foi constituída de folhas secas e em estado de decomposição, material reprodutivo, frutos e demais materiais vegetais para os quais não foi possível identificar a origem do material, e a fração galhos é composta apenas de galhos com diâmetro menor que 2 cm, com casca (DELARMELINA, 2015).

Após o processo de triagem, as amostras foram transferidas para sacos de papel pardo devidamente identificados e pesados, colocadas em uma estufa de circulação de ar forçado a $\pm 70^{\circ}\text{C}$, até alcançar peso constante (aproximadamente 72 horas). Em seguida foram pesadas em balança de precisão para a obtenção da biomassa seca.

A quantificação de biomassa da serapilheira depositada foi realizada mensalmente por meio da Equação 1 (LOPES; DOMINGOS; VUONO, 2002). Em seguida as amostras, foram fragmentadas em moinho do tipo Willey, passadas em peneiras de malha 1,00 mm (20 mesh) e armazenadas para posterior análise química de nutrientes (TEDESCO et al., 1995).

$$PS = (\sum PMS \times 10.000) / Ac \quad (1.1.)$$

Em que:

PS = Produção de serapilheira ($\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$);

PMS = Produção mensal de serapilheira (kg mês^{-1});

Ac= Área do coletor (m^2).

2.3. TEOR E CONTEÚDO DE NUTRIENTE DA SERAPILHEIRA

Para a análise química, o material contido nos cinco coletores de cada parcela foi unificado formando uma amostra composta por parcela e mês, sendo um total de 72 análises químicas de nutrientes no período de um ano. As análises químicas para obtenção dos teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S), micronutrientes (Fe, Cu, Mn, Zn, B, Mo) e sódio da serapilheira depositada foram realizadas no Laboratório de Análise Agronômica, Ambiental e Preparo de Soluções Químicas - FULLIN, em Linhares, ES. Os teores dos nutrientes foram expressos em g kg^{-1} para os macronutrientes e mg kg^{-1} para os micronutrientes da serapilheira depositada. A quantidade dos nutrientes ($\text{kg ha}^{-1} \text{mês}^{-1}$) foi obtida por meio da Equação 2.2. (CUEVAS; MEDINA, 1986).

$$CTD = TNS \times BSD \quad (1.2.)$$

Em que:

CTD = Conteúdo de nutrientes transferidos para o solo;

TNS = Teor do nutriente na serapilheira (mg kg^{-1} ; g kg^{-1});

BSD = Biomassa seca da serapilheira depositada (kg ha^{-1}).

Após calcular quantidade de nutrientes depositada pelas diferentes frações da serapilheira, foi realizado o cálculo de eficiência do uso de nutrientes para cada fração (Equação 1.3.) (VITOUSEK, 1982).

$$EUN = LF/NF \quad (1.3.)$$

Em que:

EUN = Eficiência do uso de nutrientes

LF = massa seca da serapilheira produzida ($\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$);

NF = quantidade de nutrientes na serapilheira produzida ($\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$).

2.3. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

De posse dos valores mensais de deposição de serapilheira, teores e conteúdos dos macros, micronutrientes e Na, foram calculados os valores médios mensais e anuais, desvios padrões e coeficientes de variação da deposição de serapilheira, dos teores e das quantidades transferida ao solo, nas duas frações e no seu total (LOPES; DOMINGOS; VUONO, 2002). Foi também, calculado a porcentagem de contribuição de cada fração na serapilheira produzida.

Realizou-se a aplicação do teste Scott-Knott ao nível de 5% de significância para comparar a variação mensal de biomassa seca (valores médios), para os teores e conteúdos de nutrientes devolvidos ao solo, ao longo do ano. Para avaliar a influência das variáveis climáticas nos processos de produção de serapilheira ao longo do ano, foi calculada uma matriz de correlação de Spearman entre a produção de serapilheira (total e frações) e as variáveis climáticas. As análises estatísticas foram realizadas por meio do programa Assistat 7.7, ao nível de 5% de probabilidade de erro (SILVA, 2015).

3. RESULTADOS

3.1. PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA

A produção de serapilheira embora composta por uma única espécie, teve variação durante os doze meses de coleta, com valores médios mensais entre 72,91 e 730,95 kg ha⁻¹, para a fração folhas/miscelânea, entre 12,65 e 311,57 kg ha⁻¹, para a fração galhos, e entre 130,45 e 768,21 kg ha⁻¹ para o total (Tabela 1.4.). A biomassa de todas as frações e o seu total tiveram diferenças estatísticas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Tabela 1. 4. Aporte médio por fração e total da serapilheira depositada (kg ha⁻¹) em doze meses, em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, Aracruz, ES

Mês/ano	Folhas/miscelânea kg ha ⁻¹			Galhos kg ha ⁻¹			Total kg ha ⁻¹		
jun./14	730,95	a*	± 103,40**	37,26	d	± 21,01	768,21	a	± 102,60
jul./14	117,80	e	± 26,98	12,65	d	± 11,76	130,45	e	± 33,41
ago./14	127,03	e	± 33,77	50,91	d	± 30,94	177,94	e	± 61,87
set./14	310,58	d	± 86,82	171,44	b	± 40,55	482,02	b	± 118,40
out./14	374,14	c	± 86,73	311,57	a	± 44,60	685,70	a	± 100,17
nov./14	259,75	d	± 42,05	73,48	c	± 25,39	333,22	c	± 60,55
dez./14	131,39	e	± 27,04	106,81	c	± 48,76	238,19	d	± 70,02
jan./15	331,39	c	± 42,39	99,51	c	± 24,40	430,91	b	± 30,21
fev./15	449,96	b	± 80,91	162,78	b	± 60,02	612,74	a	± 128,25
mar./15	72,91	f	± 16,58	87,41	c	± 34,91	160,31	e	± 35,91
abr./15	135,11	e	± 18,60	102,35	d	± 144,13	237,46	d	± 150,21
maio/15	444,17	b	± 25,17	96,25	c	± 87,39	540,42	b	± 105,36
Total**	3485,17			1312,41			4797,58		
Média	290,43			109,37			399,80		
s***	192,22			78,43			218,74		
CV(%)****	66,18			71,71			54,71		

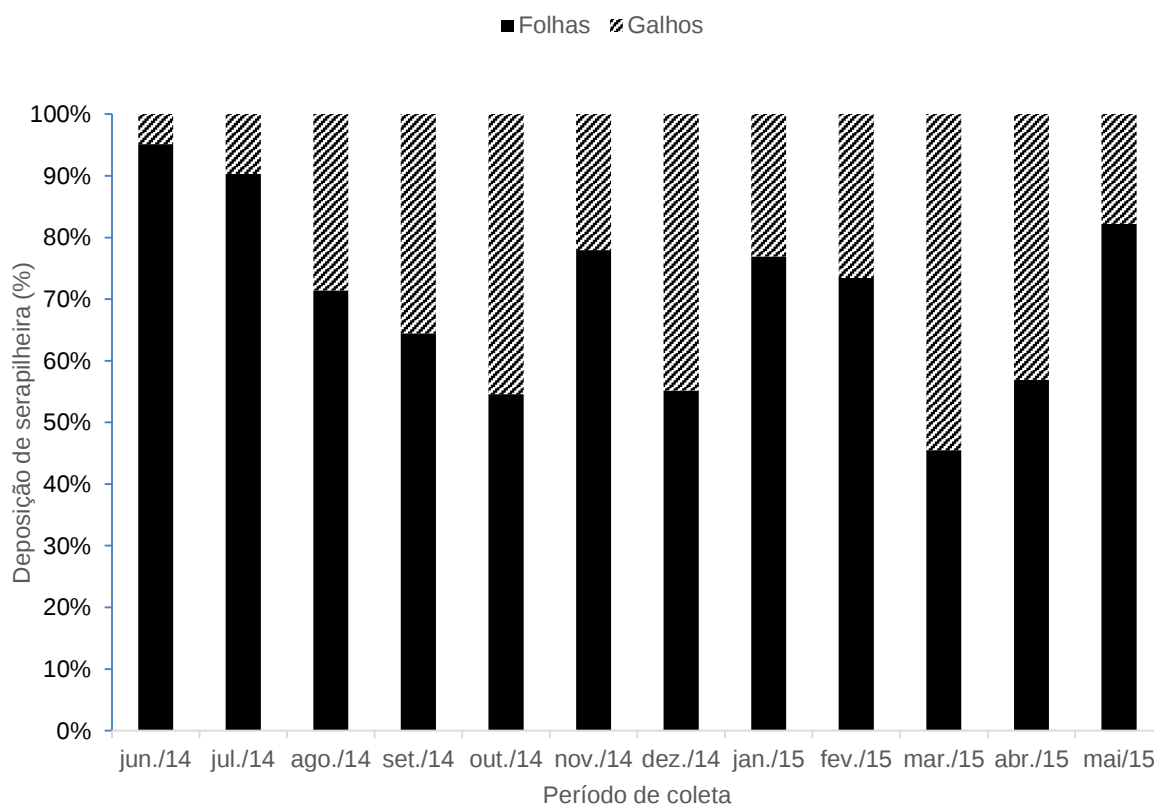
*Valores seguidos pela mesma letra nas colunas, são estatisticamente iguais pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). ** (kg ha⁻¹ ano⁻¹). ***desvio padrão da média por coleta. **** Coeficiente de variação.

A fração folhas/miscelânea contribuíram com 72,64% (3.485,17kg ha⁻¹ ano⁻¹), de toda a serapilheira depositada aos doze meses de estudo. Com pico de deposição de 730,95 kg ha⁻¹ mês⁻¹ (junho/2014), diferenciando estatisticamente de todos os meses do presente estudo (Tabela 1.4.). A contribuição da biomassa da fração galhos foi de 27,36 % (1.312,41 kg ha⁻¹ ano⁻¹), quase três vezes menor do que a fração folhas,

tendo a sua maior deposição no mês de outubro de 2014, diferenciando estaticamente de todos os outros meses (Tabela 1.4.).

Avaliando a deposição média mensal relativa, observou-se que a biomassa da fração galhos foi superior a da fração folhas/miscelânea somente no mês de março de 2015. Valores próximos de produção das frações folhas/miscelânea e galhos, foram encontrados nos meses de outubro, dezembro de 2014 e abril de 2015. Entretanto, os restantes dos meses do presente estudo, foram compostos por valores superiores a 60% para a biomassa da fração folhas/miscelânea (Figura 1.5.).

Figura 1. 5. Média da relação mensal de deposição entre as frações folhas/miscelânea e galhos, em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, Aracruz, ES



Fonte: o autor.

No período avaliado, verificou-se que nenhum dos elementos climáticos amostrados no mesmo mês de coleta influenciaram de forma significativa a deposição total e da fração folhas/miscelânea. Sendo observado, dentro deste mesmo período,

uma correlação significativa para a fração galhos, com efeito negativo para umidade do ar mínima e positivo para radiação solar (Tabela 1.5.).

Entretanto, quando se correlacionou a deposição da serapilheira com os elementos climáticas de um mês anterior, foi observado correlações significativas negativamente para a serapilheira total e para a fração folhas/miscelânea. Tendo correlações com as variáveis umidade do ar (mínima, média e máxima), ou seja, quanto menor a umidade do ar maior a deposição de serapilheira total e da fração folhas/miscelânea (Tabela 1.5.).

Para todas as correlações da deposição de serapilheira com os elementos climáticas do período de dois até cinco meses anteriores, foi observado apenas uma correlação significativa negativamente, entre a o total de deposição e a precipitação (Tabela 1.5.).

Tabela 1. 5. Correlação de Spearman entre frações da serapilheira e as variáveis climáticas, ao longo dos doze meses, em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, Aracruz, ES

Variáveis climáticas	Folha/miscelânea					
	Mesmo mês	1 mês antes	2 meses antes	3 meses antes	4 meses antes	5 meses antes
Velocidade Vento (máx.) (m/s)	-0,05 ^{1ns}	0,02 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,07 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	0,11 ^{ns}
Velocidade Vento (méd.) (m/s)	-0,03 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,05 ^{ns}
Precipitação total (mm)	-0,31 ^{ns}	-0,37 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,12 ^{ns}	-0,41 ^{ns}	-0,49 ^{ns}
Temperatura do ar (méd.) (°C)	0,09 ^{ns}	0,22 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,07 ^{ns}
Temperatura do ar (máx.) (°C)	0,09 ^{ns}	0,22 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Temperatura do ar (mín.) (°C)	0,11 ^{ns}	0,15 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,07 ^{ns}
Umidade do ar (méd.) (%)	-0,20 ^{ns}	-0,61*	0,45 ^{ns}	0,38 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	-0,26 ^{ns}
Umidade do ar (máx.) (%)	-0,23 ^{ns}	-0,50*	0,43 ^{ns}	0,30 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	-0,30 ^{ns}
Umidade do ar (mín.) (%)	-0,14 ^{ns}	-0,69**	0,36 ^{ns}	0,34 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	-0,14 ^{ns}
Radiação solar (média) (W/m ²)	-0,03 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,06 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,26 ^{ns}
	Galhos					
	Mesmo mês	1 mês antes	2 meses antes	3 meses antes	4 meses antes	5 meses antes
Velocidade Vento (máx.) (m/s)	0,28 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,22 ^{ns}
Velocidade Vento (méd.) (m/s)	0,45 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,05 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	-0,14 ^{ns}
Precipitação total (mm)	-0,25 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,19 ^{ns}	-0,06 ^{ns}
Temperatura do ar (méd.) (°C)	0,47 ^{ns}	0,10 ^{ns}	-0,28 ^{ns}	-0,39 ^{ns}	-0,43 ^{ns}	-0,48 ^{ns}
Temperatura do ar (máx.) (°C)	0,47 ^{ns}	0,10 ^{ns}	-0,29 ^{ns}	-0,40 ^{ns}	-0,44 ^{ns}	-0,48 ^{ns}
Temperatura do ar (mín.) (°C)	0,49 ^{ns}	0,07 ^{ns}	-0,26 ^{ns}	-0,41 ^{ns}	-0,43 ^{ns}	-0,48 ^{ns}
Umidade do ar (méd.) (%)	-0,40 ^{ns}	-0,39 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,00 ^{ns}	-0,27 ^{ns}
Umidade do ar (máx.) (%)	-0,16 ^{ns}	-0,30 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,25 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	-0,30 ^{ns}
Umidade do ar (mín.) (%)	-0,58*	-0,41 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,23 ^{ns}	-0,09 ^{ns}
Radiação solar (média) (W/m ²)	0,53*	0,22 ^{ns}	-0,41 ^{ns}	-0,48 ^{ns}	-0,48 ^{ns}	-0,48 ^{ns}
	Total					
	Mesmo mês	1 mês antes	2 meses antes	3 meses antes	4 meses antes	5 meses antes
Velocidade Vento (máx.) (m/s)	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,09 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Velocidade Vento (méd.) (m/s)	0,06 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,02 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	-0,08 ^{ns}
Precipitação total (mm)	-0,20 ^{ns}	-0,43 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,13 ^{ns}	-0,35 ^{ns}	-0,52*
Temperatura do ar (méd.) (°C)	0,07 ^{ns}	0,10 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	-0,25 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Temperatura do ar (máx.) (°C)	0,07 ^{ns}	0,10 ^{ns}	-0,28 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	-0,08 ^{ns}
Temperatura do ar (mín.) (°C)	0,09 ^{ns}	0,05 ^{ns}	-0,19 ^{ns}	-0,22 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Umidade do ar (méd.) (%)	-0,27 ^{ns}	-0,71**	0,36 ^{ns}	0,48 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	-0,29 ^{ns}
Umidade do ar (máx.) (%)	-0,27 ^{ns}	-0,61*	0,30 ^{ns}	0,36 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	-0,32 ^{ns}
Umidade do ar (mín.) (%)	-0,22 ^{ns}	-0,80**	0,31 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,15 ^{ns}
Radiação solar (média) (W/m ²)	0,03 ^{ns}	0,43 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,27 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	0,09 ^{ns}

¹Coefficiente de correlação de Spearman; ns: não significativo pelo teste t (p≤0,01); * Significativo pelo teste t (p≤0,01); ** Significativo pelo teste t (p≤0,05).

3.2. TEORES DE NUTRIENTES DA SERAPILHEIRA

As diferentes frações da serapilheira depositada tiveram teores de nutrientes variáveis durante os meses do ano. Para a fração folhas/miscelânea o nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre foram os macronutrientes que obtiveram coeficientes de variações temporais superiores a 20%, considerado como uma alta variação (Tabela 1.6.). Para os teores de cálcio e magnésio os coeficientes de variação entre as médias mensais tiveram variações consideradas como médias, por ficarem abaixo de 20% no período de estudo.

O maior teor dos macronutrientes na fração folhas/miscelânea foi o nitrogênio, que teve o teor máximo no mês de dezembro de 2014, sendo $17,63 \text{ g kg}^{-1}$, diferenciando estatisticamente de todos os meses avaliado no período de estudo. O potássio teve a maior amplitude de variação entre os macronutrientes ($\text{CV} = 31,77\%$), com teores entre $1,16$ e $4,61 \text{ g kg}^{-1}$. A menor amplitude de variação foi observada para o magnésio ($\text{CV} = 12,51\%$), com teores variando entre $2,31$ e $3,60 \text{ g kg}^{-1}$.

Na fração galhos, foram observadas variações temporais similares com as apresentadas para a fração folhas/miscelânea com exceção do magnésio, que passou de média para alta variação, por ter coeficiente de variação superior a 20% (Tabela 1.7.). A maior variação nos teores foi observada no enxofre ($31,83\%$) e a menor no cálcio ($16,58\%$).

O manganês foi o micronutriente que teve maior teor médio anual de deposição nas duas frações em estudo, com variações mensais para a fração folhas/miscelânea entre $144,59$ e $417,32 \text{ mg kg}^{-1}$ e galhos entre $93,89$ a $213,64 \text{ mg kg}^{-1}$. O mês de abril de 2015 correspondeu para a menor deposição em ambas as frações de estudo. O micronutriente com menor teor para as duas frações estudadas foi o molibdênio, com média de $0,20 \text{ mg kg}^{-1}$ para a fração folhas/miscelânea e $0,14 \text{ mg kg}^{-1}$ para a fração galhos (Tabela 1.8. e 1.9.), observou-se uma diferença entre os teores nas duas frações.

O sódio foi nutriente que mesmo não se enquadrando como um nutriente essencial teve seus teores superiores aos de manganês nas duas frações em estudo, sendo que para a fração folhas/miscelânea foi observado uma variação entre $369,1$ e $1831,0 \text{ mg kg}^{-1}$ (Tabela 1.8. e 1.9.). O teor máximo observado para a fração

folhas/miscelânea foi no mês de janeiro de 2015, diferenciando estatisticamente de todos os meses avaliado neste estudo (Tabela 1.8.).

Considerando as médias mensais dos teores dos macronutrientes, obteve-se para a fração folhas/miscelânea a seguinte ordem relativa $N > Ca > K > Mg > S > P$ (Tabela 1.6.), e para a fração galhos $Ca > N > K > Mg > S > P$ (Tabela 1.7.). A ordem de teor de micronutrientes na fração folhas/miscelânea foi de $Mn > Fe > B > Zn > Cu > Mo$ (Tabela 1.8.) e para a fração galhos a ordem relativa de teor foi de: $Mn > Fe > Zn > B > Cu > Mo$ (Tabela 1.9.).

Tabela 1. 6. Teores médios mensais dos macronutrientes na fração folhas/miscelânea, em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, Aracruz, ES

Mês/ano	N			P			K		
	g kg ⁻¹								
jun./14	9,38	d*	± 0,55**	0,60	c	± 0,07	4,27	a	± 0,34
jul./14	14,58	b	± 2,29	0,75	b	± 0,09	2,58	d	± 0,24
ago./14	14,67	b	± 0,38	0,87	a	± 0,10	3,11	c	± 0,21
set./14	11,13	c	± 1,63	0,65	c	± 0,15	2,41	d	± 0,21
out./14	11,01	c	± 1,5	0,66	c	± 0,12	2,73	d	± 0,13
nov./14	11,69	c	± 1,64	0,56	c	± 0,04	1,16	f	± 0,08
dez./14	17,63	a	± 2,21	0,89	a	± 0,11	3,47	b	± 0,89
jan./15	9,92	d	± 1,35	0,62	c	± 0,12	4,61	a	± 0,17
fev./15	10,80	c	± 0,98	0,67	c	± 0,08	2,98	c	± 0,36
mar./15	12,40	b	± 0,79	0,78	b	± 0,13	3,27	c	± 0,35
abr./15	10,09	d	± 1,79	0,37	d	± 0,07	1,89	e	± 0,19
maio/15	9,96	d	± 0,91	0,57	c	± 0,09	3,56	b	± 0,14
Média	11,94			0,67			3,00		
S***	2,48			0,14			0,95		
CV(%)****	20,8			21,36			31,77		

Mês/ano	Ca			Mg			S		
	g kg ⁻¹								
jun./14	10,08	c	± 0,58	2,59	d	± 0,14	1,49	c	± 0,08
jul./14	10,57	c	± 0,61	2,59	d	± 0,09	1,48	c	± 0,35
ago./14	9,78	c	± 0,52	2,95	c	± 0,10	1,81	b	± 0,06
set./14	10,09	c	± 0,53	2,58	d	± 0,16	1,41	c	± 0,09
out./14	11,12	b	± 0,43	3,00	c	± 0,16	1,60	c	± 0,07
nov./14	10,56	c	± 0,34	2,31	e	± 0,15	1,41	c	± 0,07
dez./14	7,78	e	± 0,57	2,72	d	± 0,14	1,93	b	± 0,25
jan./15	9,32	d	± 0,47	3,20	b	± 0,08	1,22	d	± 0,05
fev./15	12,03	a	± 1,28	3,26	b	± 0,32	1,95	b	± 0,12
mar./15	10,51	c	± 0,74	3,60	a	± 0,23	2,25	a	± 0,09
abr./15	7,20	e	± 0,38	2,74	d	± 0,31	1,06	d	± 0,16
maio/15	9,16	d	± 0,84	2,78	d	± 0,29	1,17	d	± 0,11
Média	9,85			2,86			1,57		
S***	1,35			0,36			0,35		
CV(%)****	13,69			12,51			22,67		

*Valores seguidos pela mesma letra nas colunas, são estatisticamente iguais pelo teste de Scott-Knott (p≤0,05). **Desvio padrão da média por coleta. ***Desvio padrão da média dos tratamentos. ****Coeficiente de variação.

Em que: N = nitrogênio; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; S = enxofre.

Tabela 1. 7. Teores médios mensais dos macronutrientes na fração galhos, em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, Aracruz, ES

Mês/ano	N			P			K		
	g kg ⁻¹			g kg ⁻¹			g kg ⁻¹		
jun./14	2,84	d*	± 0,54**	0,26	b	± 0,10	3,31	a	± 1,50
jul./14	4,85	b	± 0,96	0,23	b	± 0,07	3,09	a	± 0,97
ago./14	5,18	b	± 0,6	0,30	a	± 0,04	3,54	a	± 0,45
set./14	3,45	d	± 0,55	0,26	b	± 0,07	2,39	a	± 0,38
out./14	4,10	c	± 0,98	0,35	a	± 0,12	3,28	a	± 0,55
nov./14	4,64	b	± 0,58	0,37	a	± 0,11	2,38	a	± 0,21
dez./14	4,11	c	± 1,19	0,31	a	± 0,05	2,98	a	± 0,68
jan./15	4,56	b	± 0,54	0,31	a	± 0,09	2,85	a	± 0,36
fev./15	4,94	b	± 0,52	0,35	a	± 0,11	3,01	a	± 0,49
mar./15	4,13	c	± 0,99	0,33	a	± 0,14	3,02	a	± 1,01
abr./15	4,08	c	± 0,70	0,15	b	± 0,02	0,70	b	± 0,25
maio/15	6,51	a	± 1,85	0,37	a	± 0,14	2,95	a	± 0,43
Média	4,45			0,30			2,79		
S***	0,92			0,07			0,74		
CV(%)****	20,64			21,79			26,48		

Mês/ano	Ca			Mg			S		
	g kg ⁻¹			g kg ⁻¹			g kg ⁻¹		
jun./14	6,09	b	± 1,47	0,64	c	± 0,12	0,52	c	± 0,20
jul./14	7,18	b	± 1,19	0,74	c	± 0,12	0,45	c	± 0,07
ago./14	7,96	a	± 1,89	0,83	c	± 0,21	0,60	b	± 0,11
set./14	7,82	a	± 0,56	0,81	c	± 0,13	0,47	c	± 0,04
out./14	7,15	b	± 0,72	0,84	c	± 0,09	0,54	c	± 0,08
nov./14	7,42	b	± 0,58	1,06	b	± 0,14	0,70	b	± 0,06
dez./14	5,81	b	± 0,88	0,82	c	± 0,11	0,58	b	± 0,08
jan./15	7,19	b	± 1,58	0,91	c	± 0,16	0,63	b	± 0,11
fev./15	8,60	a	± 2,26	1,04	b	± 0,26	1,12	a	± 0,15
mar./15	7,01	b	± 2,45	0,77	c	± 0,20	1,02	a	± 0,16
abr./15	6,73	b	± 1,49	0,90	c	± 0,19	0,58	b	± 0,11
maio/15	10,55	a	± 3,09	1,35	a	± 0,80	0,70	b	± 0,19
Média	7,46			0,89			0,66		
S***	1,24			0,18			0,21		
CV(%)****	16,58			20,73			31,83		

*Valores seguidos pela mesma letra nas colunas, são estatisticamente iguais pelo teste de Scott-Knott (p≤0,05). **Desvio padrão da média por coleta. ***Desvio padrão da média dos tratamentos. ****Coeficiente de variação.

Em que: N = nitrogênio; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; S = enxofre.

Tabela 1. 8. Teores médios mensais dos micronutrientes e sódio na fração folhas/miscelânea, em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, Aracruz, ES

Mês/ano	Cu			Fe			Mn			Mo		
	mg kg ⁻¹											
jun./14	4,77	b*	± 0,21**	135,13	c	± 29,47	289,64	b	± 50,54	0,48	a	± 0,63
jul./14	1,35	e	± 0,27	130,93	c	± 35,71	314,09	b	± 48,09	0,17	b	± 0,06
ago./14	1,15	e	± 0,16	128,32	c	± 14,11	312,23	b	± 47,59	0,18	b	± 0,02
set./14	2,68	d	± 0,27	120,28	c	± 13,34	336,05	b	± 65,86	0,07	b	± 0,03
out./14	2,76	d	± 0,09	143,60	c	± 8,66	397,54	a	± 75,74	0,19	b	± 0,04
nov./14	3,03	d	± 0,17	141,73	c	± 10,61	347,76	a	± 62,98	0,19	b	± 0,02
dez./14	3,17	d	± 0,93	124,29	c	± 16,75	278,78	b	± 39,91	0,18	b	± 0,03
jan./15	3,22	d	± 0,14	114,48	c	± 9,04	353,91	a	± 67,05	0,06	b	± 0,05
fev./15	2,96	d	± 0,13	401,82	a	± 131,53	417,32	a	± 113,09	0,19	b	± 0,04
mar./15	3,69	c	± 0,49	310,38	b	± 95,92	317,40	b	± 68,05	0,19	b	± 0,06
abr./15	3,71	c	± 0,19	196,28	c	± 40,79	144,59	c	± 19,21	0,15	b	± 0,04
maio/15	5,52	a	± 1,07	177,30	c	± 49,20	285,05	b	± 71,75	0,37	a	± 0,07
Média	3,17			177,0			316,2			0,201		
s***	1,23			89,04			68,89			0,12		
CV(%)****	38,72			50,29			21,79			57,79		

Mês/ano	Na			Zn			B		
	mg kg ⁻¹								
jun./14	1177,0	c	± 71,51	17,25	c	± 1,39	66,15	b	± 4,26
jul./14	546,9	e	± 60,80	24,89	a	± 1,28	45,00	d	± 2,59
ago./14	912,7	d	± 66,28	23,01	b	± 1,08	51,56	c	± 5,62
set./14	926,3	d	± 79,64	14,76	d	± 0,54	63,94	b	± 5,37
out./14	1185,0	c	± 112,94	16,36	c	± 1,06	79,14	a	± 3,08
nov./14	369,1	f	± 15,13	6,894	e	± 0,43	45,92	d	± 3,24
dez./14	1136,0	c	± 124,55	15,85	d	± 1,10	54,53	c	± 4,51
jan./15	1831,0	a	± 89,27	15,69	d	± 0,99	81,85	a	± 4,05
fev./15	1123,0	c	± 106,56	22,65	b	± 1,98	69,74	b	± 8,26
mar./15	1271,0	b	± 159,10	22,60	b	± 1,88	63,79	b	± 6,42
abr./15	1017,0	d	± 92,26	16,33	c	± 0,32	51,19	c	± 7,61
maio/15	1281,0	b	± 80,65	15,02	d	± 1,16	9,023	e	± 0,82
Média	1065			17,61			56,82		
s***	370,40			4,97			19,27		
CV(%)****	34,79			28,25			33,92		

*Valores seguidos pela mesma letra nas colunas, são estatisticamente iguais pelo teste de Scott-Knott (p≤0,05). **Desvio padrão da média por coleta. ***Desvio padrão da média dos tratamentos. **** Coeficiente de variação.

Em que: Cu = cobre; Fe = ferro; Mn = manganês; Mo = molibdênio; Na = sódio; Zn = zinco; B = boro.

Tabela 1. 9. Teores médios mensais dos micronutrientes e sódio na fração galhos, em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, Aracruz, ES

Mês/ano	Cu			Fe			Mn			Mo		
	mg kg ⁻¹											
jun./14	4,93	a*	± 0,30**	35,63	b	± 17,69	105,90	b	± 38,99	0,13	b	± 0,03
jul./14	1,17	e	± 0,13	28,57	b	± 6,86	152,06	a	± 29,85	0,19	b	± 0,05
ago./14	1,40	e	± 0,93	61,16	b	± 32,67	146,86	a	± 25,56	0,17	b	± 0,03
set./14	2,20	d	± 0,15	42,11	b	± 6,04	141,05	a	± 20,28	0,01	d	± 0,01
out./14	3,11	c	± 0,17	47,44	b	± 13,49	158,91	a	± 33,10	0,17	b	± 0,02
nov./14	3,03	c	± 0,17	76,16	a	± 26,51	213,64	a	± 55,54	0,18	b	± 0,04
dez./14	3,11	c	± 0,20	47,89	b	± 15,25	151,08	a	± 32,98	0,16	b	± 0,04
jan./15	3,86	c	± 0,30	53,25	b	± 15,43	170,88	a	± 58,45	0,07	c	± 0,02
fev./15	3,44	c	± 0,20	95,79	a	± 51,31	180,24	a	± 87,39	0,16	b	± 0,03
mar./15	3,34	c	± 0,31	74,62	a	± 30,81	123,17	b	± 36,86	0,14	b	± 0,02
abr./15	4,22	b	± 0,39	109,6	a	± 13,30	93,89	b	± 20,51	0,09	c	± 0,04
maio/15	5,29	a	± 2,27	137,2	a	± 121,46	191,65	a	± 94,96	0,23	a	± 0,09
Média	3,26			67,45			152,4			0,14		
s***	1,25			32,7			34,44			0,06		
CV(%)****	38,35			48,47			22,59			42,46		

Mês/ano	Na			Zn			B					
	mg kg ⁻¹											
jun./14	662,6	b	± 293,44	18,72	b	± 4,07	11,71	b	± 2,94			
jul./14	459,0	c	± 58,43	23,27	a	± 5,00	14,85	b	± 2,40			
ago./14	589,3	b	± 89,00	28,56	a	± 5,66	16,71	a	± 2,48			
set./14	463,1	c	± 82,87	20,87	b	± 2,00	20,64	a	± 1,88			
out./14	955,4	a	± 184,55	22,37	b	± 2,30	19,14	a	± 1,74			
nov./14	714,6	b	± 77,70	16,14	b	± 2,35	18,36	a	± 1,59			
dez./14	800,6	a	± 86,64	19,43	b	± 2,88	17,14	a	± 2,48			
jan./15	904,4	a	± 226,44	21,34	b	± 3,52	20,05	a	± 2,22			
fev./15	1057	a	± 119,68	26,02	a	± 6,09	15,99	b	± 4,33			
mar./15	968,7	a	± 187,74	21,81	b	± 6,69	12,06	b	± 2,59			
abr./15	296,9	c	± 82,75	20,61	b	± 5,13	14,5	b	± 0,64			
maio/15	939,2	a	± 352,61	23,78	a	± 7,76	18,25	a	± 10,47			
Média	734,2			21,91			16,62					
s***	243,1			3,29			2,91					
CV(%)****	33,1			15,03			17,52					

*Valores seguidos pela mesma letra nas colunas, são estatisticamente iguais pelo teste de Scott-Knott (p≤0,05). **Desvio padrão da média por coleta. ***Desvio padrão da média dos tratamentos. **** Coeficiente de variação.

Em que: Cu = cobre; Fe = ferro; Mn = manganês; Mo = molibdênio; Na = sódio; Zn = zinco; B = boro.

3.3. QUANTIDADE DE NUTRIENTES NA SERAPILHEIRA DEPOSITADA

O conteúdo total de nutrientes devolvido ao solo por meio da serapilheira depositada durante os dozes meses, foi composto principalmente pela fração folhas/miscelânea, com uma contribuição de 82%, sendo o restante depositado pela fração galhos. (Tabela 1.10. a 1.15.). O retorno total de nutrientes na fração folhas/miscelânea foi estimado em $107,75 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, sendo $101,85 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (95 %) de macronutrientes e $5,9 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (5 %) de micronutrientes e sódio. Para a fração galhos foi estimado em $23,36 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, sendo $21,98 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (94 %) de macronutrientes e $1,39 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (6%) de micronutrientes.

Dentre os macronutrientes, o cálcio e o nitrogênio foram os elementos que tiveram as maiores transferências para a camada superficial do solo ($45,22$ e $43,88 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, respectivamente), juntos correspondem a 72% do total de macronutrientes devolvidos ao solo. O fósforo teve somente 2% ($2,61 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) de toda a quantidade transferida dentre os macronutrientes.

Em relação aos os micronutrientes, o manganês foi o mais devolvido ($1,35 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), em função de seu maior teor em relação aos demais, e o molibdênio o menos devolvido, sendo um elemento limitante, com um aporte por ano de $0,0010 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. O sódio devolveu ao solo via deposição de folhas/miscelânea e galhos foi $4,94 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, juntamente com os micronutrientes foram responsáveis por 6% de toda a transferência de nutrientes ao solo, nas duas frações estudadas.

A magnitude decrescente do conteúdo médio de nutrientes depositado na fração folhas/miscelânea foi de $\text{N} > \text{Ca} > \text{K} > \text{Mg} > \text{S} > \text{Na} > \text{P} > \text{Mn} > \text{Fe} > \text{B} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{Mo}$, e para a fração galhos foi de $\text{Ca} > \text{N} > \text{K} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{S} > \text{P} > \text{Mn} > \text{Fe} > \text{Zn} > \text{B} > \text{Cu} > \text{Mo}$. Nas duas frações e no total depositado para todos os nutrientes foram observadas diferenças (Tabela 1.10. a 1.15.).

De modo geral, foi observado que os meses de junho de 2014 e outubro de 2014, para as frações folhas/miscelânea e galhos, respectivamente, foram os que apresentaram as maiores quantidades de nutrientes, coincidindo com os períodos de maior deposição de biomassa, períodos esses com altos valores de precipitação e baixas temperaturas.

Tabela 1. 10. Conteúdo de macronutrientes na fração folhas/miscelânea, em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, Aracruz, ES

Mês/ano	N			P			K		
	kg ha ⁻¹								
jun./14	6,84	a*	± 0,90**	0,43	a	± 0,07	3,11	a	± 0,44
jul./14	1,69	e	± 0,37	0,09	f	± 0,02	0,31	e	± 0,09
ago./14	1,87	e	± 0,54	0,11	e	± 0,03	0,40	e	± 0,12
set./14	3,37	c	± 0,71	0,20	d	± 0,06	0,73	d	± 0,16
out./14	4,07	b	± 0,90	0,25	c	± 0,07	1,02	c	± 0,24
nov./14	3,02	c	± 0,55	0,15	e	± 0,03	0,30	e	± 0,04
dez./14	2,36	d	± 0,75	0,12	e	± 0,03	0,47	e	± 0,23
jan./15	3,29	c	± 0,62	0,20	d	± 0,02	1,53	b	± 0,20
fev./15	4,89	b	± 1,18	0,30	b	± 0,06	1,33	b	± 0,21
mar./15	0,91	e	± 0,24	0,06	f	± 0,02	0,24	e	± 0,06
abr./15	1,36	e	± 0,28	0,05	f	± 0,01	0,26	e	± 0,05
maio/15	4,43	b	± 0,51	0,25	c	± 0,04	1,58	b	± 0,14
Total	38,10			2,20			11,27		
Média	3,17			0,18			0,94		
s***	1,70			0,11			0,85		
CV(%)****	53,63			61,11			90,43		

Mês/ano	Ca			Mg			S		
	kg ha ⁻¹								
jun./14	7,36	a	± 1,05	1,89	a	± 0,26	1,09	a	± 0,17
jul./14	1,24	e	± 0,25	0,30	f	± 0,07	0,17	f	± 0,04
ago./14	1,24	e	± 0,33	0,37	f	± 0,10	0,23	e	± 0,06
set./14	3,14	d	± 0,93	0,81	d	± 0,25	0,44	d	± 0,12
out./14	4,14	c	± 0,89	1,13	c	± 0,29	0,60	c	± 0,14
nov./14	2,75	d	± 0,50	0,59	e	± 0,06	0,37	d	± 0,05
dez./14	1,02	e	± 0,21	0,36	f	± 0,09	0,26	e	± 0,08
jan./15	3,10	d	± 0,52	1,06	c	± 0,15	0,41	d	± 0,05
fev./15	5,37	b	± 0,82	1,46	b	± 0,24	0,87	b	± 0,16
mar./15	0,77	e	± 0,19	0,26	f	± 0,05	0,16	f	± 0,04
abr./15	0,97	e	± 0,14	0,37	f	± 0,08	0,14	f	± 0,04
maio/15	4,08	c	± 0,58	1,24	c	± 0,17	0,52	c	± 0,07
Total	35,17			9,85			5,26		
Média	2,93			0,82			0,44		
s***	2,05			0,53			0,30		
CV(%)****	69,97			64,63			68,18		

*Valores seguidos pela mesma letra nas colunas, são estatisticamente iguais pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). **Desvio padrão da média por coleta. ***Desvio padrão da média dos tratamentos. ****Coeficiente de variação.

Em que: N = nitrogênio; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; S = enxofre.

Tabela 1. 11. Conteúdo de macronutrientes na fração galhos, em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, Aracruz, ES

Mês/ano	N			P			K		
	kg ha ⁻¹								
jun./14	0,10	d*	± 0,06**	0,01	d	± 0,01	0,12	d	± 0,09
jul./14	0,06	d	± 0,05	0,00	e	± 0,00	0,04	e	± 0,04
ago./14	0,27	c	± 0,18	0,01	d	± 0,01	0,18	c	± 0,12
set./14	0,60	b	± 0,21	0,04	c	± 0,02	0,41	b	± 0,13
out./14	1,26	a	± 0,30	0,11	a	± 0,05	1,02	a	± 0,21
nov./14	0,35	c	± 0,14	0,03	c	± 0,01	0,18	d	± 0,07
dez./14	0,45	c	± 0,25	0,03	c	± 0,02	0,34	c	± 0,22
jan./15	0,45	c	± 0,12	0,03	c	± 0,01	0,28	c	± 0,07
fev./15	0,78	b	± 0,19	0,06	b	± 0,03	0,49	b	± 0,21
mar./15	0,35	c	± 0,13	0,03	c	± 0,02	0,25	c	± 0,14
abr./15	0,45	b	± 0,67	0,02	c	± 0,02	0,07	d	± 0,09
maio/15	0,66	b	± 0,63	0,03	c	± 0,03	0,28	c	± 0,24
Total	5,79			0,41			3,65		
Média	0,48			0,03			0,30		
s***	0,32			0,03			0,26		
CV(%)****	66,67			100			86,67		

Mês/ano	Ca			Mg			S		
	kg ha ⁻¹								
jun./14	0,23	d	± 0,16	0,02	d	± 0,02	0,02	d	± 0,01
jul./14	0,09	d	± 0,08	0,01	d	± 0,01	0,01	e	± 0,01
ago./14	0,40	c	± 0,25	0,04	c	± 0,02	0,03	d	± 0,02
set./14	1,35	b	± 0,40	0,14	b	± 0,05	0,08	c	± 0,02
out./14	2,22	a	± 0,35	0,26	a	± 0,04	0,17	a	± 0,03
nov./14	0,55	c	± 0,20	0,08	c	± 0,03	0,05	c	± 0,02
dez./14	0,60	c	± 0,24	0,09	c	± 0,04	0,06	c	± 0,03
jan./15	0,69	c	± 0,15	0,09	c	± 0,02	0,06	c	± 0,01
fev./15	1,46	b	± 0,89	0,17	b	± 0,09	0,18	a	± 0,08
mar./15	0,61	c	± 0,37	0,07	c	± 0,03	0,09	c	± 0,04
abr./15	0,76	b	± 1,16	0,10	b	± 0,15	0,06	b	± 0,10
maio/15	1,08	b	± 1,05	0,14	b	± 0,14	0,07	c	± 0,06
Total	10,05			1,21			0,88		
Média	0,84			0,10			0,07		
s***	0,60			0,07			0,05		
CV(%)****	71,43			70,00			71,43		

*Valores seguidos pela mesma letra nas colunas, são estatisticamente iguais pelo teste de Scott-Knott (p≤0,05). **Desvio padrão da média por coleta. ***Desvio padrão da média dos tratamentos. ****Coeficiente de variação.

Em que: N = nitrogênio; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; S = enxofre.

Tabela 1. 12. Conteúdo de macronutrientes na serapilheira total, em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, Aracruz, ES

Mês/ano	N			P			K		
				kg ha ⁻¹					
jun./14	6,94	a*	± 0,89**	0,44	a	± 0,07	3,23	a	± 0,40
jul./14	1,75	d	± 0,40	0,09	e	± 0,02	0,34	e	± 0,10
ago./14	2,14	d	± 0,69	0,12	d	± 0,03	0,58	e	± 0,21
set./14	3,97	c	± 0,84	0,24	c	± 0,08	1,15	c	± 0,28
out./14	5,33	b	± 1,09	0,36	b	± 0,11	2,03	b	± 0,37
nov./14	3,37	c	± 0,66	0,18	d	± 0,04	0,48	e	± 0,10
dez./14	2,80	c	± 0,98	0,15	d	± 0,04	0,81	d	± 0,44
jan./15	3,74	c	± 0,59	0,23	c	± 0,03	1,81	b	± 0,15
fev./15	5,67	b	± 1,31	0,36	b	± 0,09	1,82	b	± 0,37
mar./15	1,26	d	± 0,28	0,09	e	± 0,03	0,49	e	± 0,16
abr./15	1,81	d	± 0,80	0,07	e	± 0,03	0,32	e	± 0,13
maio/15	5,09	b	± 1,01	0,29	c	± 0,05	1,86	b	± 0,34
Total	43,88			2,61			14,92		
Média	3,66			0,22			1,24		
s***	1,80			0,12			0,91		
CV(%)****	49,18			54,55			73,39		

Mês/ano	Ca			Mg			S		
				kg ha ⁻¹					
jun./14	7,59	a	± 1,00	1,92	a	± 0,26	1,11	a	± 0,17
jul./14	1,33	f	± 0,28	0,31	e	± 0,07	0,18	f	± 0,05
ago./14	1,64	f	± 0,52	0,42	e	± 0,11	0,26	e	± 0,07
set./14	4,49	c	± 1,26	0,95	c	± 0,29	0,52	d	± 0,14
out./14	6,36	a	± 1,06	1,39	b	± 0,31	0,76	b	± 0,16
nov./14	3,30	d	± 0,60	0,67	d	± 0,08	0,42	d	± 0,06
dez./14	1,62	f	± 0,40	0,45	e	± 0,11	0,32	e	± 0,10
jan./15	3,79	c	± 0,51	1,15	c	± 0,15	0,47	d	± 0,05
fev./15	6,82	a	± 1,56	1,63	a	± 0,32	1,06	a	± 0,23
mar./15	1,38	f	± 0,46	0,33	e	± 0,06	0,25	e	± 0,05
abr./15	1,73	e	± 1,24	0,47	d	± 0,20	0,21	e	± 0,12
maio/15	5,16	b	± 1,52	1,37	b	± 0,29	0,59	c	± 0,12
Total	45,22			11,06			6,14		
Média	3,77			0,92			0,51		
s***	2,30			0,56			0,32		
CV(%)****	61,01			60,87			62,75		

*Valores seguidos pela mesma letra nas colunas, são estatisticamente iguais pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). **Desvio padrão da média por coleta. ***Desvio padrão da média dos tratamentos. ****Coeficiente de variação.

Em que: N = nitrogênio; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; S = enxofre.

Tabela 1. 13. Conteúdo de micronutrientes e sódio na fração folhas/miscelânea, em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, Aracruz, ES

Mês/ano	Cu			Fe			Mn			Mo		
	kg ha ⁻¹											
jun./14	0,0035	a*	± 0,0005	0,0979	b	± 0,0209	0,2134	a	± 0,0540	0,0003	a	± 0,0003
jul./14	0,0002	e	± 0,0000	0,0150	e	± 0,0040	0,0368	c	± 0,0097	0,0000	d	± 0,0000
ago./14	0,0001	e	± 0,0001	0,0166	e	± 0,0056	0,0408	c	± 0,0158	0,0000	d	± 0,0000
set./14	0,0008	d	± 0,0002	0,0381	c	± 0,0134	0,1081	b	± 0,0460	0,0000	d	± 0,0000
out./14	0,0010	c	± 0,0003	0,0536	c	± 0,0126	0,1522	a	± 0,0523	0,0001	c	± 0,0000
nov./14	0,0008	d	± 0,0001	0,0365	c	± 0,0042	0,0889	b	± 0,0124	0,0000	c	± 0,0000
dez./14	0,0004	e	± 0,0001	0,0161	e	± 0,0022	0,0372	c	± 0,0115	0,0000	d	± 0,0000
jan./15	0,0011	c	± 0,0002	0,0381	c	± 0,0069	0,1192	b	± 0,0370	0,0000	d	± 0,0000
fev./15	0,0013	c	± 0,0002	0,1792	a	± 0,0632	0,1846	a	± 0,0433	0,0001	c	± 0,0000
mar./15	0,0003	e	± 0,0000	0,0222	d	± 0,0070	0,0229	d	± 0,0055	0,0000	d	± 0,0000
abr./15	0,0005	e	± 0,0001	0,0267	d	± 0,0080	0,0197	d	± 0,0046	0,0000	d	± 0,0000
maio/15	0,0025	b	± 0,0006	0,0793	b	± 0,0254	0,1275	b	± 0,0370	0,0002	b	± 0,0000
Total	0,0125			0,6194			1,1513			0,0008		
Média	0,0010			0,0516			0,0959			0,0001		
s***	0,0010			0,0478			0,0659			0,0001		
CV(%)****	96,17			92,53			68,64			126,5		

Mês/ano	Na			Zn			B		
	kg ha ⁻¹								
jun./14	0,8562	a	± 0,0960	0,0127	a	± 0,0026	0,0481	a	± 0,0049
jul./14	0,0655	g	± 0,0208	0,0029	d	± 0,0006	0,0053	f	± 0,0014
ago./14	0,1158	e	± 0,0327	0,0029	d	± 0,0008	0,0065	e	± 0,0017
set./14	0,2830	d	± 0,0660	0,0046	c	± 0,0013	0,0198	c	± 0,0057
out./14	0,4450	c	± 0,1191	0,0061	b	± 0,0015	0,0295	b	± 0,0064
nov./14	0,0956	f	± 0,0135	0,0018	f	± 0,0002	0,0120	d	± 0,0026
dez./14	0,1494	e	± 0,0374	0,0021	e	± 0,0005	0,0071	e	± 0,0014
jan./15	0,6044	b	± 0,0581	0,0052	c	± 0,0006	0,0270	b	± 0,0023
fev./15	0,5022	b	± 0,0853	0,0101	a	± 0,0017	0,0317	b	± 0,0086
mar./15	0,0931	f	± 0,0263	0,0016	f	± 0,0003	0,0047	f	± 0,0013
abr./15	0,1373	e	± 0,0222	0,0022	e	± 0,0003	0,0070	e	± 0,0017
maio/15	0,5684	b	± 0,0437	0,0067	b	± 0,0009	0,0040	f	± 0,0006
Total	3,9159			0,059			0,2027		
Média	0,3263			0,0049			0,0169		
s***	0,2612			0,0035			0,0143		
CV(%)****	80,05			71,65			84,38		

*Valores seguidos pela mesma letra nas colunas, são estatisticamente iguais pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). **Desvio padrão da média por coleta. ***Desvio padrão da média dos tratamentos. ****Coeficiente de variação.

Em que: Cu = cobre; Fe = ferro; Mn = manganês; Mo = molibdênio; Na = sódio; Zn = zinco; B = boro.

Tabela 1. 14. Conteúdo de micronutrientes na fração galhos, em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, Aracruz, ES

Mês/ano	Cu			Fe			Mn			Mo		
	kg ha ⁻¹											
jun./14	0,0002	c*	± 0,0001	0,0013	c	± 0,0010	0,0040	d	± 0,0031	0,0000	d	± 0,0000
jul./14	0,0000	d	± 0,0000	0,0003	c	± 0,0003	0,0019	d	± 0,0016	0,0000	d	± 0,0000
ago./14	0,0001	d	± 0,0000	0,0031	b	± 0,0025	0,0076	c	± 0,005	0,0000	c	± 0,0000
set./14	0,0004	c	± 0,0001	0,0074	b	± 0,0027	0,0246	b	± 0,0085	0,0000	d	± 0,0000
out./14	0,0010	a	± 0,0002	0,0145	a	± 0,0033	0,0489	a	± 0,0086	0,0001	a	± 0,0000
nov./14	0,0002	c	± 0,0001	0,0057	b	± 0,0026	0,0147	b	± 0,0039	0,0000	c	± 0,0000
dez./14	0,0003	c	± 0,0002	0,0047	b	± 0,0017	0,0156	b	± 0,0066	0,0000	b	± 0,0000
jan./15	0,0004	c	± 0,0001	0,0050	b	± 0,0010	0,0160	b	± 0,0035	0,0000	d	± 0,0000
fev./15	0,0006	b	± 0,0002	0,0151	a	± 0,0081	0,0298	b	± 0,0183	0,0000	b	± 0,0000
mar./15	0,0003	c	± 0,0001	0,0063	b	± 0,0032	0,0111	c	± 0,0062	0,0000	c	± 0,0000
abr./15	0,0004	a	± 0,0006	0,0111	a	± 0,0161	0,0106	b	± 0,0158	0,0000	b	± 0,0000
maio/15	0,0006	b	± 0,0006	0,0141	a	± 0,0161	0,0187	b	± 0,0166	0,0000	b	± 0,0000
Total	0,0044			0,0886			0,2034			0,0002		
Média	0,0004			0,0074			0,0169			0,0000		
s***	0,0003			0,0051			0,0128			0,0000		
CV(%)****	69,426			69,726			75,729			94,427		

Mês/ano	Na			Zn			B		
	kg ha ⁻¹								
jun./14	0,0235	d	± 0,0148	0,0007	d	± 0,0005	0,0004	e	± 0,0003
jul./14	0,0058	e	± 0,0055	0,0003	d	± 0,0003	0,0002	e	± 0,0002
ago./14	0,0299	d	± 0,0195	0,0014	c	± 0,0008	0,0008	d	± 0,0005
set./14	0,0802	c	± 0,0274	0,0036	b	± 0,0010	0,0035	b	± 0,0009
out./14	0,2964	a	± 0,0682	0,0070	a	± 0,0012	0,0059	a	± 0,0008
nov./14	0,0533	c	± 0,0200	0,0012	d	± 0,0005	0,0014	d	± 0,0005
dez./14	0,0856	c	± 0,0376	0,0020	c	± 0,0008	0,0018	c	± 0,0007
jan./15	0,0912	c	± 0,0333	0,0021	c	± 0,0005	0,0020	c	± 0,0005
fev./15	0,1728	b	± 0,0700	0,0044	b	± 0,0024	0,0026	b	± 0,0013
mar./15	0,0828	c	± 0,0347	0,0019	c	± 0,0010	0,0010	d	± 0,0004
abr./15	0,0273	c	± 0,0369	0,0024	b	± 0,0036	0,0015	c	± 0,0022
maio/15	0,0835	c	± 0,0652	0,0024	c	± 0,0024	0,0016	c	± 0,0015
Total	1,0322			0,0293			0,0229		
Média	0,0860			0,0024			0,0019		
s***	0,0797			0,0018			0,0016		
CV(%)****	92,651			74,346			82,084		

*Valores seguidos pela mesma letra nas colunas, são estatisticamente iguais pelo teste de Scott-Knott (p≤0,05). **Desvio padrão da média por coleta. ***Desvio padrão da média dos tratamentos. **** Coeficiente de variação.

Em que: Cu = cobre; Fe = ferro; Mn = manganês; Mo = molibdênio; Na = sódio; Zn = zinco; B = boro.

Tabela 1. 15. Conteúdo de micronutrientes na fração total, em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, Aracruz, ES

Mês/ano	Cu			Fe			Mn			Mo		
	kg ha ⁻¹											
jun./14	0,0108	a*	± 0,0173	0,0992	b	± 0,0212	0,2175	a	± 0,0540	0,0003	a	± 0,0003
jul./14	0,0002	g	± 0,0001	0,0154	e	± 0,0039	0,0387	d	± 0,0100	0,0000	c	± 0,0000
ago./14	0,0002	g	± 0,0001	0,0197	e	± 0,0074	0,0484	d	± 0,0199	0,0000	c	± 0,0000
set./14	0,0012	d	± 0,0003	0,0455	d	± 0,0155	0,1327	b	± 0,0533	0,0000	c	± 0,0000
out./14	0,0020	c	± 0,0003	0,0682	c	± 0,0156	0,2011	a	± 0,0593	0,0001	b	± 0,0000
nov./14	0,0010	e	± 0,0002	0,0423	d	± 0,0057	0,1036	c	± 0,0139	0,0001	c	± 0,0000
dez./14	0,0008	f	± 0,0003	0,0207	e	± 0,0035	0,0528	d	± 0,0165	0,0000	c	± 0,0000
jan./15	0,0014	d	± 0,0001	0,0431	d	± 0,0068	0,1352	b	± 0,0375	0,0000	c	± 0,0000
fev./15	0,0019	c	± 0,0005	0,1943	a	± 0,0656	0,2143	a	± 0,0599	0,0001	b	± 0,0000
mar./15	0,0006	f	± 0,0001	0,0286	e	± 0,0084	0,0339	d	± 0,0098	0,0000	c	± 0,0000
abr./15	0,0009	d	± 0,0006	0,0378	d	± 0,0186	0,0302	d	± 0,0193	0,0000	c	± 0,0000
maio/15	0,0030	b	± 0,0012	0,0934	b	± 0,0410	0,1462	b	± 0,0485	0,0002	a	± 0,0000
Total	0,0240			0,7082			1,3546			0,0010		
Média	0,0020			0,0590			0,1129			0,0001		
s***	0,0029			0,0506			0,0723			0,0001		
CV(%)****	143,61			85,78			64,01			106,53		

Mês/ano	Na			Zn			B		
	kg ha ⁻¹								
jun./14	0,8797	a	± 0,0968	0,0134	a	± 0,0024	0,1219	a	± 0,1800
jul./14	0,0713	f	± 0,0223	0,0032	d	± 0,0007	0,0055	f	± 0,0015
ago./14	0,1457	e	± 0,0473	0,0043	d	± 0,0015	0,0073	f	± 0,0020
set./14	0,3632	c	± 0,0907	0,0082	b	± 0,0021	0,0234	c	± 0,0063
out./14	0,7413	b	± 0,1523	0,0131	a	± 0,0024	0,0354	b	± 0,0066
nov./14	0,1489	e	± 0,0284	0,0030	d	± 0,0007	0,0134	d	± 0,0029
dez./14	0,2350	d	± 0,0702	0,0041	d	± 0,0011	0,0089	e	± 0,0020
jan./15	0,6956	b	± 0,0535	0,0073	c	± 0,0006	0,0290	b	± 0,0020
fev./15	0,6750	b	± 0,1421	0,0145	a	± 0,004	0,0343	b	± 0,0095
mar./15	0,1759	e	± 0,0398	0,0035	d	± 0,0012	0,0057	f	± 0,0015
abr./15	0,1646	e	± 0,0511	0,0046	c	± 0,0037	0,0085	e	± 0,0033
maio/15	0,6519	b	± 0,0890	0,0091	b	± 0,003	0,0057	f	± 0,0020
Total	4,9482			0,0883			0,2989		
Média	0,4123			0,0074			0,0249		
s***	0,2925			0,0043			0,0326		
CV(%)****	70,94			58,30			130,93		

*Valores seguidos pela mesma letra nas colunas, são estatisticamente iguais pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). **Desvio padrão da média por coleta. ***Desvio padrão da média dos tratamentos. **** Coeficiente de variação.

Em que: Cu = cobre; Fe = ferro; Mn = manganês; Mo = molibdênio; Na = sódio; Zn = zinco; B = boro.

3.4. EFICIÊNCIA DO USO DE NUTRIENTES

No povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* observou-se que dentre os macronutrientes maior eficiência na utilização do fósforo e do enxofre e para micronutrientes molibdênio, cobre e zinco (Tabela 1.16.). Em relação aos macronutrientes, o nitrogênio foi o que mais retornou ao solo por meio da fração folhas/miscelânea, e o cálcio dentro da fração galhos, sendo os nutrientes de menor eficiência na utilização pelo povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, nas respectivas frações.

Tabela 1. 16. Eficiência de uso dos macros e micronutrientes pelas frações folhas/miscelâneas e galhos e total depositado, em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, Aracruz, ES

Macronutrientes							
Fração	N	P	K	Ca	Mg	S	
Folhas/miscelânea	91	1583	309	99	354	663	
Galhos	227	3189	360	131	1088	1489	
Total	109	1836	321	106	434	782	
Micronutrientes e Sódio							
Fração	Cu	Fe	Mn	Mo	Na	Zn	B
Folhas/miscelânea	278701	5626	3027	4223039	890	59117	17195
Galhos	296238	14813	6454	7541078	1271	44754	57337
Total	199673	6774	3542	4800892	970	54346	16048

4. DISCUSSÃO

4.1. PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA

A produção de serapilheira total apresentou alta variabilidade ($CV > 20\%$) ao longo dos 12 meses devido a uma estratégia adaptativa da espécie aos períodos de alterações das variáveis climáticas. Segundo Corrêa, Schumacher e Momolli (2013), estudando a deposição de serapilheira em povoamento de *Eucalyptus dunnii* entre 1,5 e 2,5 anos de idade, observaram que a produção foi de $4.085,1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de serapilheira, sendo constituído por 93% pela fração folhas. Em outro estudo Viera et al. (2014), avaliando a dinâmica nutricional em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus*, observaram uma produção de serapilheira de $6.870,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ aos seis anos e $8.500,3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ aos nove anos de idade. O presente estudo corrobora com os autores citados, por ter uma produção de $4.797,6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ aos três anos de idade e uma maior contribuição da fração folhas/miscelânea, constatando que a produção de serapilheira aumenta junto com a idade do povoamento (SILVA et al., 2004).

Estudando a ciclagem e balanço de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus*, Zaia e Rodrigues (2004), verificaram uma deposição anual de $4.770,0 \text{ kg ha}^{-1}$, aos seis anos de idade. A diferença dessa produção com a do presente estudo, pode estar induzida pela densidade do povoamento, espécies e variáveis climáticas (SALVADOR; CONSENSA; ARAÚJO, 2014). Esta produção pode ainda ser alterada em função da idade, da época de coleta, do tipo florestal e do local (CALDEIRA et al., 2008).

Em trabalho realizado por Sousa e Davide (2001), os autores encontraram uma deposição de $7.100,0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para *Eucalyptus saligna* em uma área de mineração de bauxita, em poços de Caldas, MG. Santiago, Molinero e Pozzo (2011), estudando a deposição de serapilheira em um povoamento de *Eucalyptus globulus* Labill aos 13 e 14 anos de idade encontraram $5.300,0$ e $7.000,00 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de serapilheira depositada, na região da Espanha.

Cada espécie possui um padrão anual de deposição de serapilheira associada a fatores bióticos e abióticos de onde estão inseridos. As maiores quantidades do total de serapilheira depositada ocorreram durante o período das menores precipitações.

Padrões de maiores deposição neste período foram observados por Inkotte (2015), estudando a deposição em um reflorestamento de eucalipto, no Oeste do Estado de Santa Catarina e por Corrêa, Shumacher e Momolli (2013), em um povoamento de *Eucalyptus dunnii* Maidem sobre pastagem natural degradada no Bioma Pampa.

De forma geral, os valores da produção de serapilheira refletem o grau de crescimento do povoamento florestal e sua produtividade, sendo o presente estudo comparativamente semelhante a outros estudos em povoamentos de *Eucalyptus*. Os distúrbios aos quais estão submetidos podem influenciar diretamente nos aspectos temporais e espaciais da deposição de material.

Durante o período de estudo, a deposição da fração folhas/miscelânea corresponderam em média, com 73% da serapilheira total, com o maior pico de deposição em junho/2014. A proporção de maior produção de biomassa de serapilheira pelas frações folhas/miscelânea corrobora com outros estudos do gênero *Eucalyptus*, em que os autores observaram uma variação entre 54% e 93% de material depositado para fração folhas (CORRÊA; SCHUMACHER; MOMOLLI, 2013; SALVADOR; CONSENSA; ARAÚJO, 2014; VIERA et al., 2014), e de outras formações florestais, no qual foi observado uma variação entre 60% e 80% de deposição a mesma fração (FERNANDES; NASCIMENTO; CARVALHO, 2007; LIMA et al., 2015; MARAFIGA et al., 2012; PIRES et al., 2006; SCHUMACHER et al., 2011; VOGEL et al., 2007).

Épocas úmidas ao longo do ano provêm condições ambientais mais propícias para a renovação foliar, enquanto sua ação mecânica pode influenciar na queda das folhas (VENDRAMI et al., 2012). Entretanto, para Kerbauv (2008) os mecanismos de senescência e abscisão foliar estão relacionados à atividade de uma série de hormônios vegetais, tais como as citocininas, auxinas e o ácido abscísico que, direta ou indiretamente, promovem aumento da taxa respiratória relacionada ao crescimento até a queda foliar.

A representatividade da fração galhos na serapilheira depositada foi de 27% para este estudo, estando distante dos valores encontrado para esta fração em povoamento florestais desta espécie (CUNHA; GAMA-RODRIGUES; COSTA, 2005). Contudo, é importante ressaltar que a contribuição dos galhos em áreas de povoamentos florestais de eucalipto é variável com a idade dos plantios, sendo encontrado variações de 1% a 18% (CORRÊA; SCHUMACHER; MOMOLLI, 2013;

CUNHA; GAMA-RODRIGUES; COSTA, 2005; NEVES, 2012; VIERA et al., 2014). Isto pode ser explicado pela diminuição da proporção de biomassa foliar nas árvores com o aumento da idade do povoamento e aumento na deposição de galhos (SILVA et al., 2004).

Durante o período de estudo não foi verificada correlações significativas para a fração folhas/miscelânea e o total das frações com as variáveis climáticas deste estudo. Entretanto, observou-se correlações significativas ($p \leq 0,01$) quando comparadas com os dados climáticos de um mês antes das coletas de serapilheira, para as variáveis umidade do ar mínima, máxima e média, e a variável precipitação total para o total das frações de cinco meses antes da coleta.

Esse atraso de correlação na contribuição da serapilheira depositada pelas variáveis climáticas pode ser justificado pelo estresse hídrico sofrido durante o período seco, depositando uma maior quantidade desta fração nos meses seguintes, ou seja, estando inteiramente ligado as questões fisiológicas das plantas. Este padrão relatado neste estudo corrobora com o estudo de Viera et al. (2014), que não verificaram correlações significativa das variáveis umidade relativa do ar, temperatura média, precipitação pluviométrica, radiação solar e velocidade do vento, dentro do mesmo mês, com as frações folhas e o total das frações, em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus*, aos seis, sete e oito anos de idade.

Em um plantio de *Eucalyptus saligna* com 5,5 anos de idade, em São Gabriel, RS, foi observado o padrão não significativo das variáveis climáticas temperatura do ar mínima, máxima e média, precipitação global, umidade relativa do ar e velocidade do vento, dentro do mesmo mês de deposição, com as todas as frações da serapilheira depositada e o total das frações (SALVADOR; CONSENSA; ARAÚJO, 2014). Segundo Barlow et al. (2007), contrariando esses autores e este estudo, encontraram uma correlação significativa e positiva entre a produção de folhas e a precipitação mensal, em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* aos quatro e cinco anos de idade. Já Corrêa, Schumacher e Momolli (2013), encontraram correlações positivas entre a produção de folhas e miscelânea com a temperatura mínima e média, dentro do mesmo período de deposição.

A espécie *Eucalyptus* em sua grande maioria desenvolvem mecanismos fisiológicos de adaptação as condições de déficit hídrico, ou seja, utilização de

menores quantidades de água nos períodos secos para o seu desenvolvimento, no qual a sua disponibilidade no solo é menor (MORA; GARCIA, 2000).

Em um estudo desenvolvido na Austrália, foi observado que o déficit de água e temperatura atuaram interativamente nas diferenças em índices de área foliar entre plantios de *Eucalyptus globulus* e *Eucalyptus nitens* (BATTAGLIA; BEADLE; LOUGHHEAD, 1996). E que, em períodos de alta temperatura e baixas taxas de precipitação, o desprendimento das folhas é comum em muitas espécies de *Eucalyptus* para reduzir a evapotranspiração (LADIGES, 1975).

A fração galhos depositada no mesmo período, mas com padrões de distribuição diferentes ao longo do tempo em relação a fração folhas/miscelânea, teve correlação significativa com as duas variáveis climáticas, sendo negativa para umidade relativa do ar (mínima) e positiva para radiação solar. Assim, quando houver uma menor umidade relativa do ar (mínima) maior será a produção de galhos na serapilheira, e que quando maior for a incidência de radiação solar maior será produção de galhos.

Entretanto, quando se verificou a correlação da fração galhos com as variáveis climáticas dos meses anteriores, observou que serapilheira apresentou um padrão negativo, quando correlacionados com as variáveis temperatura do ar e radiação solar de 2 meses antes. Essas características já foram observadas por outros autores, que verificaram maior quantidade de ramos ocorrendo nos meses após o início do período de seca, associando esse padrão ao estresse hídrico, inferindo que está fração demorar para secar e cair no solo (ARAÚJO et al., 2006; FREIRE; SCORIZA; PIÑA-RODRIGUES, 2014).

4.2. TEORES DE NUTRIENTES DA SERAPILHEIRA

Com relação à nutrição, os teores de nutrientes na fração folhas/miscelânea da serapilheira diferiram entre os 12 meses para todos os macronutrientes, com maior teor observado para o nitrogênio (Tabela 2.5.), conferindo assim maior retranslocação desse durante o período de maior crescimento vegetativo. Segundo Haag (1985), maior teor de nitrogênio em relação ao cálcio é observada na maior parte dos estudos com diferentes formações florestais. Isso é atribuído ao fato deste nutriente participar da maioria das reações de metabolismo de compostos (aminoácidos, proteínas,

aminas, amidas, vitaminas, etc.), as quais têm seu sítio de ocorrência principal nas folhas, em virtude da fotossíntese (MALAVOLTA, 1980). O cálcio é um elemento que possui características fisiológicas de imobilidade na planta, ficando armazenado em forma de cristais na folha, permanecendo assim, mesmo em sua senescência (DIAS et al., 2002).

Segundo Viera et al. (2014), plantios florestais com sistema radicular profundo absorvem o cálcio em maiores profundidades e o devolve, via serapilheira, na superfície do solo. Por meio desse processo, a fertilidade do solo tende a melhorar, uma vez que disponibiliza este elemento para ser reabsorvido pelas raízes finas que permeiam a camada de serapilheira acumulada ou estão na camada mais superficial do solo.

Os teores dos macronutrientes nas árvores variam em função de diversas características, podendo ser desde a procedência da espécie, a idade, das condições edafoclimáticas do sítio e das práticas de manejo implantadas. Os teores de alguns elementos nas folhas aumentam e de outros decrescem, devido à translocação de nutrientes de órgãos senescentes para outras partes de desenvolvimento da árvore (VIERA; SCHUMACHER, 2009). Segundo Araújo e Haridassan (2007), as folhas representam o compartimento mais significativo da produção, não somente pela quantidade depositada, mas pela qualidade nutricional apresentada. Os teores mais altos desta fração em relação a de galhos no presente estudo, ressalta a importância da qualidade nutricional que ficará disponível.

Diferentemente do observado para a fração folhas/miscelânea, o nutriente cálcio foi o que teve o maior teor na fração galhos (Tabela 2.6.), principalmente, devido a sua característica de imobilidade no floema da planta, por fazer parte da parede celular, além de compor em grande quantidade as estruturas lignificadas (FERRI, 1985; SALVADOR; CONSENSA; ARAÚJO, 2014). Segundo Borém e Ramos (2002), o enriquecimento de cálcio na serapilheira pode ser decorrente de uma liberação mais lenta deste elemento pelo material recém caído, o que poderia ser explicado pelo alto teor na fração galhos.

O menor teor dos macronutrientes para as duas frações estudadas foi verificado no elemento fósforo. Segundo Delarmelina (2015), o comportamento desse nutriente na serapilheira está relacionado ao baixo teor do mesmo no solo, além de sua alta mobilidade em atividades de síntese e formação de novos órgãos nas plantas.

A ordem de quantificação dos teores de nutrientes encontrada no presente estudo corrobora com outros estudos em plantios de *Eucalyptus*, que foi de $\text{Ca} > \text{N} > \text{K} > \text{Mg} > \text{S} > \text{P}$ para a fração galhos, e com uma ordem próxima para a fração folhas/miscelânea $\text{N} > \text{Ca} > \text{K} > \text{Mg} > \text{S} > \text{P}$, havendo somente uma inversão entre os nutrientes cálcio e nitrogênio com o presente estudo (CORRÊA; SCHUMACHER; MOMOLLI, 2013; VIERA et al., 2014).

Os teores dos micronutrientes na fração folhas/miscelânea (Tabela 1.8.) e fração galhos (Tabela 1.9.), seguiram uma mesma ordem decrescente $\text{Mn} > \text{Fe} > \text{B} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{Mo}$, quando comparada com o estudo de Viera et al. (2014), constatou-se a mesma ordem decrescente, porém com a ressalva de que o molibdênio não foi analisado por este autor. Os teores médios dos micronutrientes da serapilheira estão dentro dos padrões sugeridos por Sarruge e Haag (1974), para a matéria seca das plantas, que são: de 10 a centenas de mg kg^{-1} de ferro e de manganês; de 1 a 20 mg kg^{-1} de cobre; de 5 a 100 mg kg^{-1} de zinco e de 10 a 100 mg kg^{-1} de boro.

Todos estes aspectos evidenciam a grande importância da ciclagem interna dos nutrientes para a manutenção do balanço nutricional das plantas (CALDEIRA et al., 2008; HAAG, 1985; SALVADOR; CONSENSA; ARAÚJO, 2014; VIERA; SCHUMACHER, 2009; VIERA et al., 2014).

4.3. CONTEÚDO DE NUTRIENTES DA SERAPILHEIRA

De acordo com Vital et al. (2004), a transferência de nutrientes ao solo acompanha a tendência de deposição da serapilheira. Pois, esse padrão também foi observado neste estudo, sendo composta principalmente pela fração folhas/miscelânea (Tabela 1.10.). Devido à sua predominância de biomassa, essa fração contribui em maior escala para a ciclagem de nutrientes, sendo que a sua participação média relativa, no retorno de nutrientes, variou de 75,54% para o potássio até 89,09% para o magnésio.

Embora o conteúdo de macronutrientes esteja relacionada aos seus teores e a produção total de serapilheira depositada por cada compartimento da planta, alterações na ordem dos conteúdos de macronutrientes via deposição da serapilheira podem ser consequência fertilização mineral (DA SILVA; POGGIANI; LACLAU, 2011; GIACOMO; PEREIRA; MACHADO, 2012), da idade do povoamento e da técnica de

manejo utilizada (CUNHA; GAMA-RODRIGUES; COSTA, 2005; CUNHA NETO et al., 2013; VIERA; SCHUMACHER, 2009).

Considerando o total de serapilheira, o cálcio foi o nutriente mais fornecido em quantidade sobre o piso florestal do povoamento do presente estudo. Esse nutriente, juntamente com o nitrogênio transferiram 72% do total de macronutrientes devolvidos ao solo. Neste sentido, a magnitude média de transferência de macronutrientes ao solo deste povoamento foi de $\text{Ca} > \text{N} > \text{K} > \text{Mg} > \text{S} > \text{P}$. A ordem de magnitude deste estudo corrobora com a verificada por outros autores com essa mesma espécie (CORRÊA; SCHUMACHER; MOMOLLI, 2013; SALVADOR; CONSENSA; ARAÚJO, 2014; SCHUMACHER; POGGIANI; SIMÕES, 1994; ZAIA; GAMA-RODRIGUES, 2004).

Dentre os micronutrientes, o manganês foi o que teve maior devolução via serapilheira total depositada, também em função de sua maior concentração em relação aos demais. Considerando-se a transferência de Mn e Fe, correspondem a mais de 83% do total de micronutrientes devolvidos ao solo, durante o período de estudo. Nesse sentido, a magnitude de transferência de micronutrientes ao solo do povoamento foi: $\text{Mn} > \text{Fe} > \text{B} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{Mo}$.

4.4. EFICIÊNCIA DO USO DE NUTRIENTES

A eficiência no uso dos nutrientes é um índice que avalia o funcionamento do ecossistema, sendo um indicador que relaciona a produção de biomassa por unidade de nutriente adquirido ou perdido (VITOUSEK, 1982). Os maiores valores mostram uma melhor eficiência na produção de biomassa por unidade do nutriente.

Neste estudo, a fração galhos possui maior eficiência na utilização de nutrientes quando comparada a fração folhas/miscelânea, exceto para o micronutriente zinco, que teve maior eficiência no uso pela fração folhas/miscelânea (Tabela 1.16). O macronutriente fósforo e o micronutriente molibdênio foram os que tiveram melhor eficiência no uso pelo povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. Estes dados corroboram com os estudos de (DELARMELINA, 2015; GODINHO et al., 2013; PINTO et al., 2009), onde os autores observaram um maior eficiência no uso dos nutrientes para o P, dentro dos macronutrientes.

A circunstância de que a ordem decrescente de eficiência no uso dos macronutrientes deste estudo ($P > S > Mg > K > Ca > N$) ser contrária às concentrações verificadas na serapilheira depositada ($N > Ca > K > Mg > S > P$) indica que os processos de conservação dos nutrientes se fazem presentes neste povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. Foi observado a mesma tendência para os micronutrientes, sendo observado a seguinte ordem decrescente para a eficiência de uso dos nutrientes ($Mo > Cu > Zn > B > Fe > Mn$).

A maior eficiência de utilização de nutrientes expressa a economia no uso destes, mostrando uma possibilidade de limitação na produção primária no ambiente, enquanto a baixa eficiência assinala que o suprimento de nutrientes é mais adequado (VITOUSEK, 1982). Esta baixa eficiência no uso de nutrientes também indica uma ciclagem mais associada ao ciclo biogeoquímico, além de melhorar a fertilidade do solo, enquanto que uma alta eficiência indica uma maior translocação para a biomassa viva, ou seja, quanto maior a eficiência no uso de nutrientes maior a deficiência pelo nutriente (JACOBSON, 2009). Dessa forma, pode-se ressaltar que altos valores no índice de utilização dos nutrientes indicam uma ciclagem de nutrientes mais eficiente (GAMA-RODRIGUES; BARROS, 2002).

5. CONCLUSÃO

O total de serapilheira depositada foi de 4.797,17 kg ha⁻¹ ano⁻¹, com maior deposição no mês de junho/2014, outubro/2014 e fevereiro/2015, não sendo possível verificar um padrão de sazonalidade para nenhuma das frações estudadas.

A serapilheira foi composta principalmente pela fração folhas/miscelânea (72,64%), que também foi a responsável pela maior parte do retorno de nutrientes via serapilheira depositada.

A umidade do ar mínima e radiação solar foram as únicas variáveis climáticas que apresentaram correlação significativa com a deposição de serapilheira para fração galhos dentro do mesmo mês de estudo.

O nitrogênio e o cálcio foram os macronutrientes encontrados em maiores teores e quantidades para as frações folhas/miscelânea e galhos, respectivamente, e o manganês o micronutriente em maiores teores e quantidades para as duas frações deste estudo, o que indica maior ciclagem biogeoquímica destes nutrientes.

O fósforo e o molibdênio foram o macro e micronutriente respectivamente que tiveram uma maior eficiência no uso de nutrientes, comprovando uma menor disponibilidade destes nutrientes em povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, [S.l.], v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

ARAÚJO, J. F. DE; HARIDASAN, M. Relação entre deciduidade e concentrações foliares de nutrientes em espécies lenhosas do cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, SP, v. 30, n. 3, p. 533–542, 2007.

ARAÚJO, R. S. DE et al. Aporte de serrapilheira e nutrientes ao solo em três modelos de revegetação na Reserva Biológica de Poço das Antas, Silva Jardim, RJ. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, RJ, v. 12, n. 2, p. 15–21, 2006.

BARICHELO, L. R.; SCHUMACHER, M. V.; VOGEL, H. L. M. Quantificação da biomassa de um povoamento de *Acacia mearnsii* de Wild. na região Sul do Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 15, n. 2, p. 137–143, 2005.

BARLOW, J. et al. Litter fall and decomposition in primary, secondary and plantation forests in the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, [S.l.], v. 247, n. 1-3, p. 91–97, 2007.

BATTAGLIA, M.; BEADLE, C.; LOUGHHEAD, S. Photosynthetic temperature responses of *Eucalyptus globus* and *Eucalyptus nitens*. **Tree Physiology**, [S.l.], v. 16, p. 81–90, 1996.

BORÉM, R. A. T.; RAMOS, D. P. Variação estacional e topográfica de nutrientes na serapilheira de um fragmento de mata atlântica. **Cerne**, Lavras, MG, v. 8, n. 2, p. 42–59, 2002.

CALDEIRA, M. V. W. et al. Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. **Ciências Agrárias**, Londrina, PR, v. 29, n. 1, p. 53–68, 2008.

CORRÊA, R. S.; SCHUMACHER, M. V.; MOMOLLI, D. R. Deposição de serapilheira e macronutrientes em povoamento de *Eucalyptus dunnii* Maiden sobre pastagem natural degradada no Bioma Pampa. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, v. 41, n. 97, p. 65–74, 2013.

CUEVAS, E.; MEDINA, E. Nutrient dynamics within amazonian forest ecosystems. **Oecologia**, [S.l.], v. 68, n. 3, p. 466–472, 1986.

CUNHA, G. DE M.; GAMA-RODRIGUES, A. C. DA; COSTA, G. S. Ciclagem de nutrientes em *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden no norte fluminense. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 3, p. 353–363, 2005.

CUNHA NETO, F. V. et al. Acúmulo e decomposição da serapilheira em quatro formações florestais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 23, n. 3, p. 379–387, 30 ago. 2013.

DA SILVA, P. H. M.; POGGIANI, F.; LACLAU, J. P. Applying Sewage Sludge to *Eucalyptus grandis* Plantations: Effects on Biomass Production and Nutrient Cycling through Litterfall. **Applied and Environmental Soil Science**, [S.l.], v. 2011, p. 1–11, 2011.

DELARMELINA, W. M. **Fertilidade, estoque de carbono orgânico do solo e serapilheira em uma floresta estacional semidecidual submontana**. 2015. 123 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES, 2015.

DIAS, H. C. T. et al. Variação temporal de nutrientes na serapilheira de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Montana em Lavras, MG. **Cerne**, Lavras, MG, v. 8, n. 2, p. 1–16, 2002.

DICKNOW, K. M. C. et al. Produção de serapilheira em diferentes fases sucessionais de uma Floresta Subtropical Secundária, em Antonina, PR. **Cerne**, Lavras, MG, v. 18, n. 1, p. 75–86, 2012.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**, p. 353, 2013.

FERNANDES, M. E. B.; NASCIMENTO, A. A. M. DO; CARVALHO, M. L. Estimativa da produção anual de serapilheira dos bosques de mangue no Furo Grande, Bragança-Pará. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 5, p. 949–958, 2007.

FERREIRA, C. A. et al. Pesquisa sobre nutrição de pinus no sul do Brasil. **Revista da Madeira**, Caixias do Sul, RS, v. 14, n. 83, 2004.

FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal** 1. 2. ed. São Paulo: EPU, 1985.

FREIRE, M.; SCORIZA, R. N.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Influência do clima no aporte de serrapilheira em uma floresta ombrófila densa montana. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, PE, v. 9, n. 3, p. 427–431, 2014.

FREITAS, R. A. **Estudo da biomassa e do conteúdo de nutrientes em um povoamento de Eucalyptos grandis Hill ex Maiden Plantado em solo sujeito a arenização, no município de Alegrete, RS**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2000.

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

GIACOMO, R. G.; PEREIRA, M. G.; MACHADO, D. L. Aporte e decomposição de serapilheira em áreas de cerrado e mata mesofítica na estação ecológica de Pirapitinga - MG. **Ciencia Florestal**, Santa Maria, MG, v. 22, n. 4, p. 669–680, 2012.

GODINHO, T. de O. et al. Fertilidade do solo e nutrientes na serapilheira em fragmento de Floresta Estacional Semidecidual. **Ecologia e nutrição florestal**, Santa Maria, RS, v. 1, n. 3, p. 97–109, 2013.

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

HARRISON, R. B. et al. Effect of spacing and age on nitrogen and phosphorus distribution in biomass of *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus pellita* and *Eucalyptus urophylla* plantations in southeastern Brazil. **Forest Ecology and Management**, [S.l.], v. 133, n. 3, p. 167–177, 2000.

INCAPER. **Instituto Capixada de Pesquisa, Assitência Técnica e Extensão Rural**, 2015. Disponível em: <<http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br/>> Acesso em: 07 outubro 2015.

INKOTTE, J. et al. Deposição de serapilheira em reflorestamentos de eucalipto e florestas nativas nas regiões Planalto e Oeste do Estado de Santa Catarina. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, SP, v. 43, n. 106, p. 261–270, 2015.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

KOEHLER, C. W.; REISSMANN, C. B.; KOEHLER, H. S. Deposição de resíduos orgânicos (serapilheira) e nutrientes em plantio de *Araucaria angustifolia* em função do sítio. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, PR, v. 9, n. 1, p. 89–96, 1987.

LADIGES, P. Y. Some aspects of tissue water relations in three populations of *Eucalyptus viminalis* Labill. **New Phytologist**, [S.l.], v. 75, n. 1, p. 53–62, 1975.

LIMA, R. P. et al. Aporte e Decomposição da Serapilheira na Caatinga no Sul do Piauí. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, RJ, v. 22, n. 1, p. 42–49, 2015.

LOPES, M. S.; DOMINGOS, M.; VUONO, Y. S. DE. Ciclagem de nutrientes minerais. In: SYLVESTRE, L. DA S.; ROSA, M. M. TE. DA (Eds.). **Manual Metodológico para estudos botânicos na mata atlântica**. Seropédica, RJ: EDUR, 2002. p. 123.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980.

MARAFIGA, J. S. et al. Deposição de nutrientes pela serapilheira em um fragmento de Floresta Estacional Decidual no Rio Grande do Sul. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 59, n. 6, p. 765–771, 2012.

MATOS, B. R. M.; COSTA, A. C. L. DA. Efeito da deficiência hídrica na produção dos componentes liteira vegetal em floresta tropical nativa na flona Caxiuanã - PA. **Revista de Biologia Neotropical**, Goiânia, GO v. 9, n. 2, p. 24–36, 2012.

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. 1. ed. São Paulo: SBS, 2000.

NASCIMENTO, A. A. M. DO. **Composição química da serapilheira dos bosques de mangue do Furo Grande , Bragança, PA.** . 2008. 92 f. Dissertação (mestrado em Biologia Ambiental), Universidade Federal do Pará, Bragança, PA., 2008.

NEVES, C. U. **Ciclagem de nutrientes em plantios de *Eucalyptus dunni* com idade de 1, 2 e 3 anos no Planalto Sul Catarinense**. 2012. 49 f. Dissertação (Mestrado em Manejo do Solo) Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC, 2012.

PINTO, S. I. D. C. et al. Ciclagem de nutrientes em dois trechos de Floresta Estacional Semidecidual na Reserva Florestal Mata do Paraíso em Viçosa, MG, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 33, n. 4, p. 653–663, 2009.

PIRES, L. A. et al. Produção, acúmulo e decomposição da serapilheira em uma restinga da Ilha do Mel, Paranaguá, PR, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte, MG, v. 20, n. 1, p. 173–184, 2006.

PREZOTTI, L. C. **Sistema de recomendação de calagem e adubação**, 2014. Disponível em: http://www.incaper.es.gov.br/downloads/recomendacao_calagem/recomendacao_calagem_adubacao_abril_2014_broffice.ods>. Acesso em: 15 de outubro de 2015.

SALVADOR, S. M.; CONSENSA, C. B.; ARAÚJO, E. F. DE. Produção de serapilheira e devolução de macronutrientes em um povoamento de *Eucalyptus saligna* (F. Muell). **Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria, RS, v. 2, n. 2, p. 2014, 2014.

SANTANA, R. C.; DE BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Biomassa e conteúdo de nutrientes de procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em alguns sítios florestais do Estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, n. 56, p. 155–169, 1999.

SANTIAGO, J.; MOLINERO, J.; POZO, J. Impact of timber harvesting on litterfall inputs and benthic coarse particulate organic matter (CPOM) storage in a small stream draining a *eucalyptus* plantation. **Forest Ecology and Management**, [S.l.], v. 262, n. 6, p. 1146–1156, 2011.

SARRUGE, J. L.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1974.

SCHUMACHER, M. V. et al. Retorno de nutrientes via deposição de serapilheira em um povoamento de acácia-negra (*Acácia mearnsii* De Wild.) no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 6, p. 791–798, 2003.

SCHUMACHER, M. V. et al. Produção de serapilheira em uma floresta de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no município de Pinhal Grande-RS. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 28, n. 1, p. 29–37, 2004.

SCHUMACHER, M. V. et al. Espécies predominantes na deposição de serapilheira em fragmento de Floresta Estacional Decidual no Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 21, n. 3, p. 479–486, 2011.

SCHUMACHER, M. V.; POGGIANI, G.; SIMÕES, J. W. Transferência de nutrientes das copas para o solo através da deposição de folheto em povoamento de *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus torelliana*, plantados em Anhembi, SP. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, SP, n. 47, p. 56–61, 1994.

SCORIZA, R. N. et al. Métodos para coleta e análise de serrapilheira aplicados à ciclagem de nutrientes. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, RJ, v. 2, n. 2, p. 01–18, 2012.

SILVA, H. D. DA et al. Alocação de biomassa e ajuste de equações para estimativa de biomassa em compartimentos aéreos de *Eucalyptus benthamii*. **Boletim Pesquisas Florestais**, Colombo, PR, v. 49, p. 83–95, 2004.

SILVA, F. DE A. E. **Assistat (software)**, Versão 7.7 beta. Departamento de Engenharia Agrícola do CCT-UFCG, Campina Grande, PB, 2015.

SOUZA, J. A. DE; DAVIDE, A. C. Deposição de serapilheira 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, MG, v. 7, n. 1, p. 101–113, 2001.

TEDESCO, M. J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre, RS: Departamento de Solos, UFRGS, 1995.

VENDRAMI, J. L. et al. Litterfall and leaf decomposition in forest fragments under different successional phases on the Atlantic Plateau of the state of Sao Paulo, Brazil. **Biota Neotropica**, Campinas, SP, v. 12, n. 3, p. 134–141, 2012.

VIERA, M. et al. Biomassa e nutrientes em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus*, em Eldorado do Sul, RS. **Ecologia e nutrição florestal**, Santa Maria, RS, v. 1, n. 1, p. 1–13, 2013.

VIERA, M. et al. Deposição de serapilheira e nutrientes em plantio de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, RJ, v. 21, n. 3, p. 327–338, 2014.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V. Concentração e retranslocação de nutrientes em acículas de Pinus taeda L. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 19, n. 4, p. 375–382, 2009.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V.; ARAÚJO, E. F. Disponibilização de nutrientes via decomposição da serapilheira foliar em um plantio de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus* plantation. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, RJ, v. 21, n. 3, p. 307–315, 2014.

VITAL, A. R. T. et al. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 28, n. 6, p. 793–800, 2004.

VITOUSEK, P. Nutrient cycling and nutrient use efficiency. **The American Naturalist**, [S.l.], v. 119, n. 4, p. 553–572, 1982.

VOGEL, H. L. M. et al. Avaliação da devolução de serapilheira em uma Floresta Estacional Decidual em Itaara, RS, Brasil. **Ciencia Florestal**, Santa Maria, RS, v. 17, n. 3, p. 187–196, 2007.

ZAIA, F. C.; GAMA-RODRIGUES, A. C. Ciclagem e balanço de nutrientes em povoamentos de eucalipto na região norte fluminense. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 3, p. 843–852, 2004.

CAPITULO II

DECOMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS DE COLHEITA EM POVOAMENTO DE *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* NO ESPÍRITO SANTO

**Decomposição dos resíduos de colheita em povoamento de
Eucalyptus urophylla x *Eucalyptus grandis* no Espírito Santo**

RESUMO

Este estudo teve como objetivos, avaliar a taxa de decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos de colheita de eucalipto, aos nove anos de idade, em diferentes períodos de tempo. O estudo foi realizado em um povoamento comercial de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, localizado em Aracruz, Espírito Santo. A avaliação da taxa de decomposição dos resíduos vegetais e a liberação de nutrientes, foi realizada pelo método de perda de massa em bolsa de *nylon* (*litterbags*). Os *litterbags* foram confeccionados com telas de *nylon* com malha de 2 mm, com dimensões de 20 x 20 cm. Em cada *litterbag* foi adicionado 30 gramas de resíduos de colheita secos, compostos por folhas, galhos, cascas e resíduo combinado (mistura das folhas, galhos e cascas) da espécie *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. As coletas dos *litterbags* em campo foram realizadas aos 30, 90, 180 e 365 dias após a instalação do experimento. Em cada período, foram coletados 24 *litterbags*, sendo 6 por cada tipo de resíduo vegetal. Após a coleta do material, as amostras foram enviadas ao laboratório para determinar os teores de nutrientes, nos seus respectivos períodos de decomposição. A taxa de decomposição (k) dos resíduos vegetais foi considerada lenta, apresentando variações de 0,0010 a 0,0024 para os tratamentos estudados, indicando um tempo necessário de 505 a 1087 dias para a renovação total da serapilheira. Os teores dos macronutrientes tiveram variações significativas até os 180 dias, com maiores teores de N, P, K e Mg para a fração folhas/miscelânea, e para a fração galhos o macronutriente Ca. Os resíduos das folhas funcionaram como fonte de mineralização de N, K, Mg, P, e imobilização de Ca, Fe, Mn e Zn. Os outros resíduos tiveram imobilização para quase todos os nutrientes exceto K.

Palavras-chave: Liberação de nutrientes; taxa de decomposição; *litterbags*.

Decomposition of crop residues in settlement
Eucalyptus urophylla x *Eucalyptus grandis* in the Holy Spirit

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the rate of decomposition and release of nutrients from the eucalyptus crop residues, at nine years old, in different periods of time. The study was conducted in a commercial stand of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, located in Aracruz, Espírito Santo. The evaluation of the decomposition rate of plant residues and nutrient release, was performed by the mass loss method nylon bag (*litterbags*). The litterbags were made with nylon nets with mesh 2 mm, with dimensions of 20 x 20 cm. In each litterbag was added 30 grams of dry crop residues, consisting of leaves, twigs, bark and combined residue (mixture of leaves, branches and bark) of the species *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. The collections of litterbags field were performed at 30, 90, 180 and 365 days after the beginning of the experiment. In each period, 24 litterbags were collected, and 6 for each type of plant residue. After collecting the material, samples were sent to the laboratory to determine nutrient levels in their respective periods of decay. The decomposition rate (k) of the plant residues was considered slow showing changes from 0.0010 to 0.0024 for the treatments, indicating a time required 505-1087 days for the complete renewal of the litter. The levels of macronutrients were significant variations up to 180 days, with higher concentrations in the fractions leaves for N, P, K and Mg, and the branches fraction macronutrient Ca. Waste leaves functioned as a source of mineralization of N, K, mg, P, and immobilization of Ca, Fe, Mn and Zn. Other waste had immobilization for nearly all nutrients except K.

Keywords: Nutrient release; decomposition rate; *litterbags*.

1. INTRODUÇÃO

A serapilheira é constituída de resíduos orgânicos, proveniente da fase de desenvolvimento da floresta, sendo ela, natural ou plantada. Este material depositado sobre o solo contribui para melhorar as condições físicas, químicas e biológicas do solo, promovendo assim uma ciclagem dos nutrientes de modo a diminuir e/ou evitar a saída destes nutrientes do sistema (GRUGIKI, 2011). Segundo Chagas et al. (2007) o conteúdo e a liberação de nutrientes, provenientes dos resíduos culturais, visam favorecer a ciclagem de nutrientes diminuindo a demanda via fertilização mineral.

Durante o processo de colheita florestal gera-se grande quantidade de folhas, cascas e galhos, essas frações são ricas em nutrientes, porém as taxas de decomposição destes componentes são desconhecidas na região do Espírito Santo. Em povoamentos de *Eucalyptus*, o conhecimento sobre os fatores que condicionam a decomposição, pode assumir importante papel no manejo de plantios desta espécie, pois promove melhor utilização dos nutrientes disponíveis pelos resíduos orgânicos e reduzir a fertilização mineral, em ciclo posterior. Para Costa et al. (2005), isto pode possibilitar a elaboração de técnicas de cultivo que melhorem a utilização de nutrientes contidos nos resíduos vegetais.

A velocidade de decomposição da serapilheira é considerada alta quando os valores da taxa de decomposição (k) são maiores que 1,0 (OLSON, 1963). Deste modo, um valor de k baixo, indica que a velocidade de decomposição será mais lenta, consequentemente maior período de tempo para que os nutrientes fiquem disponíveis no solo, e assim possam ser absorvidos pelas as plantas (PAGANO, 1989). Deste modo, estudos relacionados ao entendimento de dinâmicas nutricionais e medidas que maximizem a produção utilizando o mínimo de insumos externos devem ser priorizados.

Nesse contexto, uma abordagem de um estudo que caracterize os processos de decomposição e liberação de nutrientes, de forma a melhorar e contribuir para a fertilidade do solo, com a finalidade de aumentar a produtividade no povoamento de eucalipto apresenta grande relevância sob os aspectos de manejo sustentáveis. Diante disto, propõem-se as seguintes hipóteses: I) A taxa de decomposição é apresenta diferença entre os resíduos de colheita eucalipto; II) A quantidade de nutrientes liberados ocorre de maneira linear entre todos os resíduos de eucalipto.

Diante disto, neste capítulo objetivou-se avaliar a taxa de decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos da colheita de eucalipto, aos nove anos de idade, em diferentes períodos de tempo, em um povoamento de eucalipto híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, Aracruz-ES.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

A localização, descrição da área experimental e das parcelas estudadas, bem como das características de fertilidade do solo no período de estudo estão inseridas no item 2.1. do Capítulo I, desta dissertação. Os dados das variáveis climáticas velocidade do vento (média e máxima), precipitação, temperatura (mínima, média e máxima), Umidade do ar (mínima, média e máxima) e radiação solar, para o período de realização do estudo foram obtidas na Estação Meteorológica de Aracruz, localizadas a, aproximadamente, 2 km do povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (Tabela 2.1.).

Tabela 2. 1. Valores médios das variáveis climáticas acumuladas durante o período de estudo (dezembro/2012 a novembro/2013), no povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, Aracruz, ES

Variáveis Climáticas	Período (dias)			
	30	90	180	360
Velocidade Vento (máx.) (m/s)	6,28*	6,49	5,25	4,91
Velocidade Vento (méd.) (m/s)	2,87	2,81	2,22	2,07
Precipitação total (mm)	20,83	282,19	468,62	922,26
Temperatura do ar (méd.) (°C)	25,69	25,29	23,97	22,99
Temperatura do ar (máx.) (°C)	26,32	25,93	24,57	23,57
Temperatura do ar (mín.) (°C)	25,14	24,74	23,46	22,49
Umidade do ar (méd.) (%)	82,45	83,38	84,46	84,31
Umidade do ar (máx.) (%)	84,66	85,55	86,43	86,21
Umidade do ar (mín.) (%)	79,94	80,90	82,19	82,08
Radiação solar global (média) (W/m ²)	293,73	252,15	212,95	203,59

*Valor total acumulado em cada período.

Os resíduos florestais utilizados para avaliar a decomposição foram provenientes de um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* com nove anos de idade, sendo a decomposição realizada em um povoamento da mesma espécie entre oito e 19 meses de idade, em Aracruz, ES. O povoamento no qual foi realizado amostragem dos resíduos florestais foi implantando em 2002, em uma área de 2,32 ha, com espaçamento de 3,0 x 3,0 metros, tendo por objetivo a produção de celulose e papel.

Para a implantação do povoamento realizou-se o preparo do solo por meio da subsolagem, com uso de uma haste subsoladora à 80 cm de profundidade. Juntamente com o preparo de solo, foi realizado a incorporação de 515 kg ha⁻¹ de fosfato natural reativo no sulco de preparo. Por ocasião do plantio adicionou-se 162 kg ha⁻¹ de NPK (06:30:06) com 0,7% Cu e 1% Zn na etapa de plantio, após 180 dias de plantio adicionou-se 229 kg ha⁻¹ de NPK (12:00:20) com 0,7% de Boro aos 180 dias de plantio, em cobertura. Após o plantio, foram realizados tratos silviculturais como descrito no item 2.1. do Capítulo I, desta dissertação.

2.2. AMOSTRAGEM DOS RESÍDUOS VEGETAIS

No povoamento com nove anos de idade foi demarcado uma área de 540 m², e realizado um inventário florestal para o levantamento dos valores médios de diâmetro a altura do peito (DAP) e da altura (H). Com a posse desses dados, selecionou-se três árvores para serem abatidas, com valores médios de DAP e H, dentro deste sítio.

Em seguida, procedeu-se com a desfolha, descascamento e desganhamento das mesmas sobre lona plástica, o material coletado foi separado nas frações folhas, galhos e cascas (Figura 2.1). Posteriormente foram levados para laboratório, sendo colocados em estufa de circulação de ar, a $\pm 70^{\circ}$ C, por aproximadamente 72 horas até atingirem massa constante.

Figura 2. 1. (A) Povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, com nove anos de idade, (B) folhas (C) galhos e (D) cascas, resíduos utilizados para composição das bolsa de decomposição.



Fonte: Banco de dados da Fibria Celulose S.A.

2.3. AMOSTRAGEM DA DECOMPOSIÇÃO DE RESÍDUOS

Para avaliar a taxa de decomposição dos resíduos vegetais e a liberação de nutrientes, foi utilizado o método de perda de massa em bolsa de *nylon* (*litterbags*) (VIERA; SCHUMACHER; ARAÚJO, 2014). Os *litterbags* foram confeccionados com telas de *nylon* com malha de 2 mm, com dimensões de 20 x 20 cm (diâmetro do *nylon*). Em cada *litterbag* foi colocado 30 gramas de resíduos secos de folhas, galhos e cascas, para o resíduo combinado (mistura das folhas, galhos e cascas) foi colocado uma proporção de 33,33% da espécie *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. Devido à dimensão dos *litterbags* e período de avaliação da decomposição, os galhos foram padronizados quanto ao seu comprimento (15 cm) e diâmetro compreendido entre 2 mm e 2 cm.

Em dezembro de 2012 período em que o povoamento se encontrava com oito meses de idade, foram distribuídos nas seis parcelas (30 x 30 m cada) do povoamento, 16 *litterbags*/parcela, totalizando 96 *litterbags*. Em cada parcela foram alocados quatro *litterbags* de cada resíduo florestal utilizado para decomposição, sendo prendido um conjunto composto por cada tipo de resíduo florestal na base de cinco árvores distintas dentro de cada parcela amostrada, para evitar perdas e danificações, por via operações de manejo silviculturais ou ataque de animais (Figura 2.2.).

Figura 2. 2. Conjunto de *litterbags* distribuído dentro da parcela



Fonte: Banco de dados da Fibria Celulose S.A.

As coletas dos *litterbags* em campo foram realizadas aos 30, 90, 180 e 365 dias após a instalação do experimento. Em cada período, foram coletados 24 *litterbags*, sendo seis por cada tipo de resíduo florestal. O tempo total de avaliação foi adaptado com base em estudos da literatura, que adotaram intervalo entre 0 e 72 meses (SILVA, 2008).

Após coletado, o material remanescente em cada *litterbag* foi limpo com pincel (para retirada de partículas de solo e de possíveis organismos presos aos resíduos) e, em seguida, as amostras foram identificadas, colocadas em sacos de papel e submetidos à secagem em estufa a $\pm 70^{\circ}\text{C}$, por aproximadamente 72 horas, até atingir massa constante. Posteriormente, o material foi pesado em balança de precisão, moída em moinho tipo Willey e encaminhadas ao laboratório para a determinação dos teores dos nutrientes remanescentes em cada período de decomposição.

2.4. TAXA DE DECOMPOSIÇÃO E ANÁLISES QUÍMICAS

2.4.1. Teores de nutrientes

Para a realização das análises químicas as parcelas (1 e 4), (2 e 5) e (3 e 6) foram homogeneizadas formando uma amostra composta para cada tipo de resíduo deste estudo. As amostras de biomassa representativas do tempo zero (período que foi implantado o experimento) e das coletas realizadas nos períodos posteriores foram submetidas a análises químicas, para determinação dos macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) e micronutrientes (Fe, Mn e Zn), conforme metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

2.4.2. Teores de celulose, hemicelulose e lignina.

Os materiais coletados na instalação do experimento no tempo 0 e aos 365 dias após a instalação, foram submetidos às análises dos teores de celulose, hemicelulose e lignina dos resíduos pelo método proposto por Van Soest (1967). Este método consiste em obter-se um resíduo insolúvel em detergente ácido específico denominado de Fibra em Detergente Ácido (FDA), que é constituída em sua quase totalidade por celulose e lignina. Por fim, por meio de reagentes (H_2SO_4 72%), a lignina é solubilizada, completando-se o fracionamento dos constituintes da parede celular, sendo que a celulose é obtida por diferença.

2.4.3. Taxa de decomposição e massa seca remanescente

Após cada período de coleta foi obtido o percentual de matéria seca remanescente (MSR%), de acordo com a metodologia descrita por Olson (1963), calculada por meio da equação 2.1:

$$MSR\% = (MS \times 100) / MSI \quad (2.1.)$$

Em que:

MSR%: Percentual de matéria seca remanescente;

MS: Massa seca remanescente no *litterbag* no tempo, em g;

MSI: Massa seca inicial do *litterbag*, em g.

Os percentuais de massa remanescente de nutrientes, lignina, celulose e hemicelulose, foram obtidos empregando-se o mesmo procedimento utilizado para MSR%. Para determinar a taxa anual de decomposição, o modelo exponencial simples foi ajustado aos dados de (MSR) ao longo do tempo, de acordo com Olson (1963), empregada em estudos semelhantes (ARATO; MARTINS; FERRARI, 2003; VIERA; SCHUMACHER; ARAÚJO, 2014).

$$X = X_0 * e^{-kt} \quad (2.2.)$$

Em que:

X = Peso (g) seco do material remanescente no *litterbag* após um período de tempo (t) em dias;

X₀ = Peso (g) seco inicial do material no *litterbag* (tempo 0);

K = Constante anual de decomposição do resíduo.

O tempo necessário de decomposição dos resíduos foi obtido por meio das equações abaixo (THOMAS; ASAKAWA, 1993).

$$T_{0,5} = \frac{\ln(2)}{k} = 0,693/k \quad (2.3.)$$

Em que:

T_{0,5} = Tempo necessário para que 50% dos resíduos se decomponham;

K = Constante de decomposição do resíduo.

$$T_{0,95} = \ln(3) / k \quad (2.4.)$$

Em que:

T_{0,95} = Tempo necessário para que 95% dos resíduos se decomponham;

K = Constante de decomposição do resíduo.

2.5. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados de decomposição dos resíduos vegetais e dos teores de nutrientes em cada período (0, 30, 90, 180 e 360) foram submetidos à análise de variância, segundo um delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e três repetições, aplicou o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, foi utilizado o programa Assistat 7.7 para realização (SILVA, 2015). Foi aplicado a análise de regressão para a perda de massa e para os teores de nutrientes, em cada resíduo florestal separadamente, ao longo do tempo de decomposição, com o uso do programa R (R Core Team, 2015).

Para avaliar possíveis efeitos promovidos pelos fenômenos meteorológicos, foi realizado uma correlação de Spearman a 5% de significância, com os dados de decomposição dos resíduos e as médias das variáveis climáticas durante o mesmo período dos resíduos em campo, com exceção da precipitação, que foi realizado por meio do seu total acumulado. A mesma correlação, foi realizada para avaliar a relação entre o coeficiente de decomposição e o tempo de meia vida, com as características químicas dos resíduos (celulose, hemicelulose e lignina), com o uso do programa R (R Core Team, 2015).

3. RESULTADOS

3.1. DECOMPOSIÇÃO DE RESÍDUOS FLORESTAIS

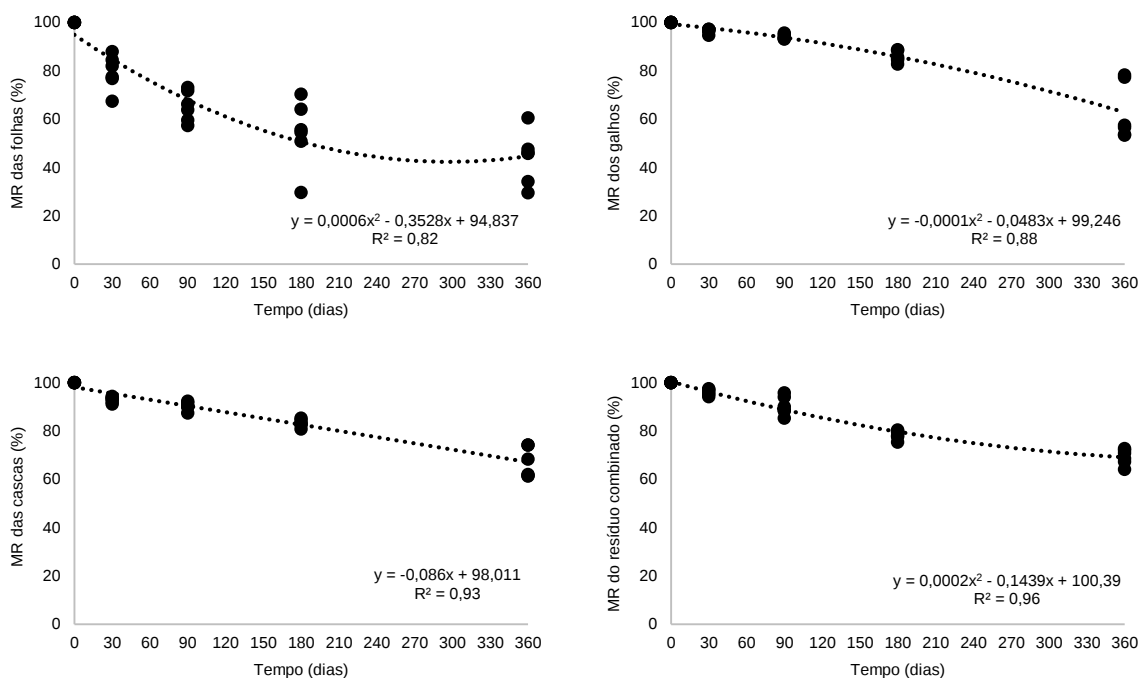
O coeficiente de decomposição de resíduos vegetais (k) é uma maneira para determinar a velocidade de decomposição, sendo os maiores valores de (k) responsáveis por uma decomposição mais rápida, promovendo um aumento na ciclagem de nutrientes do ecossistema. Para este estudo, a taxa de decomposição foi de 0,0024 para a fração folhas, 0,0013 para a fração galhos, 0,0011 para a fração casca e de 0,0010 para o resíduo combinado, com tempo de meia vida de 318, 612, 645 e 686 dias, respectivamente (Tabela 2.2.).

Tabela 2. 2. Taxa de decomposição dos resíduos vegetais (folhas, galhos, casca e resíduo combinado), em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, Aracruz, ES

Material	k (dia ⁻¹)	$t_{0,5}$	$t_{0,95}$	$t_{0,95}$
		(dias)		(anos)
Folhas	0,0024	318	505	1,4
Galhos	0,0013	612	970	2,7
Cascas	0,0011	645	1023	2,8
Resíduo Combinado	0,0010	686	1087	3,0

O modelo matemático polinomial foi o que melhor descreveu a taxa de decomposição dos resíduos folhas, galhos e resíduo combinado, sendo o resíduo composto pelas cascas descrito pelo modelo matemático linear. Foram constatadas diferenças nos valores de correlação para os resíduos vegetais utilizados para decomposição, sendo o resíduo combinado responsável pelo maior R^2 (0,96), e a fração folhas foi a responsável pelo menor R^2 no presente estudo (Figura 2.3.).

Figura 2. 3. Curva de decomposição dos resíduos vegetais (folhas, galhos, casca e resíduo combinado), em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, Aracruz, ES



Em que: MR = massa remanescente.

Fonte: o autor.

3.2. TEORES DE NUTRIENTES REMANESCENTE DOS RESÍDUOS VEGETAIS

Avaliando os teores de nutrientes da massa remanescente dos resíduos vegetais utilizados para decomposição, foi verificada diferença estatística significativa para a maioria dos períodos de estudo (Tabela 2.3 e 2.4) exceto, no período de 360 dias. Os maiores teores de N, P e K da massa remanescente foram observados nas folhas nos períodos 0, 30 e 90, sendo que para o período de 180 dias os teores de N e P continuaram maiores e o K não apresentou diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Já para os Teores de Ca e Mg foram não significativos no período 0 dia (zero dia), com uma variação entre os períodos de 30, 90 e 180 dias.

Tabela 2. 3. Teores médios de macronutrientes da massa remanescente dos resíduos vegetais (folhas, galhos, casca e resíduo combinado), em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, Aracruz, ES

Nutriente (g kg ⁻¹)	Tratamento	Período de deposição (dias)				
		0	30	90	180	360
Nitrogênio	Folhas	14,98 a**	18,46 a	20,58 a	16,38 a	5,72 ns
	Galhos	3,13 b	2,94 b	3,69 ab	4,37 ab	5,32 ns
	Casca	3,50 ab	3,48 ab	2,99 b	3,43 b	5,20 ns
	RC*	7,47 ab	5,20 ab	7,82 ab	5,97 ab	6,32 ns
Fósforo	Folhas	0,79 a	0,73 a	0,66 a	0,49 a	0,26 ns
	Galhos	0,25 b	0,18 b	0,21 ab	0,21 ab	0,25 ns
	Casca	0,30 ab	0,33 ab	0,15 b	0,18 b	0,22 ns
	RC	0,52 ab	0,36 ab	0,24 ab	0,31 ab	0,20 ns
Potássio	Folhas	6,46 a	5,07 a	1,84 a	0,84 ns	0,12 ns
	Galhos	2,00 b	1,40 b	1,25 ab	0,84 ns	0,94 ns
	Casca	2,16 ab	1,40 b	0,64 b	1,19 ns	0,55 ns
	RC	3,96 ab	2,49 ab	1,08 ab	1,33 ns	0,16 ns
Cálcio	Folhas	3,15 ns	4,14 ab	4,65 b	3,87 b	2,66 ns
	Galhos	9,94 ns	3,53 b	6,68 ab	6,99 ab	6,36 ns
	Casca	17,28 ns	23,25 a	12,20 a	14,03 a	15,47 ns
	RC	6,75 ns	8,61 ab	8,85 ab	10,07 ab	10,87 ns
Magnésio	Folhas	2,77 ns	3,05 a	2,81 a	2,29 ab	0,95 ns
	Galhos	1,71 ns	1,15 b	1,46 b	1,96 b	1,71 ns
	Casca	2,24 ns	2,82 ab	2,12 ab	3,13 a	3,00 ns
	RC	2,36 ns	2,03 ab	2,08 ab	2,63 ab	1,57 ns

* Em que: RC = resíduo combinado; ** Médias com letras minúsculas na coluna não diferem entre se ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Para os micronutrientes foi verificado um padrão não significativo para o Zn em todos os períodos e para o Fe nos períodos de 0, 30, 90 e 180 dias, sendo no período de 360 dias encontrando maior teor remanescente para o resíduo folhas (Tabela 2.4). O Mn teve variação estatística significativa em quase todos os períodos com exceção aos 180 dias, com maior teor remanescente para o resíduo folhas.

Tabela 2. 4. Teores médios de micronutrientes da massa remanescente dos resíduos vegetais (folhas, galhos, cascas e resíduo combinado), em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, Aracruz, ES

Nutriente (mg kg ⁻¹)	Tratamento	Período de deposição (dias)							
		0		30		90		180	
Ferro	Folhas	41,18	ns	112,14	ns	326,98	ns	873,81	ns
	Galhos	51,41	ns	24,73	ns	49,25	ns	89,82	ns
	Casca	49,17	ns	52,48	ns	98,37	ns	85,93	ns
	RC*	19,31	ns	137,14	ns	87,95	ns	67,77	ns
Manganês	Folhas	213,59	a**	272,58	a	259,53	a	234,18	ns
	Galhos	106,61	b	108,64	ab	136,20	ab	181,77	ns
	Casca	108,62	b	90,51	b	81,49	b	135,91	ns
	RC	164,78	ab	134,45	ab	140,75	ab	154,83	ns
Zinco	Folhas	14,62	ns	14,04	ns	22,34	ns	23,36	ns
	Galhos	10,94	ns	10,76	ns	16,86	ns	20,54	ns
	Casca	9,16	ns	13,94	ns	8,25	ns	14,54	ns
	RC	11,87	ns	16,18	ns	18,55	ns	17,93	ns

* Em que: RC = resíduo combinado; ** Médias com letras minúsculas na coluna não diferem entre se ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

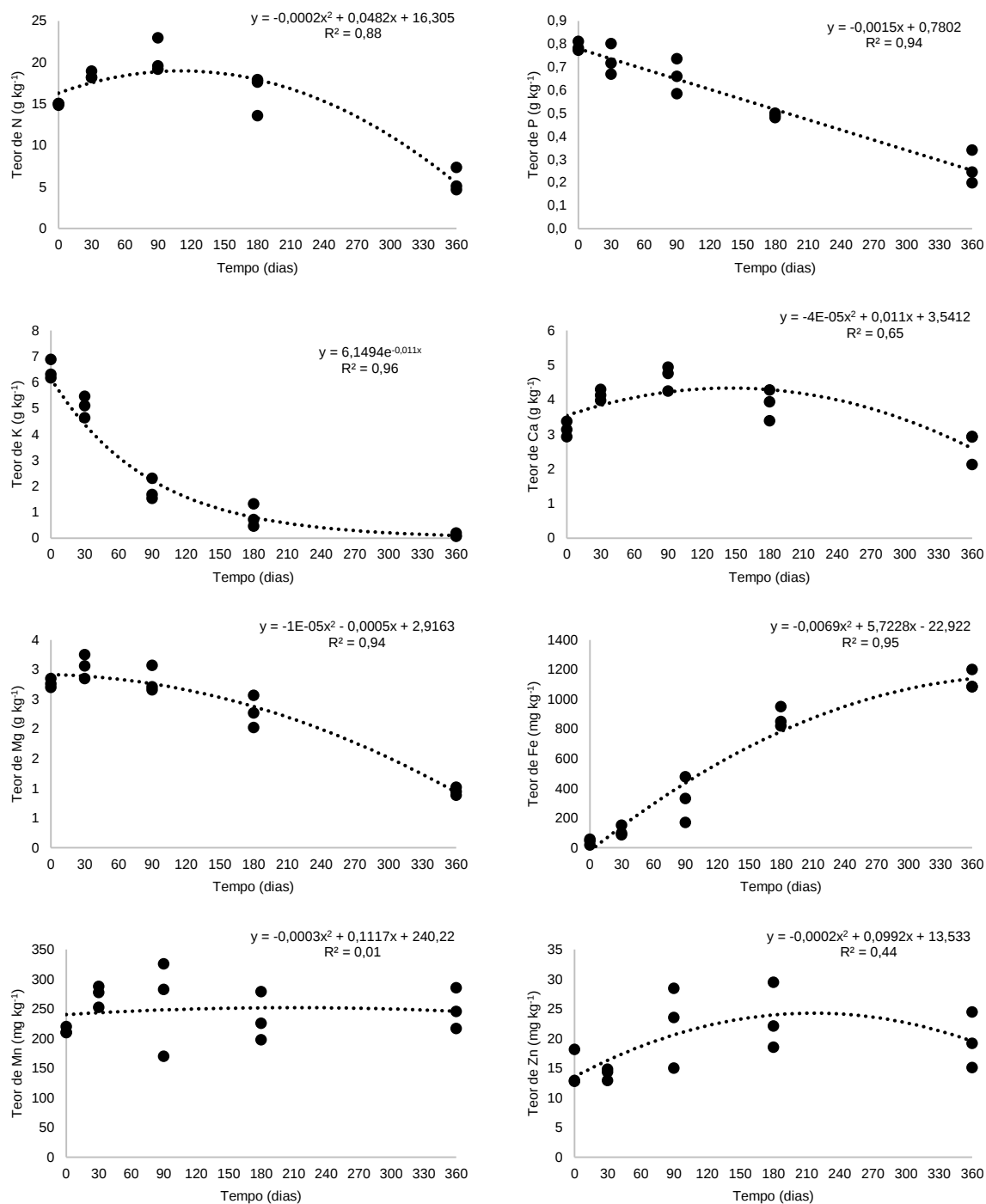
Foi verificado que a perda de massa das bolsas de decomposição das folhas indicou uma diminuição nos teores dos nutrientes N, P, K e Mg. O N e Mg apresentaram um R² de 0,88 e 0,94, respectivamente, e foram ajustados pelo modelo matemático polinomial, para o P e K, o melhor modelo foi o exponencial, com R² de 0,94 e 0,96, respectivamente (Figura 2.4).

Para o teor de Fe foi observado um padrão inverso ao descrito para os nutrientes anteriores, sendo ajustado pelo modelo matemático polinomial. Os teores de Ca e Zn apresentaram o mesmo padrão do Fe, porém com aumento dos teores até os períodos de 90 e 180 dias, respectivamente, com uma leve diminuição a partir desses períodos. O Mn não apresentou correlação entre o seu teor e o tempo (dias) (Figura 2.4).

Para a massa remanescente dos resíduos galhos, os teores N e Mn foram os únicos nutrientes que apresentaram correlações razoáveis que ponderam ser explicada por meio de um R² de 0,68 e por um modelo matemático exponencial para ambos os nutrientes (Figura 2.5.). Para os resíduos cascas não foi verificado nenhuma correlação entre os teores de nutrientes e tempo de decomposição dos resíduos (Figura 2.6.).

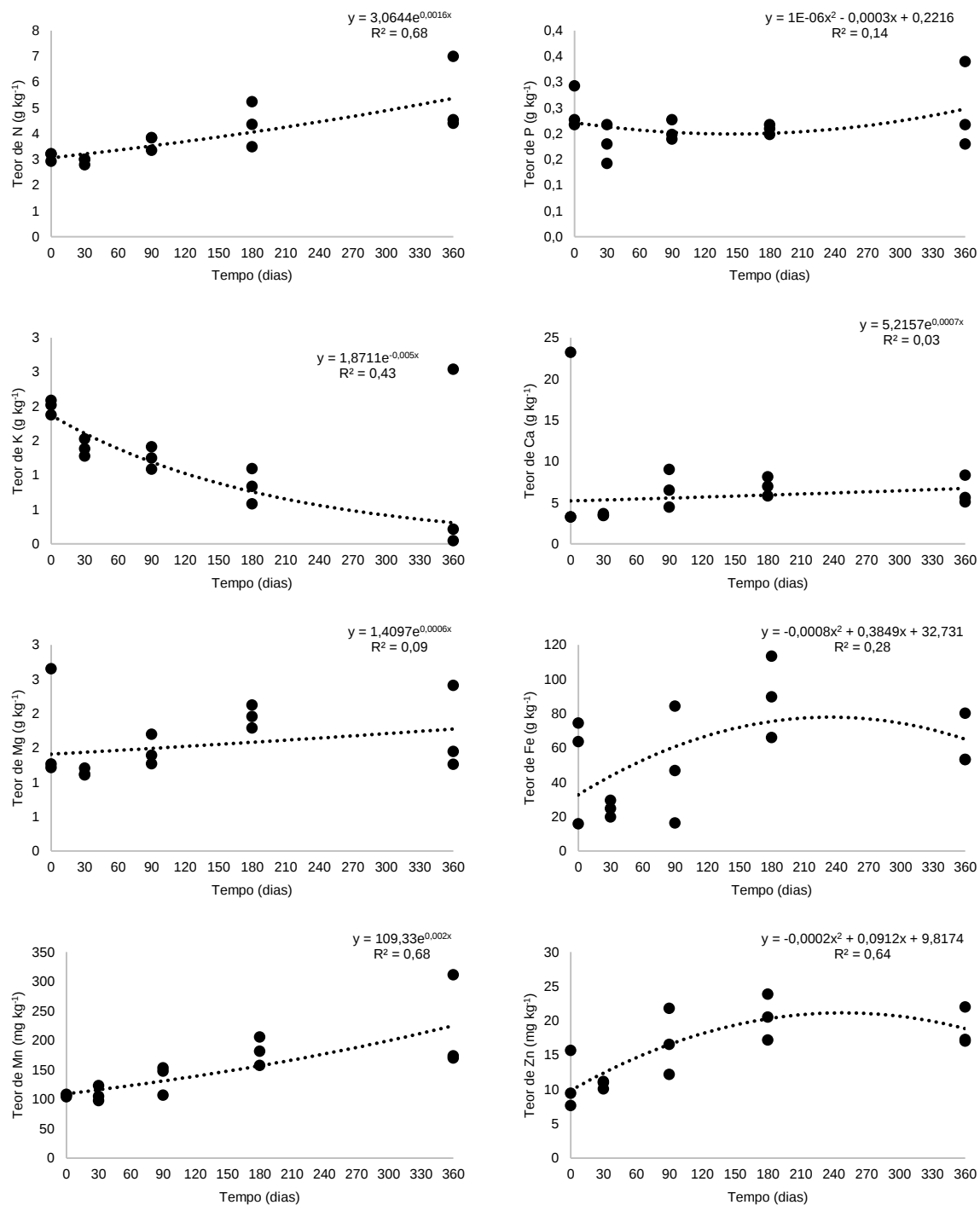
Os teores P e K da massa remanescente do resíduo combinado diminuíram com o tempo, sendo explicada pelos modelos matemáticos polinomial e exponencial, respectivamente. Para o teor de Fe foi observado um padrão inverso, ou seja, aumentou o seu teor com o período em campo das bolsas de decomposição. Para os demais nutrientes não foram encontradas correlações entre os seus teores e os períodos de tempo (dias) de decomposição dos resíduos (Figura 2.7.).

Figura 2. 4. Relação entre o tempo (dias) e os teores de nutrientes das folhas em *litterbags* durante o período de estudo (0, 30, 90, 180 e 360 dias) de avaliação, em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, Aracruz, ES



Fonte: o autor.

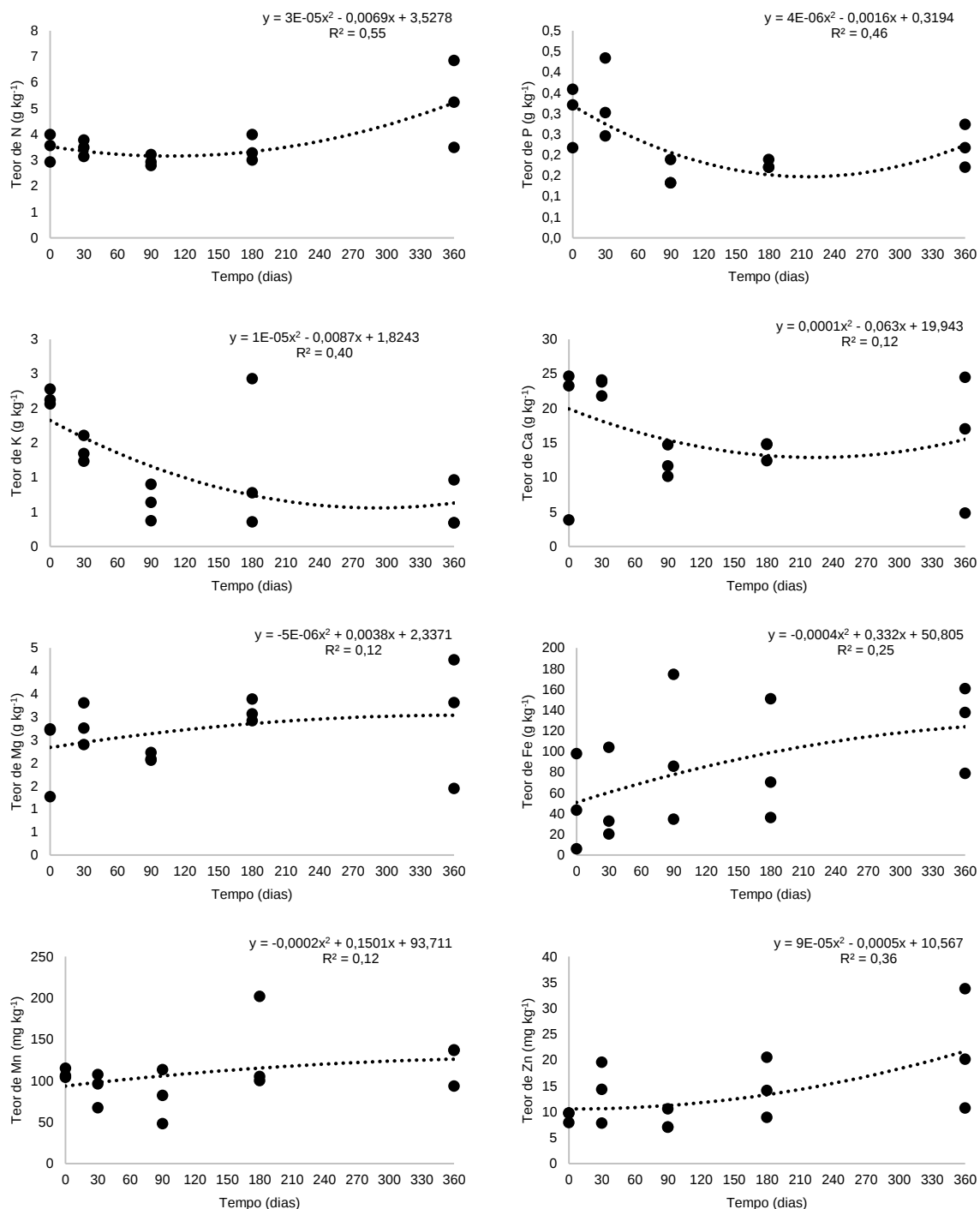
Figura 2. 5. Relação entre o tempo (dias) e os teores de nutrientes dos galhos em *litterbags* durante o período de estudo (0, 30, 90, 180 e 360 dias) de avaliação, em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, Aracruz, ES



Fonte: o autor.

N = nitrogênio; P = Fósforo; K = Potássio; Ca = Cálcio; Mg = Magnésio; Fe = Ferro; Mn = Manganês; Zn = Zinco.

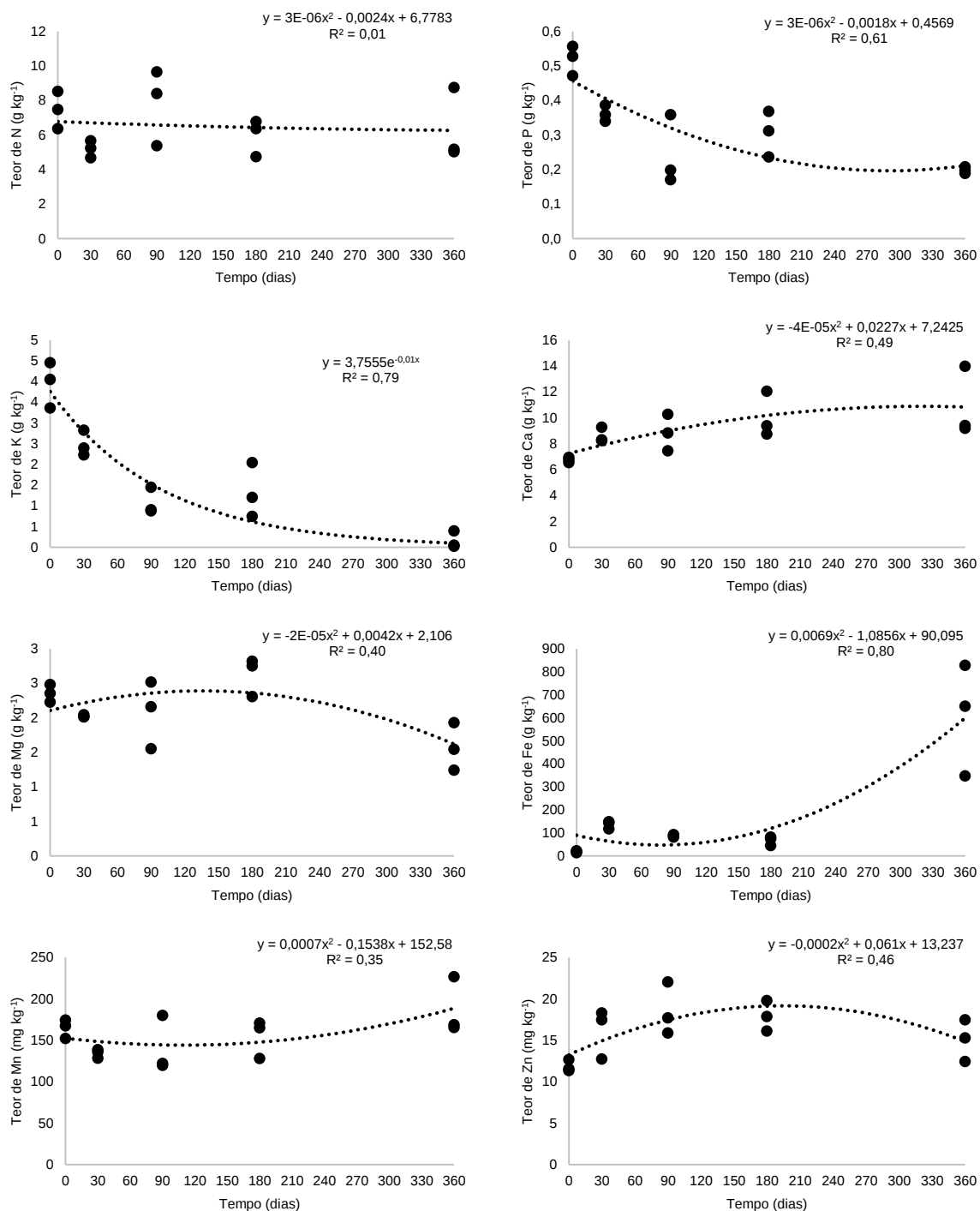
Figura 2. 6. Relação entre o tempo (dias) e os teores de nutrientes das cascas em *litterbags* durante o período de estudo (0, 30, 90, 180 e 360 dias) de avaliação, em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, Aracruz, ES



Fonte: o autor.

N = nitrogênio; P = Fósforo; K = Potássio; Ca = Cálcio; Mg = Magnésio; Fe = Ferro; Mn = Manganês; Zn = Zinco.

Figura 2. 7. Relação entre o tempo (dias) e os teores de nutrientes do resíduo combinado em *litterbags* durante o período de estudo (0, 30, 90, 180 e 360 dias) de avaliação, em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, Aracruz, ES



Fonte: o autor.

N = nitrogênio; P = Fósforo; K = Potássio; Ca = Cálcio; Mg = Magnésio; Fe = Ferro; Mn = Manganês; Zn = Zinco.

No período de decomposição, verificou-se que os quatro tipos de resíduos de colheita foram influenciados por pelo menos quatro variáveis climáticas. A precipitação total teve correlação significativa e negativa com todos os resíduos utilizados para decomposição, ou seja, à medida que ocorreu maior acúmulo de precipitação, a taxa de decomposição foi menor. A umidade do ar (mínima, média e máxima) também foi correlacionada de forma negativa e significativa, porém somente para os resíduos folhas e resíduo combinado (Tabela 2.5).

Para as variáveis temperatura (mínima, média e máxima) foi verificado uma correlação de *Spearman* positiva e significativa, inferindo que temperatura é uma variável reguladora da decomposição no ambiente, podendo verificar por meios dessas variáveis a decomposição de resíduos florestais.

Tabela 2. 5. Correlação de Spearman entre a perda de biomassa dos resíduos de colheita e os elementos climáticos, ao longo do período de estudo, em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, Aracruz, ES

Elementos Climáticos	Folhas	Galhos	Casca	RC ¹
Velocidade Vento (máx.) (m/s)	0,87 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,89 ^{ns}	0,94 *
Velocidade Vento (méd.) (m/s)	0,94 *	0,87 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,98 *
Precipitação total (mm)	-0,97 *	-0,97 *	-0,98 *	-0,98 *
Temperatura do ar (méd.) (°C)	0,97 *	0,95 *	0,96 *	0,99 **
Temperatura do ar (máx.) (°C)	0,97 *	0,94 *	0,96 *	0,99 **
Temperatura do ar (mín.) (°C)	0,97 *	0,95 *	0,96 *	0,99 **
Umidade do ar (méd.) (%)	-0,94 *	-0,70 ^{ns}	-0,74 ^{ns}	-0,90 *
Umidade do ar (máx.) (%)	-0,92 *	-0,66 ^{ns}	-0,70 ^{ns}	-0,87 ^{ns}
Umidade do ar (mín.) (%)	-0,95 *	-0,73 ^{ns}	-0,77 ^{ns}	-0,92 *
Radiação solar global (média) (W/m ²)	0,98 **	0,80 ^{ns}	0,83 ^{ns}	0,95 *

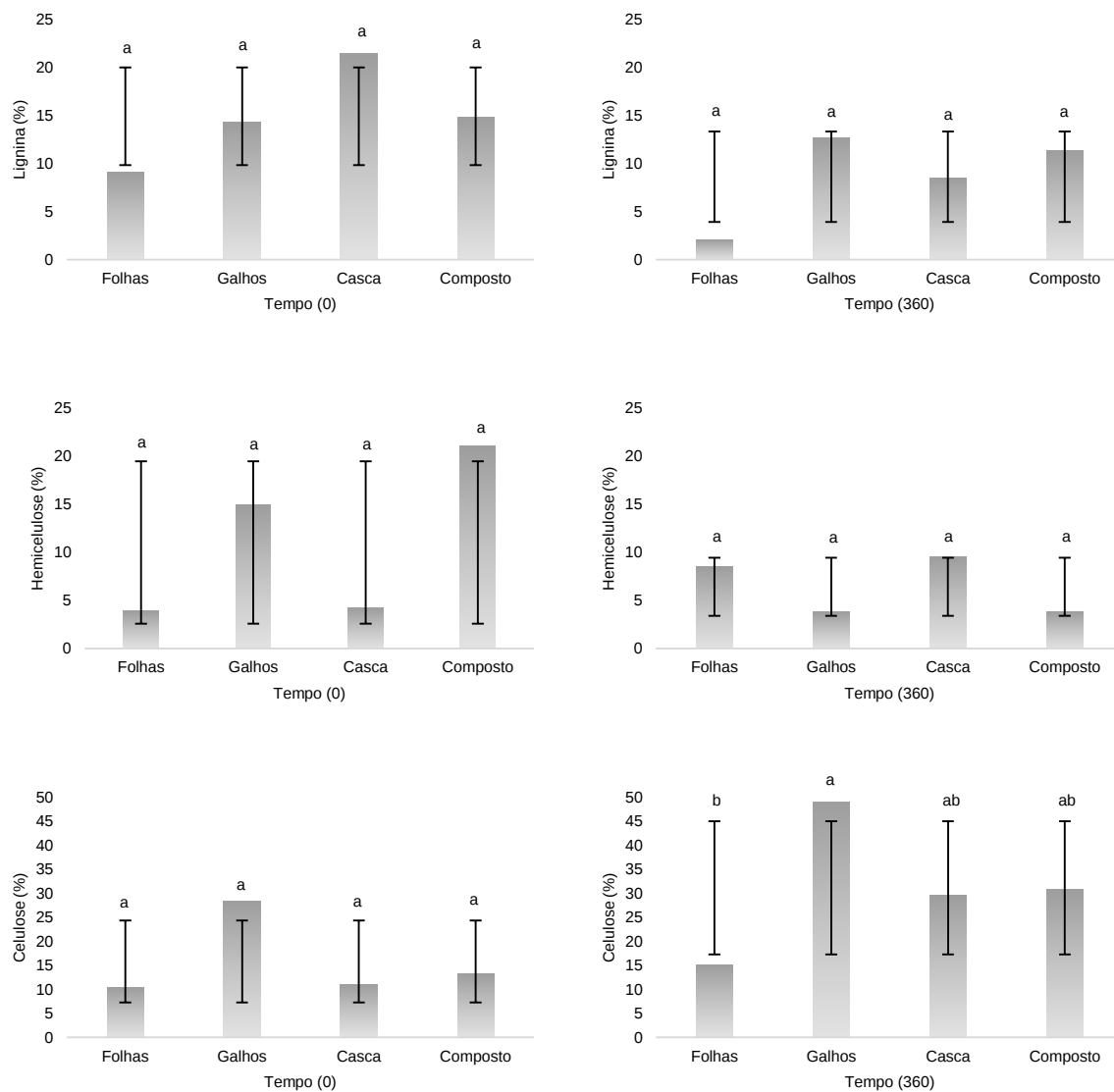
Em que: ¹resíduo combinado; ^{ns} não significativo pelo teste t ($p \leq 0,01$); * Significativo pelo teste t ($p \leq 0,01$); ** Significativo pelo teste t ($p \leq 0,05$).

Avaliando a porcentagem de lignina e hemicelulose nos dois períodos de tempo (0 e 360 dias) não foi verificado nenhuma diferença entre os tipos de resíduos florestais no mesmo período de tempo, apesar de grande diferença nas médias. Nos dois períodos de tempo, foi verificado altos valores de coeficiente de variação na porcentagem de lignina, sendo de 51% para o período inicial, 0 dias, e de 64% para o período 360 dias, pode se observar que o teor de lignina diminuiu com o passar do tempo para todos os resíduos florestais deste estudo (Figura 2.8.). Para a hemicelulose foi observado o mesmo padrão da lignina, com altos coeficientes de variações, 39% para o período 0 dias e de 78% para o período de 360 dias. Os teores

de hemicelulose para os resíduos galhos e resíduo combinado diminuíram, e as folhas e cascas aumentaram, entre o período inicial e final de decomposição (Figura 2.8.).

Diferentemente do que ocorreu na lignina e hemicelulose, a celulose teve diferença estatística significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), porém somente para o período de 360 dias. O resíduo galhos foi a que apresentou o maior teor de celulose aos 360 dias, diferenciando estatisticamente somente do resíduo folhas. E inversamente ao que ocorreu para a lignina, o teor de celulose aumentou durante o período de decomposição para todos os resíduos florestais deste estudo.

Figura 2. 8. Teor de lignina, hemicelulose e celulose presente na massa remanescente dos resíduos florestais no período 0 e 360 dias, em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, Aracruz, ES



Letras diferentes dentro do mesmo período de tempo (0 ou 360 dias) indicam diferenças significativas entre os resíduos florestais, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Fonte: o autor.

4. DISCUSSÃO

4.1. DECOMPOSIÇÃO DE RESÍDUOS FLORESTAIS

Segundo Olson (1963) a velocidade de decomposição da serapilheira é considerada alta quando os valores da taxa de decomposição (k) são maiores que 1,0 e lenta quando menor. Desta forma, a taxa de decomposição foi considerada lenta para todos os resíduos vegetais deste estudo, dentre eles, verificou-se nos resíduos das folhas o maior valor de k 0,0024, necessitando de um período de 318 dias para decompôr 50% da massa deste resíduo. Para os outros resíduos vegetais (galhos, cascas e resíduo combinado) foram observados padrões parecido entre eles, com taxa de decomposição média de 0,0011, e uma média de 647 dias para decompôr 50% da massa destes resíduos.

Segundo Pires et al. (2006), não é comum encontrar valor de k menores que um para florestas tropicais, entretanto, para plantios florestais de *Eucalyptus*, Zaia e Gama-Rodrigues (2004) encontram valores de k entre 0,51 e 1,00, atribuindo essa diferença à concentração de lignina nos tecidos vegetais. Em outro estudo, avaliando a taxa de decomposição da serapilheira em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus* Maidenii, em Eldorado do Sul, RS, entre os 5,6 e 7,5 anos de idade, verificou um valor k de 0,54 (SCHUMACHER et al., 2013).

Em outro povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus*, com seis anos de idade, foi verificado uma taxa de decomposição de 0,44 para o resíduo folhas (VIERA; SCHUMACHER; ARAÚJO, 2014). A elevada taxa de decomposição das folhas em relação aos outros resíduos pode ser atribuída, a composição química presente na sua estrutura fisiológica no período inicial de decomposição e a alta superfície específica, o que pode facilitar a ação dos organismos decompositores (Figura 2.8).

Variações entre os resíduos vegetais para o gênero *Eucalyptus*, também podem estar relacionadas aos fatores externos, que influenciam no processo de decomposição como a variação da umidade e da temperatura do solo, e internos, composição nutricional dos resíduos vegetais (DUTTA; AGRAWAL, 2001; GOYA et al., 2008), podendo também serem atribuídas ao tipo de cobertura florestal e à atividade da fauna do solo (CÉSAR, 1993).

Para Cherobini, Borges e Coelho (2005), a taxa de decomposição (k) está diretamente correlacionada com o tempo, porém tem uma estabilização a partir de aproximadamente 120 dias, possivelmente correspondendo a fase onde resta somente a fração recalcitrante do material vegetal. Em geral, os resíduos vegetais do gênero *Eucalyptus* sp. tem baixa taxa de decomposição, normalmente inferiores a 50% em um ano, sob diferentes condições de manejo e condições edafoclimáticas (GAMA-RODRIGUES; BARROS, 2002; LOUZADA; SCHOEREDER; DE MARCO, 1997). Deste modo, no momento de implantação de um novo povoamento pode-se selecionar uma espécie de acordo com a necessidade específica de ciclagem de nutrientes para um melhor desenvolvimento durante o ciclo produtivo. Segundo Guo e Sims (2001), a baixa taxa de decomposição e a ciclagem de nutrientes resultantes podem ser aumentadas com a escolha de espécies com resíduo florestal mais facilmente decomposto.

Analisando o padrão de decomposição dos resíduos vegetais deste estudo, verificou-se que as folhas tiveram maior perda de massa no período inicial, chegando a 45% de perda, aos 180 dias. Os autores Fernandes et al. (2006), Pegado et al. (2008) e Cunha Neto et al. (2013) também verificaram maior taxa de decomposição nos primeiros meses de avaliação. Enquanto que para os outros resíduos galhos, casca e resíduo combinado foram de 14%, 16% e 21%, respectivamente aos 180 dias. Entretanto, para todos os resíduos vegetais foi verificado uma correlação positiva entre a perda de massa e o tempo de decomposição.

Segundo Shammass et al. (2003), estudando a decomposição de resíduos florestais de *Eucalyptus globulus*, no sudoeste da Austrália, observaram que as folhas decomporam 50% de sua biomassa no primeiros 147 dias. Os mesmos autores, observaram decomposição mais lenta para os resíduos dos galhos e cascas, chegando a uma redução de 29% e 39%, respectivamente, da sua massa inicial no período de 735 dias.

Desta forma é possível inferir que, dentro de povoamentos florestais de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, o resíduo das folhas é o mais eficiente na ciclagem de nutrientes, uma vez que a decomposição desse tipo de resíduo ocorreu de maneira mais acelerada do que nos outros resíduos florestais deste estudo. Isto pode favorecer uma rápida liberação de nutrientes para o solo, que posteriormente serão absorvidos pela vegetação (VIERA et al., 2013).

Conforme Ferraz (2009), esse fato ocorre, devido as elevadas temperaturas e precipitações ocorridas nesse período, no qual favorece a decomposição das folhas e potencializa as diferenças entre os outros resíduos florestais deste estudo. Para Cunha Neto et al. (2013), áreas onde o solo apresenta baixa fertilidade, a rápida liberação de nutrientes pelas folhas é de suma importância para fertilidade do solo.

Em área de *Eucalyptus*, a decomposição dos resíduos vegetais desta espécie é relativamente lenta quando comparada a outras espécies e outros tipos de florestas (DELARMELINA, 2015; FERNANDES et al., 2006). Para Holanda et al. (2015), a quantidade de água é um componente importante e irá influenciar na concentração da umidade local, sendo vital ao processo de decomposição e multiplicação dos microrganismos.

4.2. TEORES DE NUTRIENTES REMANESCENTE DOS RESÍDUOS VEGETAIS

Durante a decomposição, foram verificadas diferenças entre a maioria dos teores de nutrientes dos resíduos de colheita, entre o período de 0 a 180 dias. Isto pode ser atribuído aos maiores teores de lignina e celulose, na composição química destes resíduos (Figura 2.8). Entretanto, a diferença não significativa no período de 360 dias, pode estar relacionada a este mesmo fator, pois durante o período de decomposição, enquanto os nutrientes são liberados para o solo, as concentrações de lignina diminuem, sendo este processo de forma mais acelerada para os resíduos das folhas.

As folhas foram responsáveis pelos maiores teores de nutrientes em todos os períodos de decomposição. Isto era esperado uma vez que neste resíduo encontram-se a maioria das células vivas que tendem acumular maiores quantidades de nutrientes, em razão dos processos de transpiração e fotossíntese, (FERRI, 1995; SCHUMACHER; CALDEIRA, 2001).

Durante o processo de decomposição dos resíduos florestais alguns nutrientes tiveram imobilização, nos resíduos das folhas foi observado principalmente no N e Ca até os 90 dias, após este período estes nutrientes foram mais rapidamente decompostos. Para os resíduos galhos e cascas, o nutrientes N, Mg e Mn, foram os que tiveram imobilização durante todo o processo de decomposição. Diversos estudos indicam que principalmente N e P são imobilizados durante o processo de

decomposição (BALIEIRO et al., 2004; DUTTA; AGRAWAL, 2001; GUO; SIMS, 2001; PARSONS; CONGDON, 2008).

Esta imobilização é verificada quando a perda de massa dos resíduos florestais tem correlação positiva com os teores de nutrientes, demonstrando que quando maior a perda de massa, maior os teores dos elementos nos resíduos. Segundo Dutta e Agrawal (2001), a perda de carbono e os microrganismos são os fatores que favorecem a imobilização dos nutrientes, durante o processo decomposição.

O N foi o macronutriente que teve o maior teor nos resíduos das folhas, tanto no período inicial, como no final do período de decomposição. Apesar de ser reciclado, grande parte ainda permanece nos tecidos senescentes das plantas. Mesmo o N sendo um nutriente móvel na planta, é um dos elementos que apresenta o maior retorno para o solo, via decomposição de resíduos florestais (RIBEIRO, 2014). Ainda segundo o autor, isso pode estar relacionado a grande dinâmica que esse elemento possui no sistema e a adubação que foi realizada na área antes da implantação do povoamento.

Para Monteiro e Gama-Rodrigues (2004), os maiores teores de N após o período de decomposição, possivelmente estão relacionado a maior relação C/N, e ao maior tempo de meia vida do resíduo aportado na área, acarretando em uma decomposição e mineralização mais branda. A decomposição de resíduos vegetais promovem a liberação de nutrientes para o solo, e esse processo controla os teores de nitrogênio que estarão disponíveis para serem novamente absorvidos pelas plantas (CAMPOS et al., 2004).

O P foi o nutriente que teve o menor teor médio entre o período inicial até os 180 dias para todos os resíduos florestais deste estudo, porém teve um padrão de decomposição similar ao N. Shammass et al. (2003), estudando a decomposição de resíduos vegetais de *Eucalyptus globulus*, no sudoeste da Austrália, verificaram que a perda de P nas diferentes partes dos resíduos, provenientes das árvores, seguiu o mesmo padrão do N, demonstrando uma estreita relação entre os dois nutrientes.

Do P aplicado ao solo durante o processo de adubação somente 40% é aproveitado pelas plantas, o restante é fixado fortemente pela acidez do solo (RIBEIRO, 2014). Isto explica o motivo de que as fórmulas de fertilizantes minerais (NPK) terem o teor relacionado ao P em maior quantidade, de modo em que as plantas o exige em pequenas quantidades (NOVAIS et al., 2007). Por outro lado, certa

quantidade de fósforo rapidamente liberados no período inicial de decomposição dos resíduos vegetais estaria associada à perda de frações desse nutriente solúvel em água (GAMA-RODRIGUES; GAMA-RODRIGUES; BRITO, 2007; GIACOMINI et al., 2003).

O K foi o nutriente que teve o menor teor de nutriente aos 360 dias, para todos os resíduos vegetais deste estudo, sendo que aos 90 dias foram liberados (mineralizados) mais de 50% para os resíduos folhas, cascas e resíduos combinados (Figura 2.4. a 2.7.). Tal evidencia está de acordo com o padrão observado por outros autores (COSTA; GAMA-RODRIGUES; CUNHA, 2005; SHAMMAS, 2003). A rápida liberação de K durante os primeiros dias de decomposição indica que a lixiviação seria um dos principais meios de transferência deste nutriente para o solo (CUNHA; GAMA-RODRIGUES; COSTA, 2005; GAMA-RODRIGUES; BARROS, 2002).

A rápida ciclagem do potássio está relacionada a esse nutriente não fazer parte de nenhum componente estrutural da planta, além de se apresentar na forma iônica K^+ o que facilita sua liberação para solo logo após o rompimento dos tecidos vegetais (ROSOLEM; CALONEGO; FOLONI, 2003). Em trabalho realizado por Boer et al. (2007) os autores salientam que o K é um nutriente que deve ser minimizado durante a implantação, com o objetivo de diminuir suas perdas, devido a sua rápida liberação.

Ao contrário do K, o nutriente Ca, apenas uma pequena proporção de Ca^{+2} está na forma iônica, dificultando a sua liberação para o solo, além de ser um nutriente de suma importância na parede celular e membrana dos vegetais (MARSCHNER, 1997). Essas características explicam o aumento dos teores de cálcio nos resíduos das folhas até aos 90 dias, como também explicam a lenta decomposição dos outros resíduos florestais deste estudo.

Os teores de Fe nos resíduos das folhas aumentaram de forma acentuada durante o processo de decomposição, este mesmo padrão foi observado por Viera et al. (2014). No qual os autores, relacionam este aumento à contaminação das bolsas de *litterbags* por partículas de solo, as quais podem ser transportadas pela fauna, pelo desenvolvimento de raízes e/ou pelo impacto das gotas de chuva, mesmo após o processo de retirada de impurezas em laboratório.

Segundo Viera et al. (2010), a etapa de separação das impurezas é muito complexa devido ao processo de decomposição e fragmentação do material analisado. K, Ca, Mg, S e B não tiveram relação significativa com a perda de massa

da serapilheira foliar, demonstrando comportamento instável durante o processo de decomposição.

Por outro lado, além da natureza química dos resíduos vegetais, as variações climáticas também podem determinar mudanças na taxa de decomposição e liberação de nutrientes (GONÇALVES; SARAIVA; TORRES, 2011). Nesse contexto, é possível que o maior ritmo de decomposição observado nas folhas nos 180 dias seja reflexo de um efeito posterior as variações climáticas, uma vez que com exceção da velocidade do vento máxima, todas as outras variáveis se correlacionaram com a decomposição do resíduo das folhas (Tabela 2.5).

A emissão da radiação solar, velocidade do vento e umidade do ar, foram as variáveis que tiveram correlação somente com a presença do resíduo das folhas na sua composição, neste caso, foram as variáveis que mais influenciaram para a maior perda de massa destes resíduos. A correlação entre precipitação total acumulada e temperatura do ar com a perda de massa foram similares entre todos os resíduos (Tabela 2.5.). Silva et al. (2014), verificaram que a decomposição se correlacionou de forma significativa e positiva com a temperatura do ar, corroborando com os dados apresentado neste estudo.

Em trabalho de Silva et al (2014), os autores ressaltam que a decomposição de serapilheira foliar em três sistemas florestais no Sudoeste da Bahia tiveram correlações significativas entre a decomposição do resíduos foliares com a precipitação, temperatura e umidade do solo. Porém, para Xuluc-Tolosa et al. (2003) e Gama-Rodrigues et al. (2003), as variações na taxa de decomposição é justificada mais pela qualidade do material vegetal do que pelas condições ambientais.

Em relação aos teores de lignina nos dois períodos de tempo (0 e 360 dias), foi observado que não apresentaram diferenças estatísticas entre os resíduos vegetais, porém pode ser observar que houve redução entre os resíduos entre os dois períodos. Diante disso, as folhas foram as que tiveram a menor taxa de lignina no período inicial, e a maior taxa de redução entre no período final, comprovando que a lignina é um fator que influência na decomposição dos resíduos florestais.

De acordo com Carvalho et al. (2010), a lignina é a fração orgânica mais resistente à degradação e, portanto, uma das últimas substâncias a serem decompostas. A sua presença dificulta a penetração de organismos decompositores

através da parede celular contribuindo para uma baixa velocidade de decomposição (GALLARDO; MERINO, 1993).

A hemicelulose teve um padrão parecido com o da lignina, no qual não foi verificado nenhuma diferença estatística entre os resíduos dentro de um mesmo período de tempo, porém diferentemente da lignina os resíduos folhas e casca apresentaram um aumento nos seus teores de hemicelulose entre os dois períodos de tempo. Para a celulose foi observado um padrão inverso ao da lignina, no qual todos os resíduos florestais apresentaram um aumento nos seus teores, entre o período inicial e o final do presente estudo. No período de 360 dias foi possível observar diferença estatística entre os resíduos, sendo as folhas diferentemente apenas dos resíduos galhos.

5. CONCLUSÃO

De modo geral, verificou-se que diversos fatores têm influência direta na perda de massa e liberação de nutrientes dos resíduos vegetais de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* para o solo, que vão desde a velocidade do vento, temperatura do ar, umidade do ar, precipitação total, qualidade química do material vegetal, entre outros.

Os resíduos das folhas *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* foram responsáveis pela maior taxa de decomposição e maior liberação de nutrientes durante todo o período de estudo.

O teor de lignina apresentou maior redução para os resíduos das folhas e menor aumento na celulose em relação aos outros resíduos, sendo um indicativo da maior decomposição dos resíduos foliares.

Os resíduos das folhas funcionaram como fonte (mineralização) de N, K, Mg, P, e imobilização de Ca, Fe, Mn e Zn. Os outros resíduos tiveram imobilização para quase todos os nutrientes com exceção do K.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

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

BOER, C. A. et al. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 9, p. 1269–1276, 2007.

CAMPOS, M. L. et al. **Ciclagem de nutrientes em florestas nativas**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2004.

CARVALHO, A. M. DE et al. **Teores de hemiceluloses, celulose e lignina em plantas de cobertura com potencial para sistema plantio direto no cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010. 15 p. (Boletim de pesquisas e desenvolvimento / Embrapa Cerrados).

CÉSAR, O. Produção de serapilheira na mata mesófila semidecídua da Fazenda Barreiro Rico, município de Anhembí, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, SP, v. 53, p. 671–681, 1993.

CHAGAS, E. et al. Decomposição e liberação de nitrogênio, fósforo e potássio de resíduo da cultura do feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 37, n. 1, p. 723–729, 2007.

CHEROBINI, A.; BORGES, P.; COELHO, G. **Modelagem Matemática da decomposição e acúmulo da serrapilheira em um cultivo florestal**. 2005. 34 p. (Boletim da SBMAC - Série II).

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

CUNHA, G. DE M.; GAMA-RODRIGUES, A. C. DA; COSTA, G. S. Ciclagem de nutrientes em *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden no norte fluminense. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 3, p. 353–363, 2005.

CUNHA NETO, F. V. et al. Acúmulo e decomposição da serapilheira em quatro formações florestais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 23, n. 3, p. 379–387, 30 ago. 2013.

DELARMELINA, W. M. **Fertilidade, estoque de carbono orgânico do solo e serapilheira em uma floresta estacional semidecidual submontana**. 2014. 123 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES, 2015.

DUTTA, R. K.; AGRAWAL, M. Litterfall, litter decomposition and nutrient release in five exotic plant species planted on coal mine spoils. **Pedobiologia**, [S.l.], v. 312, p. 298–312, 2001.

FERNANDES, M. M. et al. Aporte e decomposição de serapilheira em áreas de floresta secundária, plantio de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) e andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) na Flona Mário Xavier, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 16, n. 2, p. 163–175, 2006.

FERRAZ, A. DE V. **Ciclagem de nutrientes e metais pesados em plantios de *Eucalyptus grandis* adubados com lodos de esgoto produzidos em diferentes estações de tratamento da região metropolitana de São Paulo**. 2009. (Nota técnica).

FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal** 1. 2. ed. São Paulo: EPU, 1985.

GALLARDO, A.; MERINO, J. Leaf decomposition in two Mediterranean ecosystems of Southeast Spain: influence substrate quality. **Ecology**, [S.l.], v. 74, n. 1, p. 152–161, 1993.

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

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

GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; BRITO, E. C. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em argissolo vermelho-amarelo na região noroeste fluminense (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, n. 3, p. 1421–1428, 2007.

GIACOMINI, S. J. et al. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 9, p. 1097–1104, 2003.

GONÇALVES, S. L.; SARAIVA, O. F.; TORRES, E. **Influência de fatores climáticos na decomposição de resíduos culturais de milho e soja**. Londrina: Embrapa, 2011.

GOYA, J. F. et al. Decomposition and nutrient release from leaf litter in *Eucalyptus grandis* plantations on three different soils in Entre Ríos, Argentina. **Bosque (Valdivia)**, [S.l.], v. 29, n. 3, p. 217–226, 2008.

GRUGIKI, M. A. **Ciclagem de nutrientes em coberturas florestais no sul do Espírito Santo**. 2011. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES, 2011.

GUO, L. B.; SIMS, R. E. H. *Eucalypt* litter decomposition and nutrient release under a short rotation forest regime and effluent irrigation treatments in New Zealand: II. Internal effects. **Soil Biology and Biochemistry**, [S.l.], v. 34, n. 7, p. 913–922, 2001.

HOLANDA, A. C. et al. Decomposição da serapilheira foliar e respiração edáfica em um remanescente de Caatinga na Paraíba. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 39, n. 2, p. 245–254, 2015.

LOUZADA, J. N. C.; SCHOEREDER, J.; DE MARCO, P. Litter decomposition in semideciduous forest and *Eucalyptus* spp. crop in Brazil: a comparison. **Forest Ecology and Management**, v. 94, n. 1-3, p. 31–36, 1997.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. San Diego: Academic, 1997.

MONTEIRO, M. T.; GAMA-RODRIGUES, E. F. Carbono, nitrogênio e atividade da biomassa microbiana em diferentes estruturas de serapilheira de uma floresta natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 5, p. 819–826, 2004.

NOVAIS, R. F. . et al. Fósforo. In: **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 471–537.

OLSON, J. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. **Ecology**, [S.l.], v. 44, n. 2, p. 322–331, 1963.

PAGANO, S. N. Produção de folheto em mata mesófila semidecídua no município de Rio Claro, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, SP, v. 49, n. 3, p. 633–639, 1989.

PARSONS, S. A.; CONGDON, R. A. Plant litter decomposition and nutrient cycling in north Queensland tropical rain-forest communities of differing successional status. **Journal of Tropical Ecology**, [S.l.], v. 24, n. 03, p. 317–327, 2008.

PEGADO, C. M. A et al. Decomposição superficial e subsuperficial de folhas de fava (*Phaseolus lunatus* L.) na região do brejo da paraíba, superficial and subsuperficial. **Revista Caatinga**, Mossoró, RN, v. 21, n. 1, p. 218–223, 2008.

PIRES, L. A. et al. Produção, acúmulo e decomposição da serapilheira em uma restinga da Ilha do Mel, Paranaguá, PR, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, [S.l.], v. 20, n. 1, p. 173–184, 2006.

RCORETEAM. **A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria, 2015. Disponível em: <URL <http://www.Rproject.org/>>

RIBEIRO, F. C. **Deposição e decomposição de serapilheira em área de integração lavoura-pecuária-floresta em Planaltina - DF**. 2014. 52 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade de Brasília, Brasília - DF, 2014.

ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S. Lixiviação de potássio da palhada de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 1, p. 355–362, 2003.

SCHUMACHER, M. V. et al. Produção e decomposição de serapilheira em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus* maidenii. **Cerne**, Lavras, MG, v. 19, n. setembro, p. 501–508, 2013.

SCHUMACHER, M. V.; CALDEIRA, M. V. W. Estimativa da biomassa e do conteúdo de nutrientes de um povoamento de *Eucalyptus globulus* (Labillardière) sub-espécie maidennii. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 11, n. 1, p. 45–53, 2001.

SHAMMAS, K. Contribution of decomposing harvest residues to nutrient cycling in a second rotation *Eucalyptus globulus* plantation in south-western Australia. **Biology and Fertility of Soils**, [S.l.], v. 38, n. 4, p. 228–235, 2003.

SILVA, E. F. DA. **Frações da matéria orgânica e decomposição de resíduos da colheita de eucalipto em solos de tabuleiro costeiros da Bahia**. 2008. 110 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.

SILVA, F. DE A. E. **Assistat (software)**, Versão 7.7 beta. Departamento de Engenharia Agrícola do CCT-UFCG, Campina Grande, PB, 2015.

SILVA, H. F. et al. Decomposição de serapilheira foliar em três sistemas florestais no Sudoeste da Bahia. **Revista brasileira de biociências**, Porto Alegre, RS, v. 12, n. 3, p. 164–172, 2014.

THOMAS, R. J.; ASAKAWA, N. M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. **Soil Biology and Biochemistry**, [S.l.], v. 25, n. 10, p. 1351–1361, 1993.

VAN SOEST, P. J. Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forages. **Journal of Animal Science**, [S.l.], v. 26, p. 119–128, 1967.

VIERA, M. et al. Nutrientes na serapilheira em um fragmento de floresta estacional decidual, Itaara, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 20, n. 4, p. 611–619, 2010.

VIERA, M. et al. Dinâmica de decomposição e nutrientes em plantio de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus* no Sul do Brasil. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, RJ, v. 20, n. 3, p. 351–360, 2013.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V.; ARAÚJO, E. F. Disponibilização de nutrientes via decomposição da serapilheira foliar em um plantio de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, RJ, v. 21, n. 3, p. 307–315, 2014.

XULUC-TOLOSA, F. J. et al. Leaf litter decomposition of tree species in three successional phases of tropical dry secondary forest in Campeche, Mexico. **Forest Ecology and Management**, [S.l.], v. 174, n. 1-3, p. 401–412, 2003.

ZAIA, F. C.; GAMA-RODRIGUES, A. C. Cilcagem e balanço de nutrientes em povoamentos de eucalipto na região Norte Fluminense. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 3, p. 843–852, 2004.