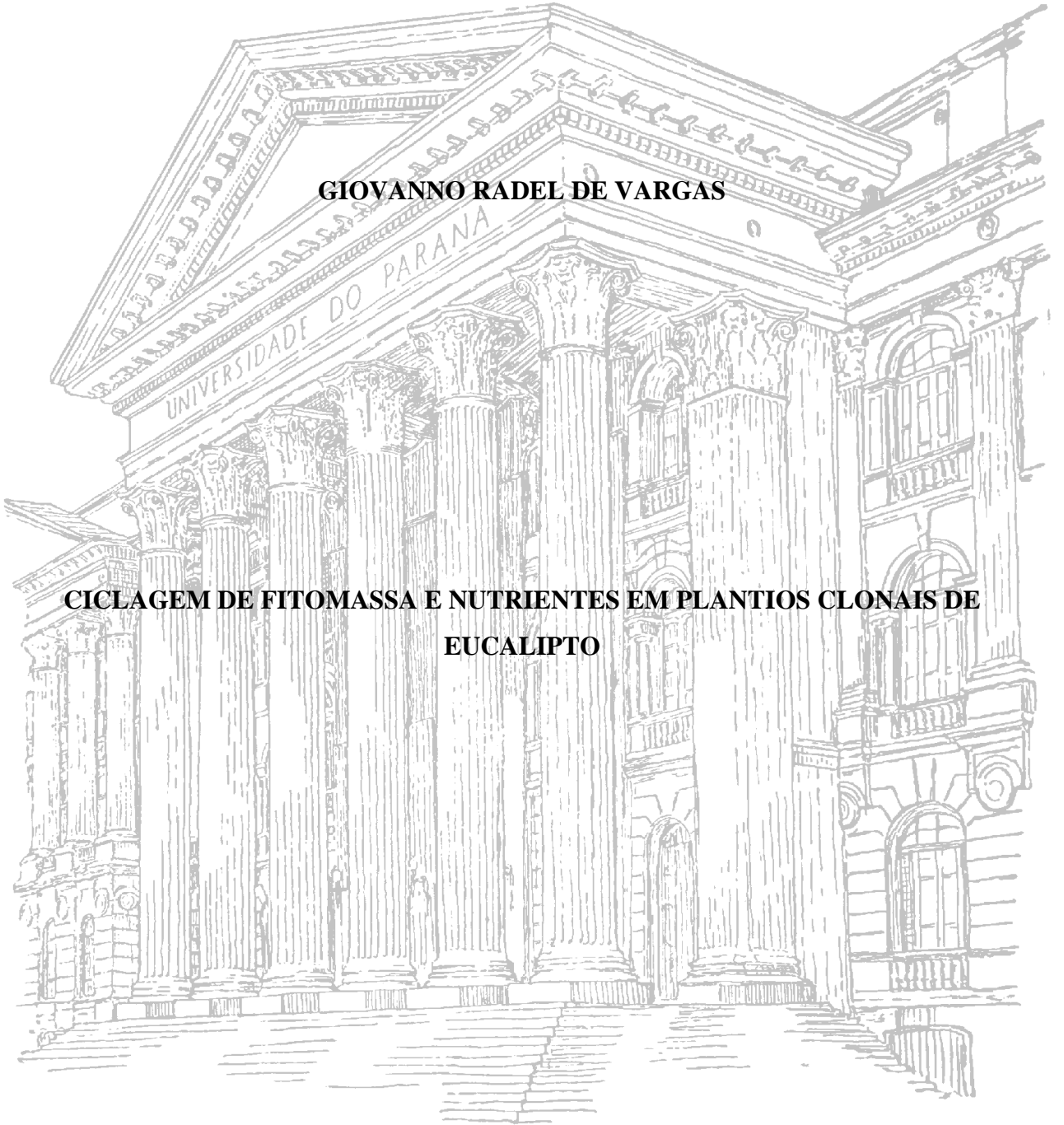


**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**  
**SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

**GIOVANNO RADEL DE VARGAS**

**CICLAGEM DE FITOMASSA E NUTRIENTES EM PLANTIOS CLONAIS DE  
EUCALIPTO**



**CURITIBA**

**2017**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**  
**SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

**GIOVANNI RADEL DE VARGAS**

**CICLAGEM DE FITOMASSA E NUTRIENTES EM PLANTIOS CLONAIIS DE  
EUCALIPTO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração em Solo e Ambiente, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Renato Marques  
Co-orientadora: Profa. Dra. Luciana Duque

**CURITIBA**

**2017**

Vargas, Giovanni Radel de  
V297      Ciclagem de fitomassa e nutrientes em plantios clonais de  
            eucalipto / Giovanni Radel de Vargas. - Curitiba, 2017.  
            123 f.; il.

Orientador: Renato Marques  
Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná.  
Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em  
Ciência do Solo.

1. Serapilheira. 2. Ciclo mineral (Biogeoquímica). 3. Eucalipto -  
Decomposição. I. Marques, Renato. II. Universidade Federal do  
Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação  
em Ciência do Solo. III. Título.

CDU 630\*114




## PARECER

A Banca Examinadora designada para avaliar a defesa da Tese de Doutorado de **Giovanno Radel de Vargas** intitulada: “**Ciclagem de fitomassa e nutrientes em plantios clonais de eucalipto**”, do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após análise do texto e arguição do candidato, emitem parecer pela “**APROVAÇÃO**” da referida Tese. O candidato atende assim um dos requisitos para a obtenção do título de **Doutor em Ciência do Solo - Área de Concentração Solo e Ambiente**.

Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, em Curitiba, 23 de fevereiro de 2017.

  
Prof. Dr. Renato Marques, Presidente

  
Prof. Dr. Fabricio William de Avila, Iº. Examinador

  
Dra. Lucilia Maria Parron, IIº. Examinador

  
Prof. Dr. Alessandro Camargo Angelo, IIIº. Examinador

  
Prof. Dr. Antonio Carlos Vargas Motta, IVº. Examinador

## DEDICATÓRIA

*Aos meus pais, Estelamar e Gilson, meu irmão Giordanno, meus avós Irene e Eugênio, meus tios Edomar e Mirian, e demais familiares, maiores incentivadores da minha caminhada.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e por mais este motivo de felicidade.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Renato Marques, pela amizade, orientação, ensinamentos, confiança, paciência e fundamental colaboração para o término desta tese.

Aos professores do Programa em Ciência do Solo com os quais tive o privilégio de aprender e poder desenvolver todo o andamento deste trabalho.

Aos professores que participaram da banca, que puderam contribuir com a finalização deste trabalho.

A todos os meus colegas e amigos que direta ou indiretamente muito colaboraram para a realização deste trabalho, em especial ao grande amigo durante o mestrado e doutorado Wilson Wagner Ribeiro Teixeira, além dos demais 'irmãos' de orientação Jonas, Hilbert, Cristine, Fabiana e demais colegas que de alguma forma contribuíram para a realização do projeto.

Aos funcionários do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná, aos funcionários da EECFI, da ESALQ, em especial Rildo, Lourival, Elaine e demais funcionários que deram todo suporte mesmo que a 500 km de distância, ao longo dos quase 3 anos de projeto para que este fosse possível; e demais funcionários, professores e estagiários da Unicentro, que de alguma forma contribuíram para que o projeto fosse finalizado.

Aos meus amigos e familiares, em especial meus pais, Gilson e Estela, e aos meus avós Eugênio e Irene, pelo suporte, força e incentivo.

À Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade de realizar este trabalho e a CAPES pela concessão da bolsa de estudos em período parcial do curso.

À Universidade do Centro-Oeste pela possibilidade de aprendizado e por proporcionar as condições para que houvesse a finalização do projeto, mesmo conciliando o mesmo com a docência nos últimos meses do curso.

À Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, pela disponibilidade e todo suporte para que o trabalho fosse executado.

E a todas as demais pessoas que de alguma forma contribuíram para sua conclusão, Muito Obrigado.

*“As nuvens mudam sempre de posição, mas são sempre nuvens no céu. Assim devemos ser todo dia, mutantes, porém leais com o que pensamos e sonhamos; lembre-se, tudo se desmancha no ar, menos os pensamentos”.*

*Paulo Belek*

# CICLAGEM DE FITOMASSA E NUTRIENTES EM PLANTIOS CLONAIS DE EUCALIPTO <sup>1</sup>

Autor: Giovanni Radel de Vargas

Orientador: Prof. Dr. Renato Marques

Co-Orientadora: Prof. Dr. Luciana Duque Silva

## RESUMO GERAL

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar a ciclagem de fitomassa e nutrientes em plantios clonais de eucalipto com e sem desbaste. O trabalho foi conduzido no município de Itatinga, SP, clima Cwa, em povoamentos com oito clones (C219, I-042, 1277, H13, GG100, I224, UROCAM, I144) e um plantio semental de eucalipto (*E. grandis*). O experimento foi um delineamento de parcelas subdivididas. As parcelas foram compostas pelos 8 clones e pelo plantio semental, sendo suas subparcelas as áreas com desbaste (D) e as áreas sem desbaste (SD). As coletas de serapilheira depositada foram realizadas mensalmente de abril de 2014 a abril de 2016; e a serapilheira acumulada em cada estação do ano, entre junho de 2015 e junho de 2016. Em ambos materiais foram determinados os teores de macro e micronutrientes. Foram caracterizados também os atributos químicos e microbiológicos do solo; e os teores de nutrientes nos tecidos foliares e da madeira das plantas. O padrão de deposição e acúmulo de serapilheira mostrou-se associado às estações do ano, com maiores valores na primavera e verão. A fração foliar foi a mais representativa no retorno de fitomassa ao solo. Os valores decrescentes dos teores de nutrientes na serapilheira apresentaram-se na seguinte ordem: Folhas > Galhos > Casca > Órgãos reprodutivos > Restos vegetais. Para a maioria dos materiais genéticos, os teores nutricionais foram maiores nas folhas de serapilheira das áreas em que foi realizado o desbaste seguindo a tendência: N > Ca > Mg > K > P. A decomposição da serapilheira foi ligeiramente maior nas áreas D em comparação com SD. Foram identificadas diferenças quanto aos atributos químicos do solo, aparentemente decorrentes do histórico de uso das áreas, anterior aos plantios; não sendo observadas diferenças nestes atributos entre os tratamentos estudados. Os atributos microbiológicos foram ligeiramente maiores no verão e não foi verificada influência do material genético sobre eles. Houve pouca influência do tipo de tecido vegetal (cerne, alburno ou casca) nos teores dos nutrientes. O desbaste não influenciou a sequência decrescente dos teores dos nutrientes nas folhas, a qual foi semelhante à observada nos tecidos do tronco (N>Ca>Mg>K>P). As avaliações feitas ao longo do projeto mostraram, de maneira geral, pequenas distinções quanto aos processos biogeoquímicos entre os diferentes materiais genéticos avaliados.

**Palavras-chave:** serapilheira, clones, desbaste, biogeoquímica.

---

<sup>1</sup> Tese de Doutorado em Ciência do Solo. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. (124p.) Fevereiro, 2017.



## **BIOMASS AND NUTRIENTS CYCLING IN EUCALYPTUS PLANTATIONS**

*Author: Giovanni Radel Vargas*

*Advisor: Prof. Dr. Renato Marques*

*Co-Advisor: Prof. Dr. Luciana Silva Duque*

### **GENERAL ABSTRACT**

*The aim of this work was to evaluate the biomass and nutrient cycling in clonal eucalyptus plantations with and without thinning. It was carried out in the county of Itatinga-SP, Cwa climate, in nine plots with eight eucalyptus clones (C219, I-042, 1277, H13, GG100, I224, UROCAM, I144) and an *E. grandis* stallion planting. The experimental design was subdivided plots, where plots were composed by the 8 clones and the stallion planting and subplots represented by thinning (D) and no-thinning (SD). The litterfall collections were made monthly from April 2014 to April 2016. To estimate the litterstock, collections were made in each season of the year, between June 2015 and June 2016. Both materials were submitted to nutrient analysis. Soil was characterized by chemical and microbiological analysis, and foliar and wood tissues had their nutrient content determined. Litterfall and accumulation of litterstock were related to the seasons, with higher values during Spring and Summer. The Leaves fraction was the most representative in litterfall. The nutrient content in the litterfall fractions showed the following sequence: Leaves>Branches>Bark>Reproductive organs>Vegetable remains. For most of the genetic materials, nutrient content in the Leaves followed the trend: N>Ca>Mg>K>P. The decomposition was slightly higher in the areas with thinning compared to no-thinning. Differences for chemical soil attributes were apparently due to different land use in the past, and no related to genetic material or stand management. Most of microbiological attributes showed the highest values during Summer, without influence of the genetic material. The type of the wood tissue (heartwood, sapwood or bark) presented very little influence on their nutrient content. Thinning did not influence the decreasing sequence of nutrient contents in the leaves, which was similar to that observed in the trunk tissues (N>Ca>Mg>K>P). The evaluations carried out throughout the project demonstrate only small differences between the different genetic materials regarding the biogeochemical processes evaluated.*

**Key-words:** *litterfall, clones, thinning, biogeochemistry*

## SUMÁRIO

RESUMO GERAL.....	vii
GENERAL ABSTRACT.....	viii
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
MATERIAL E MÉTODOS GERAL.....	4
LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	4
ÁREAS DE ESTUDO .....	7
LITERATURA CITADA .....	9
1 - CAPÍTULO 1 - DEPOSIÇÃO DE FITOMASSA E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA SERAPILHEIRA EM PLANTIOS CLONAIIS DE EUCALIPTO.....	14
RESUMO.....	14
ABSTRACT.....	15
1.1 – INTRODUÇÃO.....	16
1.2 – MATERIAL E MÉTODOS.....	17
1.2.1 - Coleta e análises de material vegetal.....	17
1.2.1.1 - Coletas de serapilheira depositada.....	17
1.2.1.2 – Análises químicas das frações de serapilheira depositada.....	19
1.2.1.3 – Tratamento dos dados e análises estatísticas.....	19
1.3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
1.3.1 – Deposição de serapilheira.....	20
1.3.2 – Concentração de nutrientes na serapilheira depositada.....	25
1.3.3 - Quantidade de nutrientes na serapilheira depositada.....	29
1.4 – CONCLUSÕES.....	30
1.5- LITERATURA CITADA.....	31
2 - CAPÍTULO 2 – ACÚMULO DE FITOMASSA E TEORES DE NUTRIENTES E DECOMPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA EM PLANTIOS CLONAIIS DE EUCALIPTO.....	38
RESUMO.....	38
ABSTRACT.....	39
2.1 - INTRODUÇÃO.....	40
2.2 – MATERIAL E MÉTODOS.....	42

2.2.1 - Coleta e análises de material vegetal.....	42
2.2.1.1 - Coletas de serapilheira acumulada.....	42
2.2.1.2 – Estimativa de decomposição de serapilheira.....	42
2.2.1.3 - Análises químicas da serapilheira.....	43
2.2.1.4 - Tratamento dos dados e análises estatísticas.....	43
2.3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
2.3.1 – Serapilheira Acumulada.....	43
2.3.2 - Estimativas de decomposição da serapilheira.....	47
2.3.3 – Concentração de nutrientes na serapilheira acumulada.....	49
2.4 – CONCLUSÕES.....	53
2.5- LITERATURA CITADA.....	53
<b>3 - CAPÍTULO 3 – ATRIBUTOS QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DO SOLO EM PLANTIOS CLONAIIS DE EUCALIPTO.....</b>	<b>60</b>
RESUMO.....	60
ABSTRACT.....	61
3.1 – INTRODUÇÃO.....	62
3.2 – MATERIAL E MÉTODOS.....	63
3.2.1 - Coletas e análises de solo.....	63
3.2.2 - Atributos químicos do solo.....	64
3.2.3 - Atributos microbiológicos do solo.....	64
3.2.3.1 - Carbono (CBM) e da Biomassa Microbiana.....	64
3.2.3.2 - Respiração Basal Acumulada (RBA).....	65
3.2.3.3 - Quociente metabólico.....	66
3.2.4 – Tratamento dos dados e análises estatísticas.....	66
3.3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	67
3.3.1 – Atributos químicos do solo.....	67
3.3.2 – Atributos microbiológicos do solo.....	69
3.3.2.1 – Respiração Basal Acumulada.....	69
3.3.2.2 – Carbono da Biomassa Microbiana.....	70
3.3.2.3 – Quociente metabólico.....	72
3.4 – CONCLUSÕES.....	73
3.5- LITERATURA CITADA.....	74

4 - CAPÍTULO 4 – AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE ÁRVORES DESBASTADAS EM PLANTIOS CLONAIIS DE EUCALIPTO.....	80
RESUMO.....	80
ABSTRACT.....	81
4.1 – INTRODUÇÃO.....	82
4.2 – MATERIAL E MÉTODOS.....	83
4.2.1 - Coletas de madeira e de tecido foliar vivo.....	83
4.2.2 - Análises químicas.....	83
4.2.3 – Tratamento dos dados e análises estatísticas.....	83
4.3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	84
4.3.1 – Teores de nutrientes nos diferentes compartimentos.....	84
4.3.2 – Estado nutricional de tecido foliar vivo.....	87
4.4 – CONCLUSÕES.....	89
4.5 - LITERATURA CITADA.....	89
CONCLUSÕES GERAIS.....	94
BIBLIOGRAFIA GERAL.....	95

## INTRODUÇÃO GERAL

Atualmente, o Brasil possui cerca de 7,1 milhões de hectares de florestas plantadas. Desta área, aproximadamente cinco milhões de hectares são ocupados por espécies do gênero *Eucalyptus*, o que representa cerca de 0,7% do território nacional (ABRAF, 2013). As florestas plantadas são responsáveis por abastecer quase a metade do mercado brasileiro de madeira. No setor de papel e celulose, a madeira utilizada como matéria-prima tem origem quase que exclusivamente de florestas plantadas (SNIF, 2016), o que coloca o país em lugar de destaque entre os que cultivam estas essências florestais.

A produção e a demanda de madeira têm aumentado nos últimos anos e tende a continuar crescendo. Assim o cultivo de eucalipto ocupa extensas áreas com distintas características no Brasil, com destaque para os estados de São Paulo, Minas Gerais, Bahia, Espírito Santo, Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul, Paraná e Santa Catarina (BRACELPA, 2009).

Uma maneira de alcançar ganhos consideráveis de produção é pela utilização da propagação clonal do eucalipto; que propicia maior produção e melhor qualidade de madeira, redução na idade do corte e dos custos de exploração e transporte durante a colheita, além de maximizar os ganhos; principalmente por manter características favoráveis nas plantas e evitar a variabilidade que ocorre quando da utilização de sementes (Lopes, 2008). Algumas características desejadas quando da escolha de um material genético adequado envolvem alguns fatores como finalidade do plantio, adaptabilidade do material genético às condições edafoclimáticas, silvicultura das espécies, rentabilidade, eficiência nutricional entre outras características desejáveis (Silva, 2017).

A rápida taxa de crescimento destas florestas faz com que ocorra elevada demanda sobre os recursos do solo, em especial água e nutrientes (Bellote et al., 2008). A produção de fitomassa do eucalipto varia entre diferentes ambientes, e as características dos solos e das plantas desempenham um importante papel na determinação de diferenças em produtividade. Desta forma, a escolha de espécies mais eficientes em utilizar nutrientes, que conservem os resíduos das culturas na área por mais tempo, e de ciclo de crescimento longo o suficiente para permitir a máxima eficiência da ciclagem de nutrientes faz com que ocorra maior conservação do ecossistema (Melo et al., 1995; Zaia & Gama-Rodrigues, 2004).

A disponibilidade de nutrientes é um dos principais fatores para o crescimento de espécies arbóreas. Uma significativa parte dos nutrientes disponíveis às plantas está associada à ciclagem biogeoquímica, que envolve transferência de nutrientes no sistema em estado

contínuo, onde as plantas retiram os nutrientes para o seu desenvolvimento e estes retornam ao solo na forma de serapilheira (Corrêa et al., 2006).

A ciclagem biogeoquímica de nutrientes envolve, entre outros fluxos, as trocas de elementos minerais entre a vegetação e o solo; sendo assim, seu estudo permite obter informações sobre as relações entre estes componentes dos ecossistemas (Jordan, 1985; Selle, 2007). Os principais nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas estão divididos, conforme as quantidades exigidas, em macronutrientes (C, H, O, N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn e Ni), estando estes, em estado de transferência contínua nos ecossistemas e no sistema solo-planta, onde estas retiram os nutrientes do solo e os utilizam em seu metabolismo, para posteriormente retornarem ao solo na forma de serapilheira (Corrêa et al., 2006).

Existem algumas vias pelas quais os nutrientes podem retornar ao solo, sendo a deposição/decomposição da serapilheira, a principal delas; mas estes podem retornar ao solo também por processos de lavagem ou lixiviação de nutrientes da biomassa viva (folhas, galhos, troncos) e morta (serapilheira), ocasionada principalmente pela precipitação (Dickow, 2010).

Estudos e avaliações sobre a ciclagem de nutrientes em essências florestais, especialmente em áreas de florestas plantadas com espécies como o eucalipto, permitem avaliar possíveis alterações devido às técnicas de manejo aplicadas; e possibilitam avaliações a respeito da sustentabilidade ambiental da produção nestes sistemas (Gama-Rodrigues & Barros, 2002).

Segundo Gonçalves et al. (1997), normalmente ocorre boa relação entre a taxa de acúmulo de nutrientes e a de crescimento em eucalipto; assim, informações sobre a fertilidade do solo e relativas ao processo de ciclagem de nutrientes são fundamentais para se conseguir elevar e manter a produção florestal desses plantios (Gama-Rodrigues et al., 2005).

Informações em relação aos nutrientes encontrados no solo, na serapilheira e na fitomassa das plantas são importantes para a definição de estratégias para manutenção da sustentabilidade florestal (Spangenberg et al., 1996). Alguns destes fatores também alteram o manejo e oferta de nutrientes, podendo ocorrer variações no crescimento e na produtividade dessas florestas. Neste caso, pode-se dizer que estes nutrientes minerais interferem direta ou indiretamente no desenvolvimento das plantas (Chiodini et al., 2013).

O manejo nutricional de um povoamento florestal requer a quantificação dos estoques e dos fluxos de entrada e saída de nutrientes no sistema. Em florestas plantadas, a quantidade de nutrientes exportados do solo durante a exploração florestal é de grande importância na

definição do balanço nutricional durante os cultivos (Leite et al., 2004; Costa et al., 2005). Para que ocorram altos níveis de produção, são necessários acúmulos de quantidades adequadas de nutrientes nos diversos compartimentos das árvores; caso contrário, a ciclagem pode resultar em menor crescimento das plantas (Bellote & Silva, 2000).

O ambiente afeta a composição química dos vegetais afetando a qualidade e quantidade de serapilheira; assim, plantas que crescem em solos com boa fertilidade normalmente possuem teores mais elevados de alguns nutrientes, como nitrogênio e fósforo, por exemplo, resultando em uma serapilheira com maiores teores destes nutrientes (Lambers et al., 1998).

Em geral, a quantidade de serapilheira depositada possui correlação com a fitomassa produzida, normalmente ocorrendo melhor decomposição em áreas de maior produção (Reissmann & Wisniewski, 2000). Alterações observadas em alguns fatores como o ambiente e a fertilidade, determinadas estas também pelo manejo e uso do solo, são importantes não somente para a variação observada na deposição da serapilheira, como também para o melhor desenvolvimento das plantas e para a sustentabilidade do ecossistema (Carneiro et al., 2009).

A serapilheira exerce efeitos benéficos sobre propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Uma vez depositada no solo é submetida aos processos de decomposição e de liberação dos nutrientes, os quais podem ser absorvidos pelas plantas, proporcionando melhor desenvolvimento das árvores no ecossistema (Martius et al., 2004). Diversos fatores são responsáveis por variações na decomposição; é possível verificar que espécies que crescem em solos pouco férteis aumentam a produção de compostos de defesa nos tecidos vegetais, contribuindo para diminuição na taxa de decomposição (Caldeira et al., 2008).

Além disso, a serapilheira faz com que ocorra aumento da capacidade de troca de cátions, sendo também a principal via de transferência de carbono, nitrogênio, fósforo e cálcio para o solo nos ecossistemas florestais (Bertalot et al., 2004).

Espécies florestais utilizadas comercialmente normalmente têm sido implantadas sobre solos altamente lixiviados, sendo estes em sua maioria de baixa disponibilidade nutricional (Melloni et al., 2008). Assim, segundo Kiehl (1985), a manutenção da serapilheira no campo, além de contribuir para o aumento nos teores de matéria orgânica, contribui também para aumento na capacidade de retenção de água no solo; diminui a susceptibilidade à erosão na área devido à camada protetora que é formada por sua presença e é fonte de energia para os organismos que participam da ciclagem biogeoquímica, contribuindo para o melhor desenvolvimento destas espécies. Pode-se dizer então que a decomposição da serapilheira é

um processo de grande importância para a manutenção da fertilidade e da produtividade nos mais diversos ecossistemas (Prescott, 2005).

Embora os nutrientes sejam fator fundamental no crescimento das plantas de eucalipto, principalmente devido à baixa fertilidade da maioria dos solos onde estas espécies são implantadas, a demanda nutricional tem sido deixada de lado durante o processo de seleção dos clones a serem utilizados em cada área (Rosado et al., 2012). E existem muitos poucos trabalhos com enfoque na alocação de nutrientes na biomassa de eucalipto, como os realizados por Santana et al. (2002) e Viera et al. (2014). Outros trabalhos desta natureza são necessários em outras regiões do Brasil, para se compreender melhor os fatores que condicionam diferentes clones na conversão dos nutrientes em fitomassa, ou seja, o entendimento de sua eficiência nutricional em diferentes regiões geográficas, condicionadas a diferentes condições de solo e clima.

O conhecimento da maneira como ocorre a ciclagem de nutrientes e fitomassa em cultivos de eucalipto é essencial para as tomadas de decisões, principalmente em relação às práticas de conservação e reposição de nutrientes nos ecossistemas florestais. A melhor compreensão do funcionamento biogeoquímico das áreas de estudo pode subsidiar ações de manejo em prol da sustentabilidade da produção. Outro aspecto importante está relacionado com o fato de que a ciclagem é caracterizada como importante serviço ambiental, contribuindo para a manutenção, e mesmo para a elevação, da fertilidade em ecossistemas florestais.

Neste contexto, o objetivo geral do presente trabalho foi avaliar a ciclagem de fitomassa e nutrientes no contexto de plantios com diferentes materiais genéticos de eucalipto, com e sem desbaste, em Itatinga-SP.

## **MATERIAL E MÉTODOS GERAL**

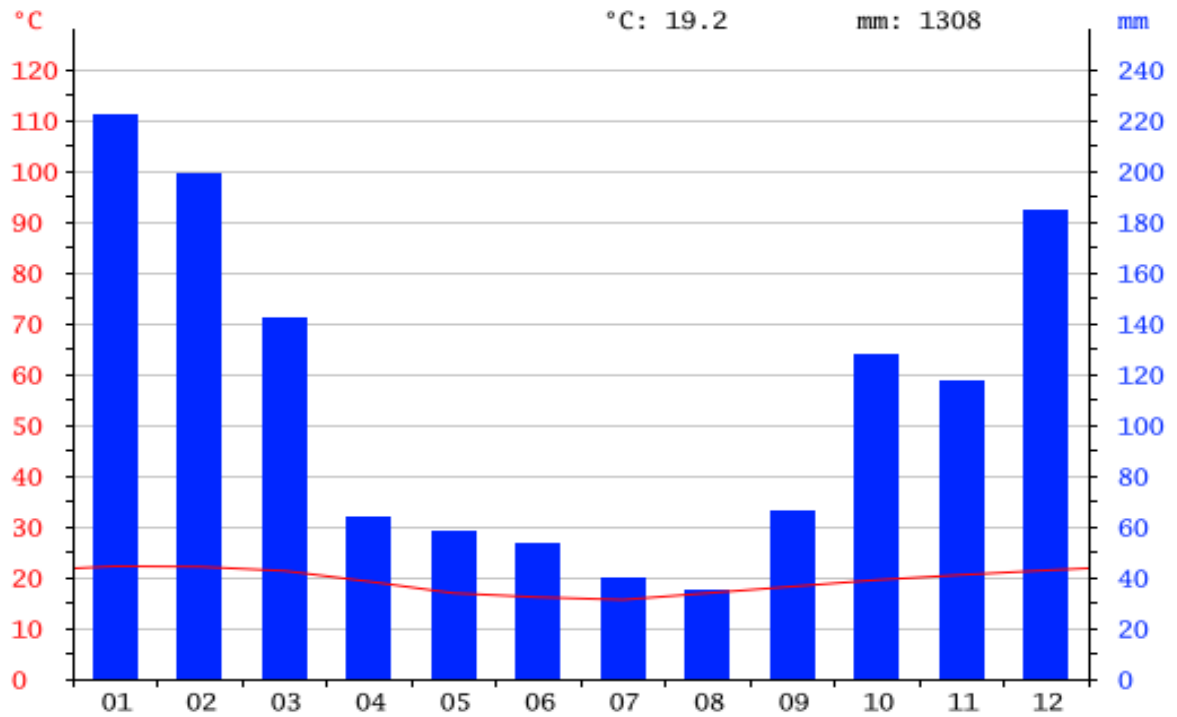
### **Localização e caracterização da área de estudo**

Este projeto foi desenvolvido na Estação Experimental de Ciências Florestais de Itatinga (EECFI), pertencente à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) da Universidade de São Paulo (USP), a qual está situada na região centro-sul do interior do estado de São Paulo, coordenadas 23°10' S e 48°40' W, no município de Itatinga (Figura 3).

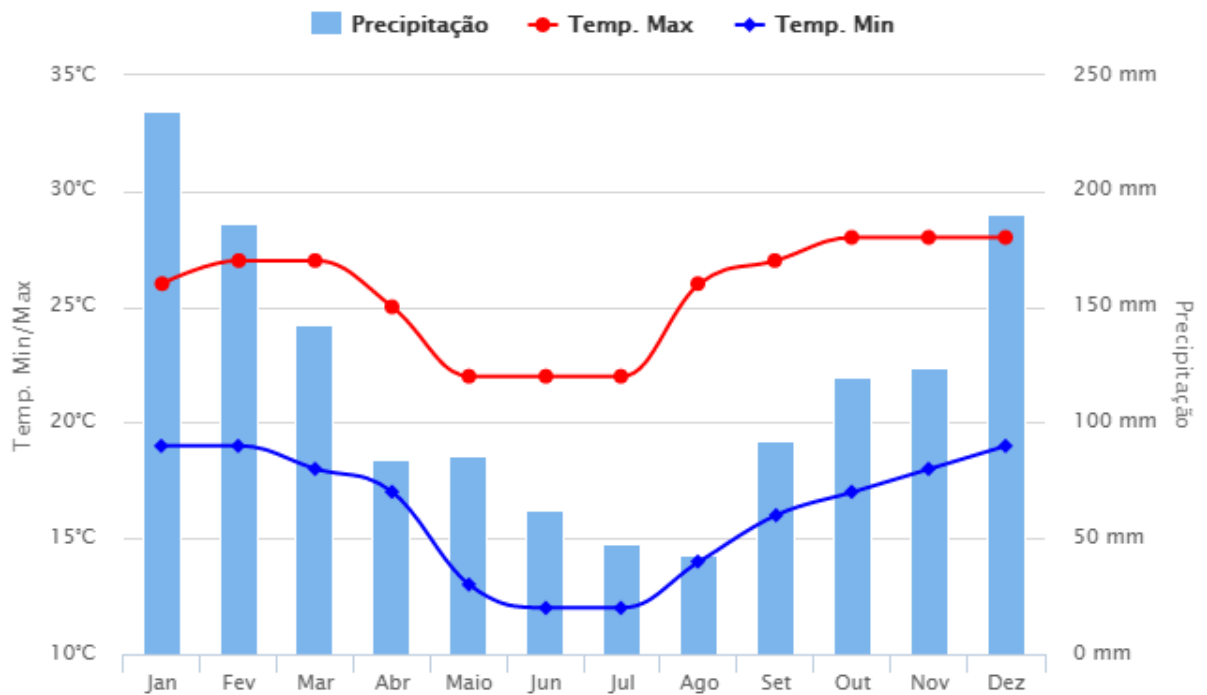
A área da EECFI (Figura 4) é de aproximadamente 2119,6 ha. O relevo da área é em sua maioria suave ondulado, com altitude aproximada de 850 m, tendo predominantemente solos classificados como Latossolos Vermelhos de textura arenosa. O clima é definido como



temperado úmido com Inverno seco (Cwa), segundo a classificação de Köppen. A temperatura média anual da área é próxima dos 20 °C com temperaturas mínimas durante o ano em torno de 5 °C e temperaturas máximas em torno de 30 °C (INMET, 2017; Climate-Data, 2015). A precipitação média anual é de 1300 mm (Figuras 1 e 2) e a região faz parte da bacia hidrográfica do Rio Paranapanema (ESALQ, 2014).



**Figura 1** – Precipitação e Temperatura média em Itatinga no ano de 2014 (Climate-Data, 2015).



**Figura 2** – Precipitação e Temperaturas máxima e mínima em Itatinga nos últimos 30 anos. (INMET, 2017).

A vegetação original da região é classificada como Floresta Estacional Semidecidual, pertencente predominantemente ao bioma Mata Atlântica (Pisani, 2009). Especificamente a área da ECCFI é composta por diversos experimentos da área florestal com predominância de plantios clonais de espécies do gênero *Eucalyptus*.



**Figura 3** – Localização do município de Itatinga no estado de São Paulo.

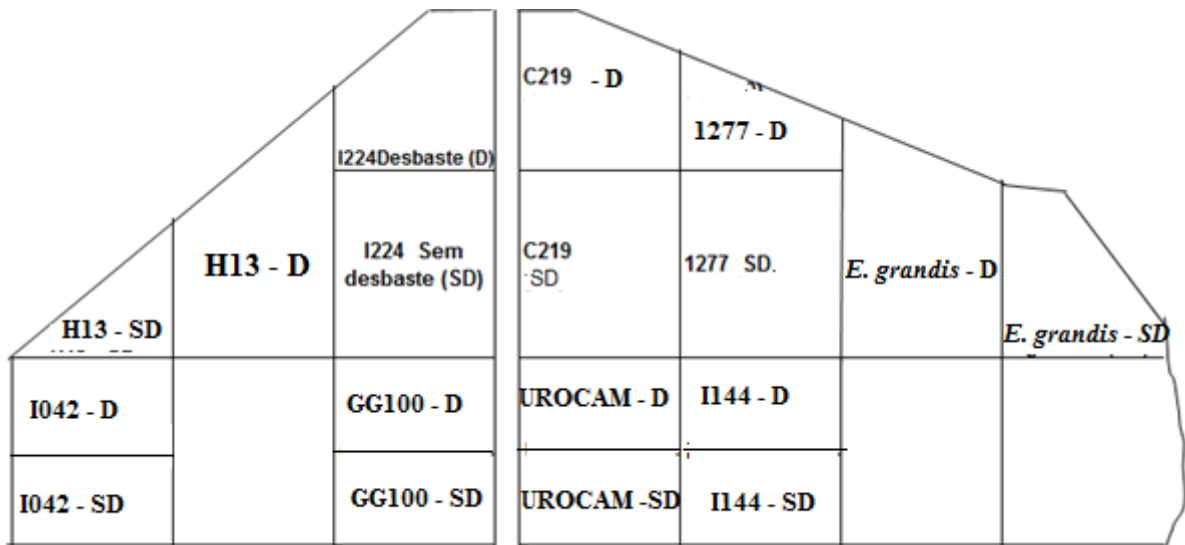


**Figura 4** - Fotografia aérea da Estação Experimental de Ciências Florestais de Itatinga (Em destaque a área de estudo).

### **Áreas de estudo**

As áreas escolhidas para a realização da pesquisa são parcelas plantadas no ano de 2009, compostas por oito plantios clonais e um plantio semental de eucalipto com e sem desbaste. O desbaste foi feito durante os meses de outubro e novembro de 2013. Foram escolhidos oito clones para o experimento, sendo estes definidos como C219, I-042, 1277, H13, GG100, I224, URO CAM, I144 e um plantio semental chamado de *E. grandis* (Figura 5).

Para cada plantio clonal, foram consideradas 26 linhas com 20 árvores em cada linha, com espaçamento de 3,0 x 2,0 m entre si antes do desbaste e 26 x 10 plantas e espaçamento 3,0 x 4,0 m na área em que foi realizado desbaste. O plantio semental possui 20 linhas com 20 plantas em cada linha. Cada plantio clonal (parcela) é dividido em duas subparcelas de 13 linhas, onde nas 13 primeiras linhas de cada parcela não foi realizado o desbaste e nas 13 últimas linhas foi realizado o desbaste, o plantio semental é dividido da mesma maneira, mas com subparcelas de 10 linhas cada.



**Figura 5** – Croqui do posicionamento dos plantios no campo.

As principais características dos materiais genéticos selecionados para realização do projeto (Figura 5) são descritas a seguir (Silva, 2017):

I144: Boa adaptação a várias condições edafoclimáticas; bom incremento de madeira; não possui desrama natural; floração precoce; apresenta seca de ponteiro com perda de dominância apical; apresenta tortuosidade no terço superior; tolerância média à estiagem; tolerante à ferrugem; densidade 515 kg/m<sup>3</sup>; susceptível a geadas.

I224: Boa adaptação a várias condições edafoclimáticas; bom incremento de madeira; não possui desrama natural; floração tardia; apresenta quebra de ponteiro com perda de dominância apical; tolerância média à estiagem; susceptível à ferrugem; apresenta regeneração natural; densidade 498 kg/m<sup>3</sup>; susceptível a geadas.

C219: Boa adaptação a várias condições edafoclimáticas; bom incremento de madeira; não possui desrama natural; floração tardia; apresenta quebra de ponteiro com perda de dominância apical; tolerância à estiagem; tolerante à ferrugem; tolerância média a geadas.

H13: Boa adaptação a várias condições edafoclimáticas; bom incremento de madeira; não possui desrama natural; floração normal; tolerância à estiagem; muito susceptível à ferrugem; média tolerância ao Psilídeo de concha; densidade 520 kg/m<sup>3</sup>; susceptível a geadas.

1277: Boa adaptação a várias condições edafoclimáticas; bom incremento de madeira; floração tardia; muito tolerante à estiagem; tolerante à ferrugem; altamente susceptível ao Psilídeo de concha; densidade 490 kg/m<sup>3</sup>; tolera geadas; altamente susceptível à Vespa da galha.

I042: Boa adaptação a várias condições edafoclimáticas; híbrido natural de *E.urophylla*, plantado em várias regiões do Brasil; apresenta bom desenvolvimento em solos argilosos; madeira de boa qualidade e pode ser destinada para energia, serraria entre outros fins; densidade: 498 Kg/m<sup>3</sup>, teor de lignina: 26,49%.

UROCAM: Boa adaptação a várias condições edafoclimáticas; tolerância à estiagem; híbrido de *E.urophylla* x *E. camaldulensis*; plantado em várias regiões do Brasil; madeira de boa qualidade e pode ser destinada para energia, serraria entre outros fins; densidade: 490 Kg/m<sup>3</sup>.

GG100: Híbrido espontâneo de *Eucalyptus urophylla*; Usos: lenha, carvão, cavaco, pellets, serraria, madeira tratada (estacas, mourões, postes etc.); Incremento Médio Anual (IMA) potencial: 41 m<sup>3</sup>/ha/ano; densidade: 450 kg/m<sup>3</sup>; tolerante ao psilídeo de concha; tolerante à ferrugem do eucalipto; não recomendado para solos com teores de argila menores que 10%; indicado para regiões com baixo déficit hídrico.

*Eucalyptus grandis*: Plantio semental, Árvore muito alta (45 a 55 m) e grossa (1,2 a 2 m DAP); desenvolve melhor em climas quentes e úmidos; densidade 0,700 g/cm<sup>3</sup>; madeira de construção quando oriunda de plantações de ciclo longo; em ciclos curtos é utilizada para caixotaria; plantações, convenientemente manejadas, podem produzir madeira excelente para serraria e laminação; susceptível ao cancro do eucalipto (*Cryphonectria cubensis Bruner*); não apresenta limitações em relação aos solos e possui resistência moderada à estiagem.

## LITERATURA CITADA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL – BRACELPA. Desempenho do setor e projeções. 2009. Disponível em: <<http://www.bracelpa.org.br>>. Acesso em: 20 maio 2015.

BELLOTE, A.F.G.; DEDECEK, R.A. & SILVA, H.D. Nutrientes minerais, biomassa e deposição de serapilheira em plantios de *Eucalyptus* com diferentes sistemas de manejo de resíduos florestais. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 56:31-41, 2008.

BELLOTE, A. F. J. & SILVA, H. D. da. Técnicas de amostragem e avaliações nutricionais em plantios de *Eucalyptus* spp. In: GONÇALVES, J. L. DE M.; BENEDETTI, V. (Eds.). *Nutrição e fertilização florestal*. Piracicaba, IPEF - Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais, 2000. p.105-133.

BERTALOT, M.J.A.; GUERRINI, I.A.; MENDOZA, E.; DUBOC, E.; BARREIROS, R.M. & CORRÊA, F.M. Retorno de nutrientes ao solo via deposição de serapilheira de quatro espécies leguminosas arbóreas na região de Botucatu – São Paulo, Brasil. *Scientia Forestalis* 65:219-227, 2004.

CALDEIRA, M.V.W.; VITORINO, M.D.; SCHAADT, S.S.; MORAES, E. & BALBINOT, R. Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. *Revista Semina: Ciências Agrárias*, 29:53-68, 2008.

CARNEIRO, M.A.C.; SOUZA, E.D.; REIS, E.F., PEREIRA, H.S. & AZEVEDO, R.W. atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:147-157, 2009.

CHIODINI, B.M.; SILVA, A.G.; NEGREIROS, A.B. & MAGALHÃES, L.B. Matéria orgânica e a sua influência na nutrição de plantas. *Cultivando o Saber*, 6:181-190, 2013.

COSTA, G.S.; GAMA-RODRIGUES, A.C. & CUNHA, G.M. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em povoamentos de *Eucalyptus grandis* no norte Fluminense. *Revista Árvore*, 29:563-570, 2005.

CLIMATE-DATA – Dados climáticos para cidades no Brasil. Disponível em: <[www.climate-data.org](http://www.climate-data.org)> Acesso em 05/11/2015.

CORRÊA, F.L.O.; RAMOS, J.D.; GAMA-RODRIGUES, A.C.G. & MÜLLER, M.W. Produção de serapilheira em sistema agroflorestal multiestratificado no estado de Rondônia, Brasil. *Ciência e Agrotecnologia*, 30:1099-1105, 2006.

DICKOW, K.M.C. Ciclagem de fitomassa e nutrientes em sucessão secundária na Floresta Atlântica, Antonina, PR. Curitiba, Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, 2010. 215p.

ESALQ – ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA LUIZ DE QUEIROZ - Informações Gerais sobre a ECCFI. Disponível em: <<http://lcf.esalq.usp.br/estacoes/itatinga/>>. Acesso em 10/03/2014.

GAMA-RODRIGUES, E.F.; BARROS, N.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C. & SANTOS, G.A. Carbon, nitrogen and activity of microbial biomass in soil under eucalypt plantations. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29:893-901, 2005.

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*, 26:193-207, 2002.

GONÇALVES, J.L.M.; BARROS, N.F.; NAMBIAR, E.K.S. & NOVAIS, R.F. Soil and stand management for short-rotation plantations. In: NAMBIAR, E.D.S.; BROWN, A.G., *Management of soil nutrients and water in tropical plantations forest*. Canberra, ACIAR, 1997. p.379-418.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA . Disponível em <http://www.inmet.gov.br/> . Acesso em 11/01/2017.

KIEHL, E. J. Fertilizantes orgânicos. São Paulo, Editora Agronômica Ceres Ltda., 1985. 492 p.

JORDAN, C.F. *Nutrient Cycling in Tropical Forest Ecosystems*. Chichester, John Wiley & Sons, 1985. 237p.

LAMBERS, H.; CHAPIM, F.S. & PONS, T.L. Role in Ecosystem and Global Processes. In: *Plant Physiological Ecology*. New York, Springer, 1998. 540p.

LEITE, H. G.; NOQUEIRA, G.S.; CAMPOS, J.C.C.; SOUZA, A.L. & CARVALHO, A. Avaliação de um modelo de distribuição diamétrica ajustado para povoamentos de *Eucalyptus* sp. submetidos a desbaste. *Revista Árvore*, 29:271-280, 2005.

LOPES, J.L.W. Qualidade de mudas clonais do híbrido de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, submetidas a diferentes regimes hídricos. São Paulo, Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Estadual de São Paulo, 2008. 181p.

MARTIUS, C.; HÖFER, H.; GARCIA, M. V. B.; RÖMBKE, J. & HANAGARTH, W. Litter fall, litter stocks and decomposition rates in rainforest and agroforestry sites in central Amazonia. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 68:137–154, 2004.

MELO, V.F.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; FONTES, M.P.F. & COSTA, L.M. Balanço nutricional, eficiência de utilização e avaliação da fertilidade do solo em P, K, Ca e Mg em plantios de eucalipto no Rio Grande do Sul. *IPEF*, 49:8-17, 1995.

MELLONI, R.; MELLONI, E.G.P.; ALVARENGA, M.I.N. & VIEIRA, F.B.M. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:2461-2470, 2008.

PISANI, R. J. Diagnóstico de ambiência na sub bacia do Rio das Pedras, Município de Itatinga -SP, visando o planejamento sócio conservacionista. Botucatu, Dissertação (Mestrado em Agronomia-Energia na Agricultura) - Universidade Estadual Paulista, 2009. 173p.

PRESCOTT, C. Do rates of litter decomposition tell us anything we really need to know? *Forest Ecology and Management*, 220:66-74, 2005.

REISSMANN, C. B. & WISNIEWSKI, C. Aspectos nutricionais de plantios de *Pinus*. In: GONÇALVES, J. L. M. & BENEDETTI, V. (Ed.). *Nutrição e fertilização florestal*. Piracicaba, IPEF - Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais, 2000. p.135-166.

ROSADO, A.M.; ROSADO, T.B.; ALVES, A.A.; LAVIOLA, B.G. & BHERING, L.L. Seleção simultânea de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47:964-971, 2012.



SANTANA, R.C.; BARROS, N.F. & NEVES, J.C.L. Eficiência de utilização de nutrientes e sustentabilidade da produção em procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em sítios florestais do Estado de São Paulo. *Revista Árvore*, 26:447-457, 2002.

SELLE, G. L. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. *Bioscience Journal*, 4:29-39, 2007.

SILVA, L.D. Material genético adaptado ao distrito federal e entorno. Disponível em: <<http://www.rsflorestal.com.br>>, Acesso em 09/03/2017.

SNIF – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS. Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/snif/>> Acesso em 11/01/2017.

SPANGENBERG, A.; GRIMM, U.; SILVA, J.R.S. & FULSTER, H. Nutrient store and export rates of *Eucalyptus urograndis* plantations in eastern Amazonia (Jari). *Forest Ecology Management*, 80:225-234, 1996.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M.V.; TRUBY, P.; ARAÚJO, E.F. Biomassa e nutrientes em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus*, em Eldorado do Sul-RS. *Ecologia e Nutrição Florestal*, 1:1-13, 2014.

ZAIA, F.A. & GAMA-RODRIGUES, A.C. Ciclagem e balanço de nutrientes em povoamentos de eucalipto na região norte-fluminense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28:843-852, 2004.

## 1 - CAPÍTULO 1 - DEPOSIÇÃO DE FITOMASSA E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA SERAPILHEIRA EM PLANTIOS CLONAIS DE EUCALIPTO

### RESUMO

O eucalipto é a espécie florestal com maior área de plantio comercial no Brasil. A produtividade dos diferentes clones pode ser diferenciada, assim como a sua demanda e ciclagem de nutrientes, tornando-se necessários estudos que avaliem a ciclagem de fitomassa e nutrientes para diferentes materiais genéticos, sob diferentes condições de manejo dos povoamentos florestais. Neste contexto, o objetivo deste capítulo foi avaliar o efeito estacional sobre a deposição de serapilheira; avaliar a deposição de fitomassa por diferentes frações da serapilheira; caracterizar a composição química (nutrientes) das diferentes frações de serapilheira e estimar a quantidade de nutrientes que retorna ao solo pelo processo de deposição de serapilheira, comparativamente entre os diferentes tratamentos. O trabalho foi conduzido em área no município de Itatinga-SP, clima Cwa, onde estão plantados oito clones e um plantio semental de eucalipto. O experimento foi um delineamento de parcelas subdivididas. As parcelas foram compostas por 8 clones (C219, I-042, 1277, H13, GG100, I224, URO CAM, I144) e pelo plantio semental (*E. grandis*), sendo suas subparcelas as áreas em que foi realizado o desbaste (D) e as áreas onde não foi realizado o desbaste (SD). As coletas de serapilheira depositada foram realizadas mensalmente de abril de 2014 a abril de 2016. Os materiais foram moídos e submetidos às determinações de macronutrientes. Após as avaliações observou-se que existe um padrão de deposição de serapilheira associado às estações do ano, com maiores valores na primavera e verão. As diferentes frações de serapilheira contribuíram de forma diferenciada quanto à quantidade de fitomassa que retorna ao solo, sendo a fração foliar a mais representativa assim como em relação aos teores de nutrientes. De maneira geral, para a maioria dos nutrientes, a sequência decrescente dos teores de nutrientes nas diferentes frações foi: Folhas > Galhos > Casca > Órgãos reprodutivos > Restos vegetais. Valores de deposição ficaram próximos entre os diferentes materiais genéticos, tanto em áreas em que foi realizado o desbaste quanto nas áreas em que não foi realizado o desbaste. A tendência para a maioria dos materiais genéticos foi que os valores dos teores nutricionais foram maiores nas folhas de serapilheira das áreas em que foi realizado o desbaste comparativamente às áreas sem desbaste. A ordem decrescente dos nutrientes na serapilheira foi: N > Ca > Mg > K > P, tanto para teores quanto para quantidade depositada.

**Palavras-chave:** serapilheira, clones, desbaste, biogeoquímica.

## **Chapter 1 - BIOMASS DEPOSITION AND CHEMICAL COMPOSITION OF LITTERFALL IN CLONAL EUCALYPTUS PLANTATIONS**

### **ABSTRACT**

*Eucalyptus* is the forest species with the largest area of commercial plantation in Brazil. The productivity of the different clones can be differentiated, as well as their demand and nutrient cycling, making necessary studies that evaluate the litterfall and nutrient cycling for different genetic materials, under different forest management conditions. The aim of this chapter was to evaluate the seasonal effect on litterfall, and the biomass deposition by different fractions of litterfall; characterize the chemical composition (nutrients) of the different litter fractions and estimate the amount of nutrients returned to the soil by litterfall, comparatively between the different treatments. The work was carried out in the county of Itatinga-SP, Cwa climate, where plantations of eight eucalyptus clones (C219, I-042, 1277, H13, GG100, I224, URO CAM, I144) and a eucalyptus stallion (*E. grandis*) were installed. The experiment was an outline of subdivided plots. The plots were composed of the different genetic material and the subplots were the areas with thinning (D) or without thinning (SD). The litterfall collections were performed monthly from April 2014 to April 2016. The materials were ground and submitted to macronutrient determinations. Litterfall dynamics showed a pattern of deposition associated to the seasons, with higher values during Spring and Summer. The different litter fractions contribute differently to the amount of biomass returning to the soil, with the leaf fraction being the most representative. The different litter fractions contribute in a differentiated way to the nutrient input to the soil: Leaves > Branches > Bark > Reproductive organs > Remains vegetables. The total litterfall was very similar among the different genetic material with or without thinning. Nutrient content in the leaves of the litter tended to higher in the areas with thinning compared to no thinning. The nutrient content decreasing sequence in the litterfall was: N > Ca > Mg > K > P. The same sequence was observed for nutrient input.

**Key-words:** Litter, clones, thinning, biogeochemistry.

## 1.1 – INTRODUÇÃO

Os elementos químicos que são essenciais à vida da planta são denominados nutrientes e circulam nos ecossistemas e na biosfera em alguns caminhos específicos, entre o ambiente e os organismos, compondo aquilo que se convencionou denominar-se ciclagem de nutrientes (Barlow et al., 2007). Este processo faz com que seja possível a sobrevivência de muitas plantas, principalmente espécies florestais, algumas das quais conseguem, graças à ciclagem de nutrientes, adaptar-se em locais onde as condições de solo seriam limitantes à produção de outras plantas.

Assim, as árvores retiram os nutrientes do solo e os utilizam em seu metabolismo, para posteriormente retornarem ao solo por meio da deposição de serapilheira (Corrêa et al., 2006).

A deposição da serapilheira é considerada como o principal fluxo na ciclagem biogeoquímica de nutrientes que envolve algumas etapas como: absorção, translocação e redistribuição, imobilização e restituição dos nutrientes ao solo, por parte das plantas que constituem o ecossistema (Borman & Likens, 1970).

A quantidade, a distribuição e a eficiência de utilização de nutrientes dependem de fatores como: população de plantas, vegetação, latitude, altitude, temperatura, precipitação, luminosidade, comprimento do dia, evapotranspiração, relevo, disponibilidade de água, estoque de nutrientes e tipo de solo, concentração de poluentes na atmosfera entre outros (Miranda et al., 2002; Santana & Souto, 2011). Assim, a quantidade e a qualidade dos nutrientes transferidos ao solo pela serapilheira varia entre os diferentes ecossistemas florestais, dependendo das características dos elementos no metabolismo das árvores, da presença de mecanismos de conservação nestas, das condições ambientais, da própria exigência nutricional da espécie implementada, além de características como parte da planta avaliada, fenologia, estação do ano, estágio de desenvolvimento das plantas e da própria metodologia utilizada na avaliação (Caldeira et al., 2008).

Outro fator que interfere na ciclagem de nutrientes é o desbaste nos plantios florestais. Espera-se que em áreas desbastadas a serapilheira depositada apresente teores maiores de nutrientes em comparação às áreas sem desbaste (Guo & Sims, 1999). Mas existem poucos estudos disponíveis para referendar este comportamento esperado.

Os efeitos mais conhecidos do desbaste dizem respeito ao crescimento das árvores. Diversos trabalhos encontrados na literatura indicam que desbastes feitos adequadamente podem fazer com que as plantas produzam troncos com maiores dimensões (Poggiani & Schumacher, 1997; Kolm & Poggiani, 2003; Turner & Lambert, 1983; Leite et al. 2004;

Silva, 1999; Harrington & Devine, 2011), aumentando sua produtividade, o que favorece a utilização dos plantios florestais nas mais diversas funções.

Outro fator importante a ser avaliado durante a ciclagem de nutrientes em plantios clonais é a maneira como ocorre a ciclagem nos diferentes materiais genéticos utilizados em um plantio clonal. Por meio deste tipo de avaliação é possível definir quais materiais genéticos estão se adaptando melhor em determinada região em relação à ciclagem de nutrientes. Os trabalhos no Brasil comparando diferentes materiais genéticos de eucalipto têm focado principalmente a adaptabilidade das plantas no campo, seu crescimento ou produtividade e a eficiência na utilização de nutrientes (Pinto et al., 2011; Higashi et al. 2004; Santana et al. 2002; Barros & Novais, 1990; Lima et al. 2005; Neves, 2000; Almeida, 2007).

O contexto descrito acima mostra a importância de se estudar a ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais e a carência de informações existentes quanto à produção de serapilheira por diferentes materiais genéticos de eucalipto, assim como quanto aos efeitos do desbaste na deposição de serapilheira e retorno de nutrientes ao solo florestal.

Assim, os objetivos específicos deste capítulo, em plantios com diferentes materiais genéticos de eucalipto, em áreas submetidas ou não ao desbaste florestal, foram:

- Avaliar o efeito estacional sobre a deposição de serapilheira;
- Avaliar a deposição de fitomassa por diferentes frações da serapilheira;
- Caracterizar a composição química (nutrientes) das diferentes frações de serapilheira;
- Estimar a quantidade de nutrientes que retorna ao solo pelo processo de deposição de serapilheira, comparativamente entre os diferentes tratamentos.

## **1.2 – MATERIAL E MÉTODOS**

### **1.2.1 - Coleta e análises de material vegetal**

#### **1.2.1.1 - Coletas de serapilheira depositada**

Foram instalados 3 coletores de serapilheira (Figura 6) em cada subparcela, onde foram coletados folhas, órgãos reprodutivos (frutos, flores e sementes) e restos vegetais (material fino não identificado), totalizando 6 coletores por parcela, e 54 coletores na área. Os coletores, com estrutura circular com 1 metro de diâmetro, foram instalados sistematicamente nos plantios clonais entre as linhas 5 e 6 de cada subparcela e entre as plantas “5 e 6”, “11 e 12”, e “15 e 16” de cada subparcela, para evitar contaminação com materiais de outros plantios clonais.



**Figura 6** - Coletor de serapilheira depositada.

Áreas de 2,0 x 1,0 m foram marcadas sobre o solo de cada subparcela para a coleta de galhos e cascas, totalizando quatro áreas de coleta por parcela. As áreas de coleta foram posicionadas entre as linhas “5 e 6” e entre as árvores “8 e 9” e “13 e 14” de cada subparcela, isoladas com fita de identificação (Figura 7). Antes de serem iniciadas as coletas, cada área de coleta teve todo o material de serapilheira removido, ficando o solo exposto (Figura 7).

As coletas de folhas, órgãos reprodutivos e restos foram realizadas mensalmente entre abril de 2014 e março de 2016 nos coletores circulares (Figura 6) ao longo dos 24 meses totalizando 24 coletas destas frações.

As coletas de galhos e cascas (Figura 7), no primeiro ano foram realizadas a cada dois meses totalizando seis coletas neste período; no segundo ano, com o início das coletas de serapilheira acumulada, as coletas nestas áreas demarcadas no solo foram realizadas a cada três meses, ou seja, mais quatro coletas, totalizando dez coletas destes materiais durante o período de estudo.

A serapilheira, uma vez separada em frações, foi secada em estufa entre 60-70 °C, sendo em seguida pesada para obtenção de sua massa seca e, só então, moída em moinho de facas (tipo Wiley) para realização das determinações químicas.



**Figura 7** – Área de coleta de galhos e cascas.

#### **1.2.1.2 – Análises químicas das frações de serapilheira depositada**

As amostras de serapilheira depositada, uma vez na forma de pó, foram submetidas às determinações de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (Martins & Reissmann, 2007). Para determinação destes elementos químicos, o material vegetal foi incinerado em mufla a 500°C e posteriormente solubilizado em HCl 3 mol L<sup>-1</sup>. O P foi determinado por colorimetria com vanadato-molibdato de amônio e leitura em espectrofotômetro Shimadzu, modelo UV/Vis 1240 Mini. As determinações de K foram realizadas por fotometria de chama. Os elementos Ca e Mg foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica.

Para a obtenção dos teores de C e N foram pesados entre 15 e 20 mg do material moído, em moinho de bola, sendo a determinação realizada por combustão em analisador CNHOS, marca ELEMENTAR, modelo Vario EL III.

#### **1.2.1.3 – Tratamento dos dados e análises estatísticas**

O experimento foi conduzido sob um delineamento de parcelas subdivididas, para fins de comparação dos tratamentos “clones” e “desbaste”. As parcelas foram compostas pelos



oito diferentes plantios clonais e o plantio semental, sendo suas subparcelas as áreas em que foi realizado o desbaste (D) e as áreas sem desbaste (SD).

Em relação à fitomassa da serapilheira depositada, para comparação dos tratamentos, cada coletor foi considerado uma repetição, assim como cada data de coleta no campo; sendo a totalidade das repetições obtida por meio da multiplicação do número de coletores (3) pelo número de coletas realizadas ao longo do período de estudo (24).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey (5% de significância), para comparação das médias (Pimentel-Gomes, 2009).

As análises estatísticas foram realizadas com o emprego do *software* ASSISTAT, versão 7,5, desenvolvido no Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande/PB.

### **1.3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **1.3.1 – Deposição de serapilheira**

A deposição de serapilheira, independentemente do material genético e presença ou ausência de desbaste, mostrou um padrão de deposição caracterizado por maiores valores de deposição na primavera e verão e menores valores no outono e inverno (Figuras 8 e 9).

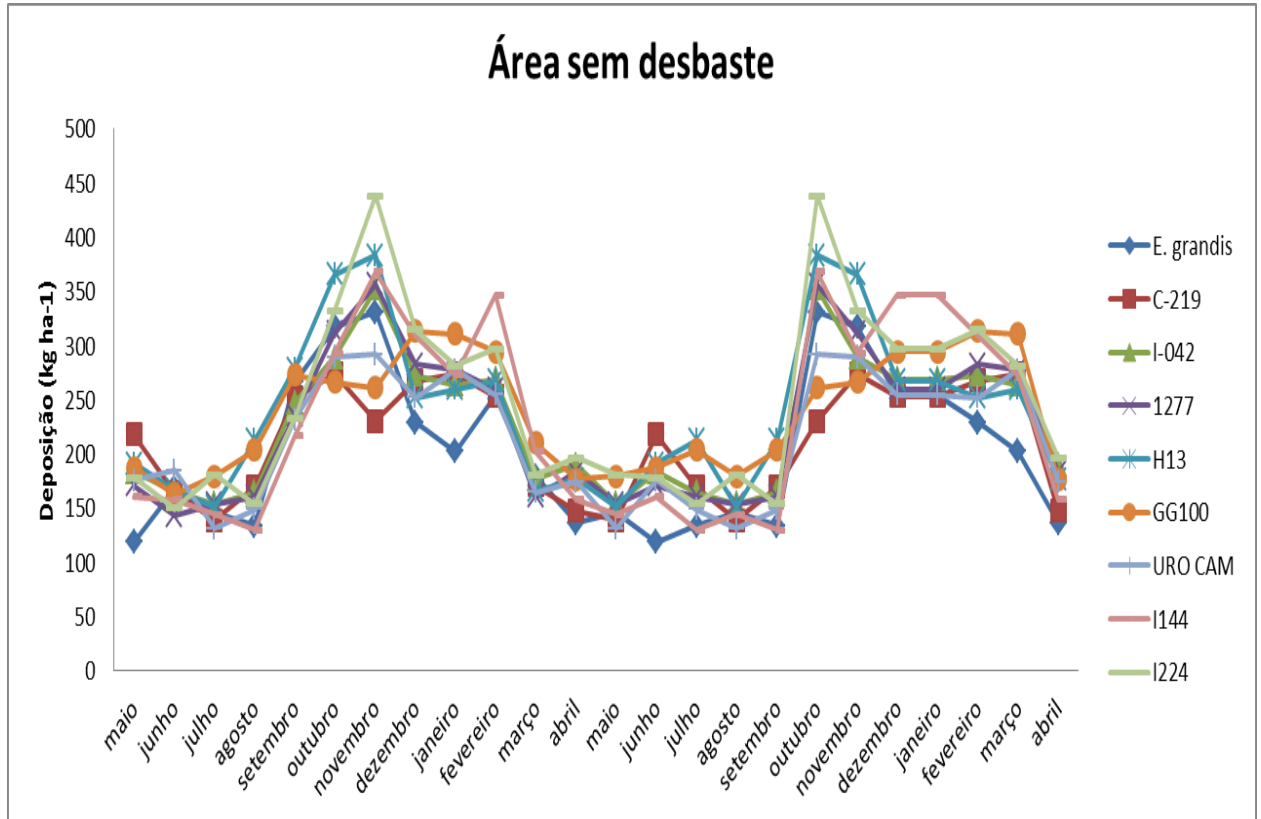
Segundo Vieira et al. (2014), fatores como umidade e temperatura influenciam de maneira marcante a deposição de material, de forma que a deposição de serapilheira se intensifica em meses de temperatura elevada.

Laclau et al. (2010) observaram que maior deposição de serapilheira nos meses mais frios e secos seriam características típicas de florestas caducifólias, enquanto que espécies como o eucalipto possuem seu maior período de deposição fora destes períodos de menor disponibilidade hídrica e de temperaturas menores.

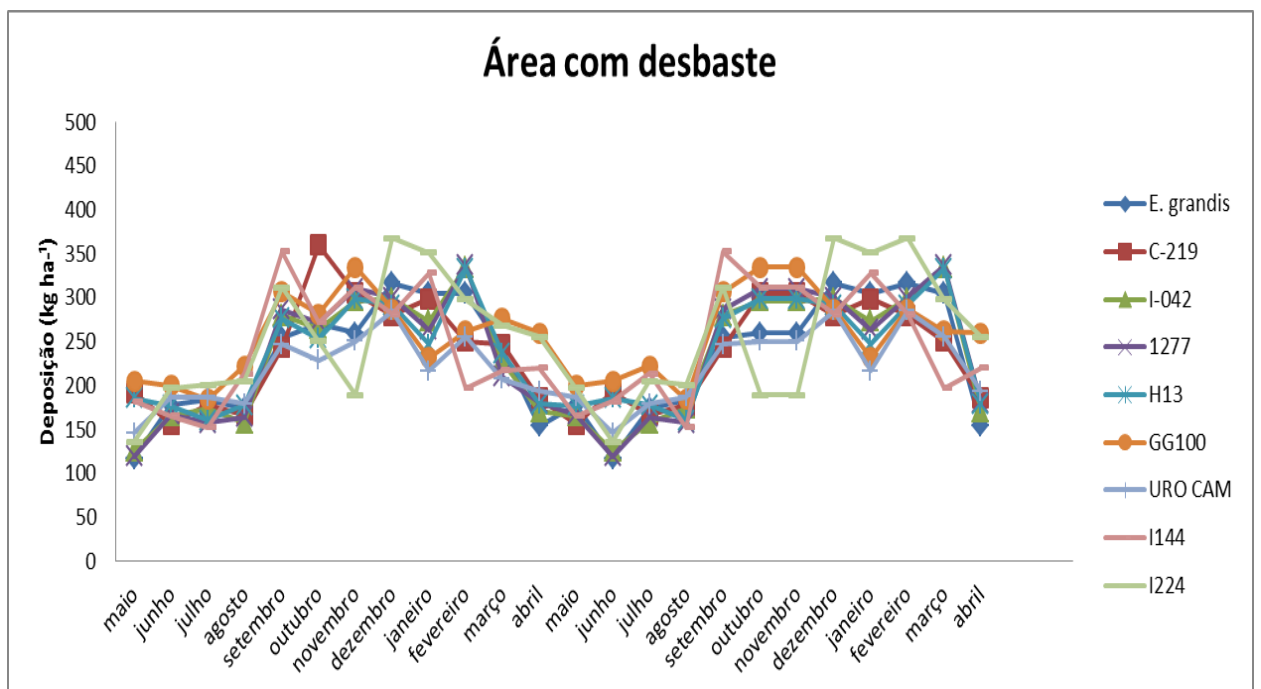
Diferenças na deposição de serapilheira ao longo dos meses em plantios de eucalipto também foram observadas por Schumacher et al. (1994) em plantios aos sete e dez anos de idade. Kolm (2001), em região de clima semelhante ao avaliado neste estudo, em trabalho de avaliação de desbastes progressivos em plantios de eucalipto, observou que de novembro a março, coincidindo com os períodos mais quentes e chuvosos do ano, ocorre aumento de mais de 60% na quantidade de material depositado ao longo do ano. Segundo o autor, esse comportamento é devido à maior translocação de compostos orgânicos e de nutrientes das folhas nesse período também de maior renovação das folhas. Resultado semelhante foi



observado por Souza & Davide (2001), Cunha et al. (2005) e Vieira et al. (2014) em diferentes regiões do Brasil.



**Figura 8** – Deposição mensal total de serapilheira na área sem desbaste.



**Figura 9** – Deposição mensal total de serapilheira na área com desbaste.

Apesar do comportamento bastante similar entre os diferentes materiais genéticos, foi identificado um comportamento diferenciado entre os clones: o clone I224 apresentou queda considerável na deposição entre os meses de outubro e dezembro nos dois anos de estudo, na área com desbaste; enquanto que na área sem desbaste estas quedas de deposição não foram observadas. Este material genético parece apresentar um padrão de deposição de serapilheira mais variável, comparativamente aos demais materiais estudados, sendo este efeito aparentemente provocado pelo desbaste. Para os demais materiais genéticos não se identificou efeito do desbaste na dinâmica de deposição de serapilheira.

De maneira geral, observa-se que os valores de deposição total ficaram bem próximos entre os diferentes clones e material semental, tanto nas áreas com desbaste quanto naquelas sem desbaste (Tabela 1). A deposição variou entre 2652 e 3543 kg ha<sup>-1</sup>, valores abaixo daqueles comumente encontrados na literatura. Kolm (2001), em áreas de povoamento de *Eucalyptus grandis* observou deposição de serapilheira média em torno de nove toneladas por ha/ano, semelhante ao encontrado por Turner & Lambert (1983), que encontraram valores em torno de 9,5 toneladas/ha/ano de deposição de serapilheira em *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis*. Valores mais próximos aos observados neste caso, em torno de 3 toneladas/ha/ano para diferentes materiais clonais avaliados, foram encontrados por Schumacher (1992), também no interior de São Paulo, em povoamentos de *E. camaldulensis*. Isto parece estar relacionado à idade dos povoamentos; enquanto os primeiros autores estudaram povoamentos entre 20 e 27 anos, o último autor estudou povoamentos com 7 anos, idade próxima àquela dos povoamentos estudados neste projeto.

Outro fator possível para estes menores valores de deposição poderia estar associado ao melhoramento genético promovido ao longo dos anos, que resultou em plantas com mais fuste e menos copa, o que acaba reduzindo a quantidade de serapilheira que retorna ao solo, o que pode ser observado na literatura por Correa et al. (2013) em experimento de avaliação de *Eucalyptus dunnii* sob pastagem nos pampas gaúchos, e Turner & Lambert (2008) em avaliações em plantios de eucalipto de idades diferentes com dois materiais genéticos.

Apenas para o clone I224 houve menor deposição de serapilheira total na área SD. A fração da serapilheira que sofreu maior influência do desbaste foi aquela composta de materiais de menores dimensões (restos), com certa tendência de maiores valores depositados nas subparcelas SD, o que parece lógico pela maior densidade de plantas nestas parcelas, fato que favoreceria uma maior queda de partículas vegetais de pequenas dimensões.

Pouca influência do desbaste na deposição de serapilheira também foi observada por Kolm & Poggiani (2003), em experimento com desbastes progressivos. Entretanto, Silva

(2012), afirma que quando é feito o desbaste em um povoamento, haverá decréscimo aproximadamente proporcional ao desbaste nos valores de deposição de serapilheira nos anos subsequentes ao desbaste, devido principalmente à diminuição do número de plantas no ambiente. Com o passar do tempo é esperado que as alterações no ambiente e no número de árvores devido ao desbaste influenciem em maiores proporções as deposições anuais de serapilheira (Gonçalves et al., 2000).

**Tabela 1** – Deposição média anual de serapilheira total e nas diferentes frações, em área com (D) e sem desbaste (SD), em diferentes materiais genéticos de eucalipto.

Clones	Desbaste	Fitomassa (kg ha <sup>-1</sup> )					
		Orgãos					
		Folhas	Reprodutivos	Casca	Galhos	Restos	Total
<i>E. grandis</i>	D	1809 A	409 B	116	216	262 B	2811
	SD	1566b B	661 A	104	204	536 A	3071
C219	D	1939	465	108	233	155 B	2899
	SD	1800	541	123	218	525 A	3206
I-042	D	1664	625	85	236	369 B	2979
	SD	1809	658	91	254	521 A	3332
1277	D	1861	413 B	82	157 B	619 A	3132
	SD	1812	572 A	110	210 A	416 B	3119
H13	D	1714	463	86	189 B	672 A	3124
	SD	1804	581	93	295 A	427 B	3198
GG100	D	1937	498	96	194	626	3350
	SD	1705	531	111	261	688	3294
UROCAM	D	1678 B	457	116	220	182 B	2652
	SD	2064 A	533	110	215	348 A	3269
I144	D	1809 A	533	105	202	490 A	3139
	SD	1566 B	646	100	225	304 B	2840
I224	D	1939	674	101	246	584	3543A
	SD	1800	549	108	214	429	3099B

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. Quando há diferenças letras maiúsculas comparam área com e sem desbaste em cada clone pelo teste de tukey à 5% de probabilidade.

Quando comparados os materiais genéticos entre si (valores médios entre área com e sem desbaste), não foram observadas diferenças, com exceção da fração restos (Tabela 2). Estas diferenças são difíceis de serem explicadas devido à natureza diversa desta fração.

**Tabela 2** – Deposição anual de serapilheira total e nas diferentes frações nos diferentes materiais genéticos avaliados.

Clones	Fitomassa (kg ha <sup>-1</sup> )					
	Folhas	Orgãos Reprodutivos	Casca	Galhos	Restos	Total
<i>E. grandis</i>	1688	535	110	210	399b	2941
<b>C219</b>	1870	503	115	225	340b	3053
<b>I-042</b>	1737	642	88	245	445b	3156
<b>1277</b>	1837	492	96	183	518a	3125
<b>H13</b>	1759	522	89	242	549a	3161
<b>GG100</b>	1821	514	103	227	657a	3322
<b>UROCAM</b>	1871	495	113	217	265c	2961
<b>I144</b>	1688	590	102	213	397b	2990
<b>I224</b>	1870	611	104	230	507b	3321

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. Quando há diferença, letras minúsculas comparam os clones entre si.

A deposição de folhas foi bem mais elevada, comparativamente às demais frações da serapilheira; a ordem de importância quanto à quantidade de serapilheira depositada foi: Folhas > Orgãos reprodutivos > Restos > Galhos > Casca para a maioria dos materiais genéticos avaliados. Comumente, em ecossistemas florestais, a maior parte da fitomassa que retorna ao solo como serapilheira, tanto em ambiente natural como em florestas plantadas, é representada pelas folhas (Pereira et al, 2008; Dickow, 2010; Medeiros, 2015; Woiciechowski, 2015). Com o passar do tempo e o aumento da idade do sistema, a deposição de folhas tende a decrescer proporcionalmente ao aumento da queda de outros componentes, como galhos e órgãos reprodutivos por exemplo, em momentos de maior maturidade da planta; mas, de maneira geral, mesmo com o aumento da idade do plantio, as folhas continuam sendo a maior fonte de serapilheira na grande maioria dos ecossistemas florestais (Santiago et al., 2011).

### 1.3.2 – Concentração de nutrientes na serapilheira depositada

A concentração média anual de nutrientes na serapilheira depositada, nas diferentes frações, de maneira geral, mostrou a seguinte ordem: N > Ca > Mg > K > P (Tabela 3).

**Tabela 3** – Concentração média anual de nutrientes em frações da serapilheira depositada por diferentes materiais genéticos de eucalipto.

Clones	N (g kg <sup>-1</sup> )				
	Folhas	Galhos	Casca	Orgãos Reprodutivos	Restos
<i>E. grandis</i>	15,8	14,2	12,5	10,8	10,6
<b>C219</b>	13,7	16,8	10,5	13,5	11,2
<b>I-042</b>	18,0	13,4	10,7	11,5	13,5
<b>1277</b>	21,6	12,2	13,3	14,8	8,5
<b>H13</b>	21,8	14,3	12,7	12,3	15,3
<b>GG100</b>	20,8	12,3	18,7	16,3	15,3
<b>UROCAM</b>	15,8	16,6	15,6	12,7	9,5
<b>I144</b>	17,7	10,9	10,8	10,3	10,6
<b>I224</b>	17,3	19,6	17,5	13,2	9,6
Clones	P (g kg <sup>-1</sup> )				
	Folhas	Galhos	Casca	Orgãos Reprodutivos	Restos
<i>E. grandis</i>	1,0	0,5	0,7	0,6	0,6
<b>C219</b>	0,9	0,5	0,5	0,3	0,3
<b>I-042</b>	0,9	0,4	0,9	0,5	0,6
<b>1277</b>	0,7	0,6	0,6	0,5	0,6
<b>H13</b>	0,9	0,5	0,7	1,0	0,7
<b>GG100</b>	1,1	0,7	0,7	1,0	0,7
<b>UROCAM</b>	1,1	0,9	0,8	0,6	0,7
<b>I144</b>	0,9	0,9	0,5	0,5	0,4
<b>I224</b>	0,8	0,5	0,4	0,3	0,4

**Continuação Tabela 3** – Concentração média anual de nutrientes na serapilheira depositada por fração.

Clones	K (g kg <sup>-1</sup> )				
	Folhas	Galhos	Casca	Orgãos Reprodutivos	Restos
<i>E. grandis</i>	1,2	1,0	1,9	1,3	2,2
<b>C219</b>	1,5	0,9	1,5	1,1	1,9
<b>I-042</b>	1,6	1,3	2,1	1,2	1,1
<b>1277</b>	1,5	1,3	1,1	1,1	1,8
<b>H13</b>	1,6	1,4	1,3	1,3	1,6
<b>GG100</b>	1,7	1,4	1,3	1,3	1,6
<b>UROCAM</b>	1,6	1,8	1,2	1,2	1,8
<b>I144</b>	1,5	1,4	1,7	1,2	1,2
<b>I224</b>	1,5	1,3	1,6	1,3	1,8
Clones	Ca (g kg <sup>-1</sup> )				
	Folhas	Galhos	Casca	Orgãos Reprodutivos	Restos
<i>E. grandis</i>	8,9	6,3	10,5	7,5	5,3
<b>C219</b>	7,6	5,3	11,3	10,6	3,2
<b>I-042</b>	7,7	8,4	9,8	7,8	10,6
<b>1277</b>	7,4	7,3	10,7	8,4	10,3
<b>H13</b>	9,1	6,2	9,2	5,3	5,1
<b>GG100</b>	8,5	6,2	9,2	5,3	5,1
<b>UROCAM</b>	10,9	7,0	9,4	6,2	9,4
<b>I144</b>	8,5	6,3	10,5	4,9	7,2
<b>I224</b>	9,9	5,3	8,4	10,2	7,6
Clones	Mg (g kg <sup>-1</sup> )				
	Folhas	Galhos	Casca	Orgãos Reprodutivos	Restos
<i>E. grandis</i>	3,8	1,9	2,6	2,9	2,9
<b>C219</b>	4,2	3,2	3,6	2,0	2,3
<b>I-042</b>	4,0	4,2	4,2	4,1	4,0
<b>1277</b>	5,3	3,7	2,9	3,6	3,9
<b>H13</b>	4,3	3,5	2,9	2,6	4,0
<b>GG100</b>	4,8	2,5	1,9	2,6	3,0
<b>UROCAM</b>	4,7	2,5	3,0	3,4	3,0
<b>I144</b>	4,3	3,5	3,1	3,1	3,2
<b>I224</b>	4,9	2,2	3,2	3,3	3,8

Em relação ao N, observou-se que alguns clones apresentaram tendência de teores mais elevados em relação a outros, sendo os maiores valores observados para os clones H13, I277 e GG100 e o valor mais baixo para C219. Comparando-se as diferentes frações, não houveram tendências bem definidas, com muitas variações dentro de cada material genético, mas de maneira geral, para este nutriente, decrescente dos teores entre diferentes frações foi: Folhas > Galhos > Casca > Orgãos reprodutivos > Restos vegetais. Por ser um dos principais componentes das moléculas de clorofila nas plantas, os teores maiores nas folhas para este elemento já eram esperados e é o que comumente é observado neste tipo de análise (Moraes et al, 1999). Segundo Viera & Schumacher (2009), o N é observado em maiores quantidades que o Ca principalmente quando este último encontra-se em pequena quantidade no solo, o que também foi observado neste caso (Tabelas 12 e 13), apesar da serapilheira apresentar concentrações altas de Ca, sendo o segundo nutriente em maior abundância depois do N neste trabalho. As maiores concentrações de Ca em relação aos demais nutrientes, de maneira geral com exceção do N, pode ser explicada pelas funções deste nas plantas, por ser um dos principais formadores da parede celular, além disto é um elemento de pequena mobilidade nas plantas de maneira que após a sua chegada nas folhas, torna-se imóvel e praticamente não se redistribui novamente, e também possui função estrutural nas árvores, o que explica sua maior quantidade no material depositado (Dias et al., 2002). Como o Ca não é redistribuído para as folhas e componentes mais novos da planta, está presente normalmente em maiores teores no material que vem compor a serapilheira (Nardoto et al., 2006), justificando as maiores quantidades deste nutriente na serapilheira (Santana, 2005).

Para o K não foram identificadas diferenças claras de teores entre as diferentes frações, o que é possível de explicação pois o elemento não apresenta função estrutural e mostra alta solubilidade; o que pode resultar em fácil lixiviação das diferentes frações da serapilheira.

Em relação ao P, observa-se uma tendência de maiores valores do elemento nas folhas da serapilheira comparativamente às demais frações. Para o Mg, a sequência observada foi Folhas > Casca > Restos vegetais > Orgãos reprodutivos > Galhos, o que também era esperado no caso das folhas por ser também um dos componentes estruturais da molécula de clorofila.

Os resultados obtidos em relação à sequência de concentração de nutrientes corroboram o observado em diversos trabalhos já publicados, tanto com eucalipto quanto com outras espécies (Moraes et al, 1999; Wisniewski, 1999; Saur et al, 2000; Turner & Lambert, 2002; Rocha, 2006; Dickow, 2010; Correa et al, 2013).

Ao comparar subparcelas com (D) e sem desbaste (SD), quanto aos teores de nutrientes nas folhas de serapilheira, foi identificado um único caso de diferença de teores, para Ca no plantio semental (*E. grandis*). Para os demais elementos, nas folhas de serapilheira dos diferentes clones, não foi observado efeito do desbaste (Tabela 4).

**Tabela 4** – Concentração de nutrientes na serapilheira em áreas com (D) e sem desbaste (SD) depositadas por diferentes materiais genéticos de eucalipto.

Clone	N		P		K		Ca		Mg	
	-----g kg <sup>-1</sup> -----									
	D	SD	D	SD	D	SD	D	SD	D	SD
<i>E.grandis</i>	15,3	16,4	1,2	0,9	1,5	1,0	12,0 A	5,8 B	4,0	3,6
<b>C219</b>	13,3	14,2	0,9	1,0	1,4	1,7	9,4	5,8	4,4	4,0
<b>I-042</b>	18,2	17,8	1,0	0,8	1,4	1,8	9,8	5,6	3,8	4,2
<b>1277</b>	20,0	23,2	0,6	0,9	1,6	1,4	8,6	6,2	5,4	5,3
<b>H13</b>	21,6	22,1	1,0	0,9	1,8	1,5	9,0	9,2	4,8	3,9
<b>GG100</b>	22,0	19,7	1,2	1,0	1,8	1,6	9,6	7,4	5,2	4,4
<b>UROCAM</b>	16,3	15,4	1,0	1,2	1,7	1,6	11,0	10,8	5,2	4,3
<b>I144</b>	19,3	16,1	0,8	1,0	1,5	1,6	9,4	7,6	4,6	4,1
<b>I224</b>	17,7	16,9	0,8	0,9	1,4	1,6	9,8	10,0	4,7	5,1

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. Quando há diferença letras maiúsculas comparam área com e sem desbaste em cada clone.

A eliminação de algumas árvores do povoamento, pelo desbaste, deve promover algumas melhorias nas condições de crescimento das árvores remanescentes, como melhor aproveitamento de luz, água e nutrientes, por exemplo; devido a menor competição entre plantas, havendo então incremento florestal nas árvores que não foram eliminadas e uma maior eficiência na absorção e utilização dos nutrientes no período subsequente ao desbaste (Gorgens et al., 2007). Desta forma, esperava-se que as concentrações de nutrientes na área sem desbaste e com desbaste apresentassem um número maior de diferenças entre si, o que não ocorreu.

Segundo Poggiani (1985), espécies como o eucalipto, quando manejadas com desbaste, tornam-se mais eficientes na utilização de alguns nutrientes, como o P por exemplo, principalmente devido à intensa ciclagem biogeoquímica deste elemento nas plantas.



### 1.3.3 - Quantidade de nutrientes na serapilheira depositada

As quantidades de nutrientes na serapilheira depositada, de maneira geral, seguiram a seguinte ordem decrescente para os elementos: N > Ca > Mg > K > P (Tabela 5).

**Tabela 5** – Quantidade de nutrientes na serapilheira em áreas com (D) e sem desbaste (SD), depositadas por diferentes materiais genéticos de eucalipto.

Clone	N		P		K		Ca		Mg	
	-----kg ha <sup>-1</sup> -ano <sup>-1</sup> -----									
	D	SD	D	SD	D	SD	D	SD	D	SD
<i>E.grandis</i>	39,4b	45,6b	2,3	2,7	4,2	3,5b	21,1b	24,6a	11,0b	13,0a
<b>C219</b>	40,6b	41,5b	2,4	2,2	4,0	4,9a	22,3b	25,7a	9,9b	13,2a
<b>I-042</b>	48,1b	60,7a	2,2	3,0	4,2	5,2a	26,5a	26,3a	12,9a	17,1a
<b>1277</b>	54,8a	64,6a	2,3	2,5	4,1	4,7a	27,9a	23,8b	11,8b	15,0a
<b>H13</b>	51,2a	70,8a	2,3	2,7	4,3	5,1a	23,8b	29,1a	10,9b	14,3a
<b>GG100</b>	61,7a	62,4a	2,8	3,4	4,5	5,4a	28,7a	26,9a	12,9a	14,1a
<b>UROCAM</b>	52,7a	45,8b	2,5	3,0	4,7	4,9a	22,7b	35,7a	10,9 b	15,8a
<b>I144</b>	46,6b	53,3a	2,3	3,0	4,3	4,2a	23,6b	24,4a	13,8a	11,8b
<b>I224</b>	48,0b	54,6a	2,7	2,6	4,6	4,5a	29,9a	33,1a	12,1a	14,4a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. Quando há diferenças letras minúsculas comparam clones entre si.

Avaliando as quantidades de nutrientes nos diferentes materiais genéticos, é possível observar algumas tendências bem definidas para alguns nutrientes. Nos materiais genéticos entre si não houveram diferenças entre áreas com e sem desbaste.

Para o N não foram observadas diferenças quando comparam-se áreas com e sem desbaste em nenhum dos materiais genéticos, e até o momento não houve influência do desbaste sobre as quantidades deste nutriente no material depositado. Os clones 1277, GG100 e H13 apresentaram quantidades maiores em relação aos demais materiais genéticos.

Em relação ao P não houve diferença estatística, os materiais genéticos apresentaram valores próximos entre si e também quando comparadas áreas com e sem desbaste em cada caso.

Em relação ao nutriente K, quando compara-se os materiais genéticos, a área sem desbaste do plantio semental apresentou valor inferior aos demais enquanto as demais áreas avaliadas apresentaram valores próximos entre si.

Para Ca não foram observadas diferenças quando comparam-se áreas com e sem desbaste em nenhum dos materiais genéticos. Quando compara-se os materiais genéticos entre si os materiais UROCAM e C219 na área com desbaste e o clone 1277 na área sem desbaste apresentaram quantidades inferiores aos demais materiais genéticos que apresentaram valores próximos entre si.

Para o nutriente Mg não foram observadas diferenças entre áreas com e sem desbaste. Comparando-se os materiais genéticos os clones UROCAM, H13, 1277, *E.grandis* e C219 na área com desbaste apresentaram resultados inferiores aos demais enquanto o clone I144 na área sem desbaste também apresentou quantidade inferior aos demais materiais que apresentaram valores próximos entre si.

As quantidades de N para a maioria dos materiais genéticos estão próximas de trabalhos com plantios de Eucalipto encontrados na literatura (Kolm, 2001; Turner & Lambert, 1983; Poggiani, 1985; George & Varghese, 1991). As quantidades de P estão próximas do comumente observado, inclusive nos trabalhos citados para N e também conforme Negi et al. (1988) e Gonçalves et al. (1997). Para os nutrientes Ca, Mg e K, na maioria dos materiais genéticos avaliados, os valores encontram-se abaixo dos trabalhos já citados para o N e P. Cabe ressaltar que em todos os trabalhos citados, os plantios encontravam-se em idades avançadas em relação as áreas avaliadas neste projeto, demonstrando que neste estágio de desenvolvimento das plantas (aproximadamente cinco anos) o retorno de nutrientes via deposição de serapilheira tem sido baixo para a maioria dos nutrientes avaliados em relação ao comumente observado na literatura em trabalhos com Eucalipto.

#### **1.4 – CONCLUSÕES**

Existe um padrão de deposição de serapilheira associado às estações do ano, com maiores valores na primavera e verão.

As diferentes frações de serapilheira contribuem de forma diferenciada quanto à quantidade de fitomassa que retorna ao solo, sendo a fração foliar a mais representativa e quanto aos teores de nutrientes que retornam ao solo, de maneira geral, para a maioria dos nutrientes as sequências de frações com maiores teores de nutrientes foram: Folhas > Galhos > Casca > Órgãos reprodutivos > Restos vegetais.

Os valores de deposição total ficaram bem próximos na maioria dos clones, tanto nas áreas em que foi realizado o desbaste quanto nas áreas em que não foi realizado o desbaste e

também praticamente não houve diferenças quando comparam-se os diferentes materiais genéticos.

A tendência para a maioria dos materiais genéticos foi que os valores dos teores nutricionais foram maiores nas folhas de serapilheira nas áreas em que foi realizado o desbaste em relação às áreas em que não foi realizado o desbaste apesar de poucas diferenças estatísticas quando comparadas as áreas, de maneira que na maioria dos materiais genéticos a sequência de teores nutricionais foi:  $N > Ca > Mg > K > P$ .

### 1.5 – LITERATURA CITADA

ALMEIDA, A. C. Growth and water balance of *Eucalyptus grandis* hybrid plantations in Brazil during a rotation for pulp production. *Forest Ecology and Management*, 251:10-21, 2007.

BARROS, N.F. & NOVAIS, R.F. Relação solo-eucalipto. Folha de Viçosa, Viçosa, MG, 1990. 430p.

BARLOW, J.; GARDNER, T.A.; FERREIRA, L.V.; PERES, C.A. Litter fall and decomposition in primary, secondary and plantation forests in the Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*, 247:91-97, 2007.

BORMANN, H.F. & LIKENS, G.E. The nutrient cycles of an ecosystem. *Scientific Am.* 233:92-101, 1970.

CALDEIRA, M.V.W.; VITORINO, M.D.; SCHAADT, S.S.; MORAES, E. & BALBINOT, R. Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. *Revista Semina: Ciências Agrárias*, 29:53-68, 2008.

CORREA, 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*, 97:065-074, 2013.

CORRÊA, F.L.O.; RAMOS, J.D.; GAMA-RODRIGUES, A.C.G. & MÜLLER, M.W. Produção de serapilheira em sistema agroflorestal multiestratificado no estado de Rondônia, Brasil. *Ciência e Agrotecnologia*, 30:1099-1105, 2006.

CUNHA, G.M.; GAMA-RODRIGUES, A.C. & COSTA, G.S. Ciclagem de nutrientes em *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden no norte fluminense. *Árvore*, 29:353-363, 2005.

DIAS H.C.T.; FIGUEIRA, M.D.; SILVEIRA, V.; FONTES M.A.L.; OLIVEIRA FILHO, A.T. & SCOLFORO, J.R.S. Variação temporal de nutrientes na serapilheira de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em Lavras, Minas Gerais - Brasil. *Cerne*, 8:1-16, 2002.

DICKOW, K.M.C. Ciclagem de fitomassa e nutrientes em sucessão secundária na Floresta Atlântica, Antonina, PR. Curitiba, Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, 2010. 215p.

HARRINGTON, C.A. & DEVINE, W.D. Stand development following precommercial thinning and fertilization treatments in a Western redcedar (*Thuja plicata*) dominated forest. *Canadian Journal of Forest Research*, 41:151-164, 2011.

GEORGE, M. & VARGHESE, G. Nutrient cycling in *Eucalyptus globulus* plantation. Nutrientes retained, returned uptake and nutrients cycling. *Indian Forester*, 117:110-116, 1991.

GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L.; BENEDETTI, V.; FESSEL, V.A.G.; GAVA, J.L. Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V., ed. *Nutrição e fertilização florestal*. Piracicaba: IPEF, 2000. cap.1, p.1-57.

GORGENS, E.B.; LEITE, H.G.; NOGUEIRA, G.S.; DIAS, A.N. Tendência de crescimento de povoamento de eucalipto após aplicação de desbaste. *Revista Árvore*, 31:879-885, 2007.

GONÇALVES, J.L.M.; BARROS, N.F.; NAMBIAR, E.K.S. & NOVAIS, R.F. Soil and stand management for short-rotation plantations. In: NAMBIAR, E.D.S.; BROWN, A.G., *Management of soil nutrients and water in tropical plantations forest*. Canberra, ACIAR, 1997. p.379-418.

GUO, L.B. & SIMS, R.E.H. Litter decomposition and nutrient release via litter decomposition in the New Zealand eucalypt short rotation forests. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 75:133-140, 1999.

HIGASHI, E.N.; SILVEIRA, R.L.V.A. & GONÇALVES, A.N. Nutritional monitoring and fertilization in clonal macro, mini, and microgardens. In: GONÇALVES, J.L.M., ed. *Forest nutrition and fertilization*. Piracicaba, IPEF, 2004. p.195-222.

KOLM, L. & POGGIANI, F. Ciclagem de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus grandis* submetidos à prática de desbastes progressivos. *Scientia Forestalis*, 63:79-93, 2003.

KOLM, L. Ciclagem de nutrientes e variações do microclima em plantações de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden manejadas através de desbastes progressivos. Piracicaba, Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de São Paulo, 2001, 88p.

LEITE, H.G.; NOGUEIRA, G.S. & DIAS, A.N. Desbastes e seus efeitos sobre a produção e a qualidade de povoamentos florestais. In: SEMINÁRIO SOBRE SILVICULTURA EM FLORESTAS PLANTADAS, 1., 2004, Vitória. Anais. Viçosa: UFV, 2004. p.165-195.

MARTINS, A.P.L. & REISSMANN, C.B. Material vegetal e as rotinas laboratoriais nos procedimentos químico-analíticos. *Scientia Agraria*, 8:1-17, 2007.

NARDOTO, G.B.; BUSTAMANTE, M.M.C. & SIQUEIRA PINTO, A. Nutrient use efficiency at ecosystem and species level in savanna areas of Central Brazil and of fire. *Journal of Tropical Ecology*, 22:191-201, 2006.

NEGI, J.D.S.; SHARMA, S.C. & BISHT, A.P.S. Forest floor and soil nutrient inventories in an old growth *Eucalyptus plantations*. *Indian forester*, 114:453-461, 1988.

LACLAU, J.P.; RANGER, J.; GONÇALVES, J.L.M.; MAQUÈRE, V.; KRUSCHE, AV. & M'BOU, A.T. Biogeochemical cycles of nutrients in tropical *Eucalyptus* plantations main features shown by intensive monitoring in Congo and Brazil. *Forest Ecology and Management*, 259, 1771-1785, 2010.

LIMA, A.M.N.; NEVES, J.C.L.; SILVA, I.R. & LEITE, F.P. Cinética de absorção e eficiência nutricional de K, Ca e Mg em plantas jovens de quatro clones de eucalipto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29:903-909, 2005.

MEDEIROS, F.M. Ciclagem de nutrientes em estágios sucessionais da Floresta Ombrófila Densa do Paraná. Curitiba, Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, 2015. 144p.

MIRANDA, L.B.; CASTRO, B.M. & KJERFVE B. 2002. Princípios de oceanografia física de estuários. EDUSP, São Paulo, 414 p.

MORAES, R.M.; DELITTI, W.B. & STRUFFALDI-DE-VUONO, Y. Litterfall and litter nutrient content in two Brazilian Tropical Forest. *Revista Brasileira de Botânica*, 22:9-16, 1999.

NEGI, J.D.S.; SHARMA, S.C. & BISHT, A.P.S. Forest floor and soil nutrient inventories in an old growth *Eucalyptus plantations*. *Indian forester*, 114:453-461, 1988.

NEVES, J.C.L. Produção e partição de biomassa, aspectos nutricionais e híbridos em plantios clonais de eucalipto na região litorânea do Espírito Santo. Campo dos Goytacazes, (Tese de Doutorado) Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2000. 191p.

PEREIRA, M.G.; MENEZES, L.F.T. & SCHULTZ, N. Aporte e decomposição da serapilheira na Floresta Atlântica, Ilha da Marambaia, Mangaratiba, RJ. *Ciência Florestal*, 18:443-454, 2008.

PIMENTEL-GOMES, F. Curso de estatística experimental. 15ª Ed. Piracicaba, FEALQ – Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2009, 451p.

PINTO, S.I.C.; FURTINI NETO, A.E.; NEVES, J.C.L.; FAQUIN, V. & MORETTI, B.S. Eficiência nutricional de clones de eucalipto na fase de mudas cultivados em solução nutritiva. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35:523-533, 2011.

POGGIANI, F. & SCHUMACHER, M. V. Atmospheric inputs compared with nutrient removed by harvesting from Eucalyptus plantation. Implications for sustainability. In: “IUFRO Conference on Silviculture and improvement for Eucalypt”. Colombo: EMBRAPA. Centro nacional de Pesquisa de Florestas, 4:68-74, 1997.

POGGIANI, F. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de plantações de Eucalyptus e Pinus. Implicações silviculturais. Piracicaba, Tese (Livre-Docência) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo, 1985. 229p.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C., PONZONI, F. J. & HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation*. 142:1141-1153, 2009.

ROCHA, A.A. Deposição de fitomassa e nutrientes, acumulação e decomposição de serapilheira em três tipologias da Floresta Atlântica, Paranaguá, PR. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006, 98p.

SANTANA, J.A.S. & SOUTO, J.S. Produção de serapilheira na Caatinga da região semiárida do Rio Grande do Norte, Brasil. *IDESIA*, 29:87-94, 2011.

SANTANA, J. A. S. Estrutura fitossociológica, produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes em uma área de Caatinga no Seridó do Rio Grande do Norte. Areia, 2005. 184 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba.

SANTANA, R.C.; BARROS, N.F. & NEVES, J.C.L. Eficiência de utilização de nutrientes e sustentabilidade da produção em procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em sítios florestais do Estado de São Paulo. *Revista Árvore*, 26:447-457, 2002.

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*, 262: 1146-1156, 2011.

SAUR, E.; NAMBIAR, E.K.S. & FIFE, D.N. Foliar nutrient retranslocation in *Eucalyptus globulus*. *Tree physiology*, 20:1105-12, 2000.

SCHUMACHER, M.V.; POGGIANI, F. & SIMÕES, J.W. Transferência de nutrientes das copas para o solo através da deposição de folheto em povoamentos de *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus torelliana* plantados em Anhembi-SP. IPEF 47: 56-61, 1994.

SCHUMACHER, M.V. Aspectos da ciclagem de nutrientes e do microclima em talhões de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* F. Muell. Piracicaba, 1992. 104p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo.

SILVA, L.F. Necessidade de adubação pós-desbaste, baseada no balanço nutricional de povoamentos de eucalipto. Viçosa, 1999. 61p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Viçosa.

SOUZA, J.A. & 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*, 7: 101-113, 2001.

TURNER, J. & LAMBERT, M.J. Nutrient cycling in age sequences of two *Eucalyptus* plantation species. *Forest Ecology and Management*, 6:1701-1712, 2008.

TURNER, J.; LAMBERT, M.J. Litterfall and forest floor dynamics in *Eucalyptus pilularis* forests. *Austral Ecology*, 27:192-199, 2002.

TURNER, J.; LAMBERT, M.J. Nutrient cycling within a 27- years-old *Eucalyptus grandis* plantation in New South Wales. *Forest ecology and management*, 6:155-168, 1983.

VIEIRA, M.; SCHUMACHER, M.V.; ARAUJO, E.F.; CORREA, R.S.; WINCLER, M.V. & CALDEIRA, W. Deposicao de Serapilheira e Nutrientes em Plantio de *Eucalyptus urophylla* × *E. globulus*. *Floresta e Ambiente*, 21:327-338, 2014.



VIERA, M. & SCHUMACHER, M.V. Concentração e retranslocação de nutrientes em acículas de *Pinus taeda* L. *Ciência Florestal*, 29: 375-382, 2009.

WISNIEWSKI, C. Nutrientes depositados com a serapilheira em função do estágio sucessional da floresta ombrófila densa das terras baixas sobre podzol não hidromórfico. In: Congresso Latino Americano de la Ciencia del Suelo, 14., 1999, Pucon. Anais. Pucon: UFRO, 1999. p.568.

WOICIECHOWSKI, T. Ciclagem de fitomassa e nutrientes na Floresta Ombrófila Densa Submontana no litoram do Paraná. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)– Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

## 2 - CAPÍTULO 2 – DINÂMICA DA ACUMULAÇÃO DE FITOMASSA E NUTRIENTES NA SERAPILHEIRA SOB PLANTIOS CLONAIS DE EUCALIPTO

### RESUMO

O melhoramento genético tem contribuído significativamente para o incremento da produtividade do Eucalipto no Brasil, sendo comum a utilização de clones nas áreas de produção. Mas a produtividade dos diferentes clones pode ser diferenciada, assim como a sua demanda e ciclagem de nutrientes, tornando-se necessários estudos que avaliem a ciclagem de fitomassa e nutrientes para diferentes materiais genéticos, sob diferentes condições de manejo dos povoamentos florestais. Neste contexto, os objetivos específicos deste capítulo foram: estimar a quantidade de fitomassa e nutrientes estocada na serapilheira acumulada sobre o solo; avaliar a variabilidade estacional da quantidade de fitomassa e nutrientes na serapilheira acumulada e estimar as taxas de decomposição da serapilheira acumulada sobre o solo ao longo do ano. O trabalho foi conduzido em área no município de Itatinga-SP, clima Cwa, onde estão plantados oito clones e um plantio semental de eucalipto. O experimento foi um delineamento de parcelas subdivididas. As parcelas foram compostas por 8 clones e pelo plantio semental, sendo suas subparcelas as áreas em que foi realizado o desbaste (D) e as áreas onde não foi realizado o desbaste (SD). Para estimativa da serapilheira acumulada foram realizadas coletas em cada estação do ano, entre junho de 2015 e junho de 2016. Os materiais coletados foram triados, secos, moídos e submetidos às determinações de nutrientes. Após as devidas avaliações concluiu-se que existiu um padrão de acúmulo de serapilheira associado às estações do ano, com maiores valores na primavera e verão. Diferentes frações contribuíram de forma diferenciada quanto à quantidade de fitomassa acumulada sobre o solo, sendo a fração foliar a mais representativa. Os valores de acúmulo total de serapilheira ficaram próximos entre os diferentes materiais genéticos. A decomposição foi ligeiramente maior nas áreas D comparativamente às áreas SD. As diferentes frações de serapilheira contribuíram de forma diferenciada quanto aos teores de nutrientes que acumulam no solo, sendo que a sequência decrescente dos teores de nutrientes: Folhas > Galhos > Casca > Órgãos reprodutivos > Restos vegetais. Quanto aos elementos a sequência foi: N > Ca > Mg > K > P.

**Palavras chave:** biogeoquímica florestal, serapilheira acumulada, desbaste, decomposição.

## **Chapter 2 – DYNAMICS OF LITTER STOCK AND NUTRIENTS UNDER CLONAL EUCALYPTUS PLANTATIONS**

### **ABSTRACT**

*The genetical enhancement has contributed significantly to the increase of Eucalyptus productivity in Brazil, spreading the use of clones in the plantations. However, different clones can present different productivity as well different nutrient requirement and nutrient cycling, making necessary studies to evaluate the behavior of different genetic materials under different management of forest stands. The aims on this chapter were: to evaluate the effect of different eucalyptus clones, and of thinning on the litter stock and nutrients under eucalyptus plantations; and to evaluate the seasonal variability of litter stock and nutrients as well as the litter decomposition rates in the eucalyptus plantations. The work was carried out in the county of Itatinga-SP, Southeastern Brazil, climate classified as Cwa. The experimental design was subdivided plots, where plots were composed by the 8 clones and a stallion planting of E. grandis, and subplots represented by thinning (D) and no-thinning (SD). Litter stock samplings were done in each season of the year, between June 2015 and June 2016. The materials were separate into different litter fractions, dried, milled and submitted to nutrient determinations. We observed a pattern of litter accumulation associated with the seasons, with highest values during spring and summer. The leaf fraction was the most representative. There was no difference between clones for que amount of litter stock. The decomposition was slightly higher under thinning in comparison with no thinning probably due to more favorable microclimatic conditions for decomposition in the thinning areas. The nutrient content in the litter fractions followed the sequence: Leaves > Branches > Bark > Reproductive organs > fine material. And the sequence of nutrient content was N > Ca > Mg > K > P.*

**Key-words:** forest biogeochemistry, litter stock, thinning, decomposition.

## 2.1 - INTRODUÇÃO

A quantidade de fitomassa no solo compreende entre 20 e 50% da matéria orgânica total na maioria dos ecossistemas florestais, aumentando ainda mais em alguns casos em florestas plantadas (Niinemets et al. 2007).

A serapilheira acumulada sobre o solo inclui todos os segmentos da planta depositados na superfície do solo, como folhas, caules, ramos, frutos, flores e os restos vegetais (Ono et al., 2001). Este material corresponde a uma reserva de matéria orgânica e nutrientes que influenciam diversos processos de funcionamento de um ecossistema florestal (Lopes et al., 1990). Em determinadas situações este material presente na superfície do solo vêm a se tornar, após a sua decomposição, a principal fonte de nutrientes para o solo e para as plantas, via processo de ciclagem, garantindo oferta de nutrientes aos ecossistemas florestais (Odum & Barret, 2007).

A quantidade de nutrientes presentes na serapilheira acumulada e a sua disponibilização dependem das taxas de deposição e de decomposição do material oriundo da vegetação. Estes processos dependem de certos fatores como espécies e população presentes no ecossistema, atividade biológica, disponibilidade de água e umidade, eficiência dos processos biológicos, além da própria origem do elemento químico a ser disponibilizado após a decomposição (Rodriguez et al., 2003).

Em florestas plantadas, a prática do desbaste pode eventualmente influenciar na quantidade de fitomassa depositada sobre o solo. Segundo Wollum & Schubert (1975), quando da realização do desbaste em plantios de algumas espécies florestais, ocorrem alterações significativas na decomposição e mineralização do material da serapilheira, principalmente devido às alterações ambientais causadas com a retirada de árvores do ambiente, como diminuição da competição por espaço, água e nutrientes entre as plantas, abertura do dossel e aumento da incidência dos raios solares, alterando inclusive o microclima do ambiente, alterando, desta forma, a maneira como ocorre o acúmulo, deposição e decomposição de serapilheira nos ecossistemas florestais.

Segundo Meguro et al. (1979), o acúmulo de serapilheira é maior durante o período de desenvolvimento e crescimento inicial de um povoamento florestal, de maneira que esta tende a estabilizar-se e ocorrer de maneira constante conforme aumenta a maturidade e desenvolvimento das plantas.

A temperatura normalmente tem efeito significativo na taxa de decomposição, geralmente ocorrendo redução na velocidade de decomposição ao longo de um período intenso de queda de temperatura, ao contrário do que ocorre em regiões com menores

oscilações de temperatura, onde as taxas de decomposição normalmente são menos variáveis ao longo destes períodos.

Devido a influência do ambiente na composição da serapilheira, observa-se que espécies que crescem em solos mais férteis, possuem concentrações maiores de nitrogênio e fósforo, por exemplo; conseqüentemente produzindo serapilheira com quantidade maior destes nutrientes em comparação às regiões com solos menos férteis; o que sugere que estas espécies que se desenvolvem em situações mais adversas apresentam compostos de defesa em seus tecidos vegetais, diminuindo as taxas de decomposição do material gerado por estas espécies (Laclau et al., 2008). Em povoamentos florestais com diferentes materiais genéticos é de se esperar que tanto a acumulação quanto a decomposição sejam influenciadas pela quantidade e pela qualidade de serapilheira produzida.

Algumas pesquisas relacionadas ao acúmulo e decomposição de serapilheira nos ecossistemas florestais tem sido realizadas com o intuito de compreender melhor a ciclagem biogeoquímica de nutrientes nos ecossistemas naturais e em plantios florestais, conforme os trabalhos realizados em plantios de eucalipto por Schumacher (1992), Poggiani et al. (1998), Kolm & Poggiani (2003), Kolm (2001), Costa et al. (2005), Silva et al. (2012), Schumacher et al. (2013); além de diversas pesquisas relacionadas à dinâmica da serapilheira nos mais diversos ecossistemas florestais nativos (Caldeira et al. 1999; Schumacher et al, 2004; Schmidt et al. 2008; Dickow, 2010; Blum, 2014; Medeiros, 2015; Woiciechowski, 2015).

Apesar da importância do eucalipto no contexto florestal brasileiro, são poucas as pesquisas buscando compreender o funcionamento biogeoquímico nos povoamentos florestais. E são raríssimas as pesquisas comparando diferentes materiais genéticos e avaliando o efeito do manejo florestal na ciclagem de nutrientes. Neste contexto, os objetivos específicos deste trabalho, em plantios com diferentes materiais genéticos de eucalipto, em áreas submetidas ou não ao desbaste florestal, foram:

- Estimar a quantidade de fitomassa e os teores de nutrientes na serapilheira acumulada sobre o solo;
- Avaliar a variabilidade estacional da quantidade de fitomassa e dos teores de nutrientes na serapilheira acumulada;
- Estimar as taxas de decomposição da serapilheira acumulada sobre o solo ao longo do ano.

## **2.2 – MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.2.1 - Coleta e análises de material vegetal**

#### **2.2.1.1 - Coletas de serapilheira acumulada**

Duas áreas de 2,0 x 1,0 m (Figura 7) foram marcadas sobre o solo de cada subparcela para a coleta de serapilheira acumulada, totalizando quatro áreas de coleta por parcela. As áreas de coleta foram posicionadas entre as linhas “5 e 6” e entre as árvores “8 e 9” e “13 e 14” de cada subparcela, isoladas com fita de identificação. Antes do início das coletas, cada área de coleta teve todo o material de serapilheira removido, ficando o solo exposto (Figura 7).

As coletas foram realizadas ao fim de cada estação climática (primavera, verão, outono e inverno) durante o período de junho de 2015 a março de 2016. A área de 2,0 x 1,0 m foi dividida em quatro quadrantes (0,5 x 1,0m) sendo a primeira coleta feita em um dos quadrantes, a segunda em outro dos 4 quadrantes; e, assim, sucessivamente, até a quarta coleta, sendo cada uma das coletas feitas em quadrantes distintos. Como as coletas de galhos e cascas eram realizadas simultaneamente com as coletas de serapilheira depositada nos coletores marcados sobre o solo (Figura 7), estas frações eram coletadas em toda área do coletor (2,0 x 1,0 m) separadas e pesadas conforme o quadrante em que se encontravam no momento da coleta, para posteriormente o material ser utilizado para as respectivas análises de cada quadrante.

A serapilheira era então separada em frações (folhas, galhos, cascas, órgãos reprodutivos e restos), para posterior secagem em estufa entre 60-70 °C, sendo em seguida pesada para obtenção de sua massa seca e, só então, moída em moinho de facas (tipo Wiley) para realização das determinações químicas.

#### **2.2.1.2 – Estimativa de decomposição de serapilheira**

A estimativa da taxa de decomposição (k) da serapilheira foi calculada a partir dos valores de produção anual de serapilheira (L) e de acúmulo sobre o solo (X<sub>ss</sub>) seguindo a seguinte equação:  $k = L/X_{ss}$ . Na sequência foi calculado o tempo médio de renovação da serapilheira, obtido através da estimativa:  $1/k$ , sendo feitos os respectivos cálculos para cada clone e para o plantio semental (Olson, 1963).

### **2.2.1.3 - Análises químicas da serapilheira**

O processo analítico foi o mesmo utilizado para a caracterização da composição química da serapilheira depositada (item 1.2.1.2 ).

### **2.2.1.4 - Tratamento dos dados e análises estatísticas**

O experimento foi conduzido sob um delineamento de parcelas subdivididas, para fins de comparação dos tratamentos “clones” e “desbaste”. As parcelas foram compostas pelos oito diferentes plantios clonais e o plantio semental, sendo suas subparcelas as áreas em que foi realizado o desbaste (D) e as áreas sem desbaste (SD).

No caso da serapilheira acumulada foram considerados 2 áreas de coleta (Figura 7) por subparcela num total de 4 coletas por ano.

Para comparações quanto ao efeito das estações do ano sobre a fitomassa e nutrientes da serapilheiras acumulada, o número de repetições de cada tratamento foi equivalente ao número de coletores.

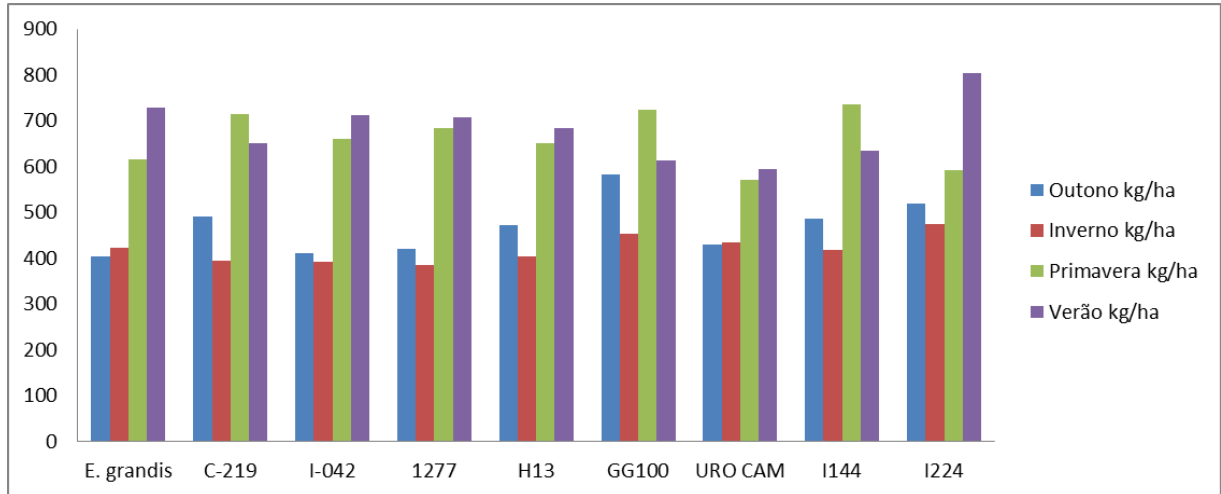
Os resultados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey (5% de significância), para comparação das médias (Pimentel-Gomes, 2009).

As análises estatísticas foram realizadas com o emprego do *software* ASSISTAT, versão 7,5, desenvolvido no Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande/PB.

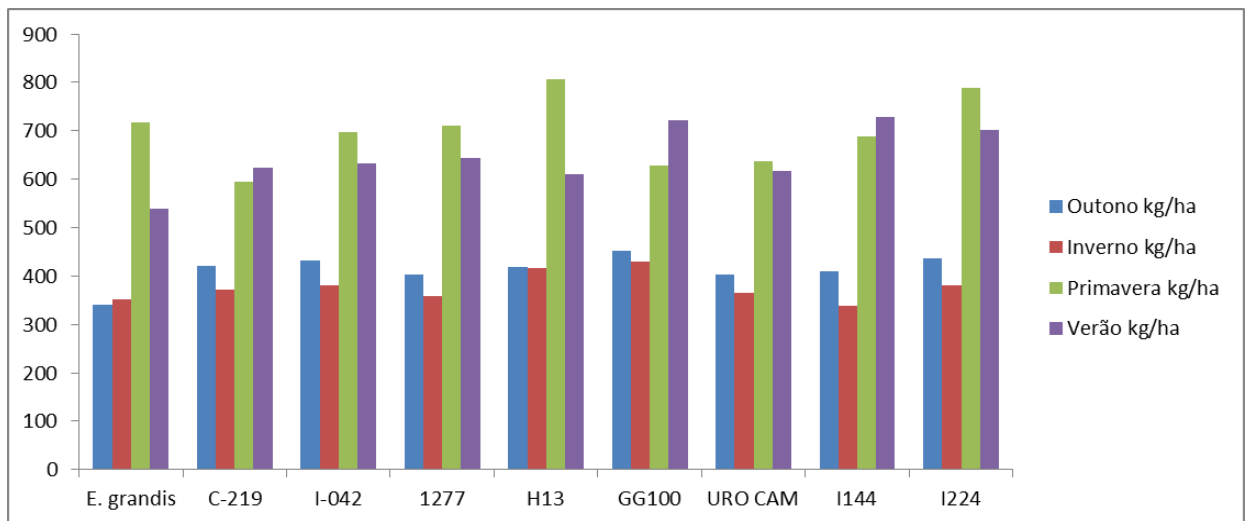
## **2.3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **2.3.1 – Serapilheira Acumulada**

O acúmulo de serapilheira (Figuras 10 e 11), apresentou variação ao longo das estações climáticas, sendo primavera e verão as estações com maior acúmulo de material, apresentando, de maneira geral, valores bem próximos entre clones e entre áreas com e sem desbaste. As estações do outono e inverno apresentaram menor acúmulo, tanto na área com desbaste como na área sem desbaste.



**Figura 10** – Acúmulo de serapilheira na área sem desbaste, por estação, entre junho de 2015 e março de 2016.



**Figura 11** – Acúmulo de serapilheira na área com desbaste, por estação, entre junho de 2015 e março de 2016.

Os resultados são semelhantes aos observados por Vieira et al. (2014), em experimento comparando a deposição e acúmulo de serapilheira em alguns plantios clonais de Eucalipto.

Em alguns casos, (Konig et al., 2002; Schumacher et al. 2013; Kolm & Poggiani, 2003) observa-se que espécies como o eucalipto depositam mais serapilheira nos meses mais quentes e úmidos e acumulam uma quantidade menor no mesmo período, devido à maior decomposição do material, conseqüentemente apresentando um acúmulo maior nas estações mais frias, onde a taxa de decomposição diminui.

Os maiores valores de acúmulo de serapilheira observados em períodos mais quentes e úmidos, como primavera e verão, discordam do que foi observado por Cunha et al. (2005) em



plantios de eucalipto em rebrota de 1,5 e 5 anos no norte do Rio de Janeiro, que observou maior acúmulo de material nos períodos de menor disponibilidade hídrica.

O aumento na queda de folhas nos períodos mais úmidos e quentes normalmente ocorre devido às variações e ao aumento da temperatura, e da ocorrência de vento e precipitação, além da senescência natural das folhas (Balieiro et al., 2004). Barlow et al. (2007), avaliando um plantio de *Eucalyptus urophylla* aos quatro e cinco anos de idade, encontraram aumento no acúmulo de folhas de serapilheira em períodos de maior precipitação mensal.

Vieira & Schumacher (2010), estudando um povoamento de acácia negra, sugerem que a umidade do ar influenciou positivamente tanto a deposição quanto o acúmulo de serapilheira ao longo do ano, o que normalmente ocorre em períodos como verão e primavera na região do experimento.

Alterações nos valores de deposição e acúmulo ao longo das estações podem ocorrer devido a aspectos cíclicos dos povoamentos durante estes períodos, além da influência de fatores climáticos e biológicos, como identificado por Souza & Davide (2001) em plantios de Bracatinga e Eucalipto.

Para as diferentes frações da serapilheira, poucas diferenças foram identificadas entre áreas com e sem desbaste (Tabela 6). E para a serapilheira total observa-se uma pequena tendência de valores mais elevados nas áreas em que não foi realizado o desbaste, o que era esperado pelo maior número de árvores nestas áreas

Estes resultados concordam com resultados obtidos por Vesterdal et al. (1995) em plantios de espécies pináceas na Noruega, e também por Kolm (2001), em plantios de eucaliptos sob desbastes progressivos no interior de São Paulo.

**Tabela 6** - Acúmulo anual de serapilheira total nas diferentes frações em área com e sem desbaste.

Clones	Desbaste	Fitomassa (kg ha <sup>-1</sup> )					Total kg ha <sup>-1</sup>
		Folhas	Orgãos Reprodutivos	Casca	Galhos	Restos	
<i>E. grandis</i>	D	1592	241 B	228	293 B	127 B	2480
	SD	1426	522 A	188	405 A	222 A	2762
C219	D	1567	309	252	279 B	152	2559
	SD	1552	404	272	421 A	216	2866
I-042	D	1565	369	234	345	214	2727
	SD	1644	272	242	304	300	2763
1277	D	1682	285	222	260	247	2695
	SD	1681	304	228	270	314	2797
H13	D	1599	298	230	354	337	2819
	SD	1676	285	222	381	307	2870
GG100	D	1682	272	233	354	297	2838
	SD	1718	317	253	383	351	3023
UROCAM	D	1678	256	224	261	167 B	2586
	SD	1552	298	164	313	248 A	2576
I144	D	1673	264 B	202	387	232	2758
	SD	1698	400 A	238	313	247	2897
I224	D	1705	390	255	371	216	2936
	SD	1721	332	317	416	255	3041

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam área com e sem desbaste em cada clone.

Houveram poucas diferenças para o acúmulo de serapilheira entre os diferentes materiais genéticos avaliados (Tabela 7). Para órgãos reprodutivos e casca o clone UROCAM acumulou menor quantidade de material. Para a fração galhos somente os clones 1277 e UROCAM mostraram valores mais baixos de acumulação. Já para a fração restos vegetais *E. grandis*, C219 e UROCAM apresentaram valores inferiores aos demais. Quanto aos valores totais de acúmulo de serapilheira o clone UROCAM se destacou com menor acumulação de material, sendo este resultado influenciado pelo menor acúmulo das diversas frações de sua serapilheira.

**Tabela 7** - Acúmulo anual médio de serapilheira total e nas diferentes frações em cada material genético.

Clones	Fitomassa (kg ha <sup>-1</sup> )					
	Folhas	Orgãos Reprodutivos	Casca	Galhos	Restos	Total
<i>E. grandis</i>	1509	381a	208b	349a	174b	2622a
<b>C219</b>	1560	357a	262a	350a	184b	2713a
<b>I-042</b>	1604	321a	238a	325a	257a	2745a
<b>1277</b>	1681	295a	225a	265b	281a	2746a
<b>H13</b>	1637	292a	226a	367a	322a	2844a
<b>GG100</b>	1700	295a	243a	369a	324a	2930a
<b>UROCAM</b>	1615	277b	194b	287b	208b	2581b
<b>I144</b>	1686	332a	220a	350a	239a	2827a
<b>I224</b>	1713	361a	286a	393a	236a	2989a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. Quando há diferenças letras minúsculas comparam médias entre os clones em cada fração.

Com relação à repartição de fitomassa entre as diferentes frações de serapilheira, esta segue de maneira geral a seguinte sequência: Folhas > Galhos > Orgãos Reprodutivos > Casca > Restos vegetais; para a maioria dos materiais genéticos avaliados.

### 2.3.2 - Estimativas de decomposição da serapilheira

As taxas de decomposição variaram entre 0,98 e 1,27 (Tabela 8). Os valores aqui observados estão dentro da faixa de variação de outros estudos em povoamentos de eucalipto e em florestas subtropicais (Tabela 9). Em plantios de eucalipto, normalmente os valores de decomposição encontram-se próximos de 1,0 (Guo et al., 2006). Valor mais elevado (próximo de 1,7) foi observado por Kolm & Poggiani (2003), em plantios de eucalipto mais velhos sob desbastes progressivos.

**Tabela 8** – Serapilheira depositada, acumulada, taxa de decomposição e tempo de renovação da serapilheira.

Clones	Desbaste	Serapilheira		Taxa de decomposição (k)	Tempo de renovação (1/k)
		Depositada	Acumulada		Anos
		kg ha <sup>-1</sup>			
<i>E. grandis</i>	D	2811	2480	1,13	0,88
	SD	3071	2762	1,11	0,90
C219	D	2899	2559	1,13	0,88
	SD	3206	2866	1,12	0,89
I-042	D	2979	2727	1,09	0,92
	SD	3332	2763	1,21	0,83
1277	D	3132	2695	1,16	0,86
	SD	3119	2797	1,12	0,90
H13	D	3124	2819	1,11	0,90
	SD	3198	2870	1,11	0,90
GG100	D	3350	2838	1,18	0,85
	SD	3294	3023	1,09	0,92
UROCAM	D	2652	2586	1,03	0,97
	SD	3269	2576	1,27	0,79
I144	D	3139	2758	1,14	0,88
	SD	2840	2897	0,98	1,02
I224	D	3543	2936	1,21	0,83
	SD	3099	3041	1,02	0,98

Apesar de existirem diferenças na composição química (nutrientes) da serapilheira entre os materiais genéticos estudados (Tabelas 3 e 10), estas não parecem ter sido suficientes para influenciar as taxas de decomposição entre os diferentes materiais genéticos.

Uma vez depositada e acumulada sobre o solo, o material da serapilheira passa por processos em que ocorre sua degradação, lavagem, ataque de microrganismos e

consequentemente decomposição pela redução das frações minerais e húmicas (Berg, 2000). Este processo é quase que totalmente biológico pela ação dos microrganismos presentes no solo, originando a ciclagem de nutrientes e o retorno destes ao solo, sendo controlado principalmente por fatores bióticos e abióticos como os teores de nutrientes no material e a própria atividade microbiana (Dickow et al., 2008).

**Tabela 9** - Taxas de decomposição e tempo de renovação da serapilheira de diferentes tipologias florestais (Rezende, 2009).

<b>Fonte</b>	<b>Tipologia Florestal</b>	<b>k</b>	<b>1/k</b>
Alhamd, 2004	Floresta Subtropical	1,19	0,84
Arato et al., 2003	Floresta Estacional Semidecidual	1,17	0,85
Cunha et al., 1993	Floresta Estacional Decidual	1,20	0,83
Morellato, 1992	Floresta Estacional Semidecidual	1,60	0,62
Cunha-Neto et al., 2013	Plantio Clonal de Eucalipto	1,22	0,81

As alterações ambientais e na densidade de plantas, causadas pelo desbaste, até o momento não surtiram o efeito expressivo nas decomposição de serapilheira, o que também foi observado por Reis & Barros (1990), em avaliações com diferentes espécies de eucalipto.

Segundo Silva (1999), alterações causadas pelo desbaste, com o passar do tempo, tendem a alterar alguns fatores como evapotranspiração e aumento da radiação solar, favorecendo também a atividade dos microrganismos decompositores, mas até o momento da coleta de dados deste trabalho este efeito não se manifestou.

### **2.3.3 – Concentração de nutrientes na serapilheira acumulada**

Os teores médios anuais dos nutrientes na serapilheira acumulada, independentemente do material genético ou do tipo de fração da serapilheira, apresentaram a seguinte ordem: N > Ca > Mg > K > P (Tabela 10), sendo o mesmo padrão observado nos materiais de serapilheira depositada (Tabela 3).

Hernández et al. (2009), em experimento com *Eucalyptus dunni* no Uruguai, obtiveram sequência diferente nas folhas de alguns materiais clonais de eucalipto (Ca > K > N > Mg > P), o que talvez possa ser explicado pela espécie diferente de eucalipto ou pelas diferentes características do solo onde foi feito o estudo no Uruguai.

**Tabela 10** – Teores médios (anual) de nutrientes na serapilheira acumulada por fração.

Clones	N (g kg <sup>-1</sup> )				
	Folhas	Galhos	Casca	Orgãos Reprodutivos	Restos
<i>E. grandis</i>	19,0	10,3	16,2	15,9	9,7
<b>C219</b>	21,5	8,9	10,0	8,5	9,3
<b>I-042</b>	20,1	15,5	14,6	15,6	15,3
<b>1277</b>	16,1	12,8	12,3	13,4	17,8
<b>H13</b>	14,6	13,5	15,3	16,7	11,6
<b>GG100</b>	15,6	7,9	8,5	8,6	8,9
<b>UROCAM</b>	17,2	16,4	15,9	15,4	15,0
<b>I144</b>	13,4	11,0	12,2	10,9	11,9
<b>I224</b>	14,0	17,8	10,3	16,2	15,9
Clones	P (g kg <sup>-1</sup> )				
	Folhas	Galhos	Casca	Orgãos Reprodutivos	Restos
<i>E. grandis</i>	0,9	0,6	0,7	0,6	0,7
<b>C219</b>	0,9	0,6	0,5	0,6	0,7
<b>I-042</b>	0,9	0,4	0,5	0,3	0,5
<b>1277</b>	0,9	0,5	0,7	0,8	0,6
<b>H13</b>	0,8	0,7	0,7	0,5	0,7
<b>GG100</b>	1,0	0,5	0,6	0,7	0,6
<b>UROCAM</b>	0,8	0,4	0,7	0,4	0,9
<b>I144</b>	1,0	1,1	1,1	0,8	1,0
<b>I224</b>	1,0	0,5	0,7	0,6	0,6
Clones	K (g kg <sup>-1</sup> )				
	Folhas	Galhos	Casca	Orgãos Reprodutivos	Restos
<i>E. grandis</i>	1,4	1,7	1,8	1,9	1,6
<b>C219</b>	1,6	1,4	2,2	2,0	1,8
<b>I-042</b>	1,3	1,8	1,9	1,3	2,0
<b>1277</b>	1,4	1,7	1,5	1,3	1,4
<b>H13</b>	1,3	1,5	1,6	1,4	1,3
<b>GG100</b>	1,3	2,3	1,5	2,4	2,0
<b>UROCAM</b>	1,4	1,2	2,1	2,0	2,2
<b>I144</b>	1,3	2,5	1,4	1,8	1,2
<b>I224</b>	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9

**Continuação Tabela 10** – Teores médios (anual) de nutrientes na serapilheira acumulada por fração.

Clones	Ca (g kg <sup>-1</sup> )				
	Folhas	Galhos	Casca	Orgãos Reprodutivos	Restos
<i>E. grandis</i>	7,7	10,9	11,9	5,0	9,4
<b>C219</b>	7,7	12,3	11,7	11,1	11,6
<b>I-042</b>	6,7	5,6	10,4	5,0	5,2
<b>1277</b>	8,0	5,9	11,4	6,6	5,8
<b>H13</b>	11,0	8,5	11,0	6,0	7,9
<b>GG100</b>	9,0	5,9	11,3	9,6	12,5
<b>UROCAM</b>	8,8	12,5	13,0	10,5	11,0
<b>I144</b>	9,3	11,9	10,2	9,6	13,2
<b>I224</b>	8,9	10,6	12,9	9,9	5,0
Clones	Mg (g kg <sup>-1</sup> )				
	Folhas	Galhos	Casca	Orgãos Reprodutivos	Restos
<i>E. grandis</i>	5,7	2,2	2,7	3,7	4,9
<b>C219</b>	4,6	3,5	3,5	4,6	3,3
<b>I-042</b>	4,6	2,8	3,2	4,0	3,5
<b>1277</b>	4,8	2,9	4,0	3,3	3,7
<b>H13</b>	4,9	3,5	4,4	3,4	4,2
<b>GG100</b>	4,6	4,0	2,6	3,6	2,6
<b>UROCAM</b>	7,0	3,0	4,9	2,8	3,6
<b>I144</b>	5,5	4,6	5,6	4,2	3,6
<b>I224</b>	5,1	4,1	3,2	3,7	3,7

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. Quando houveram diferenças letras maiúsculas comparam os teores entre todos os materiais genéticos; letras minúsculas comparam as frações dentro de cada material genético.

Os valores médios dos nutrientes variaram muito pouco ao se comparar os resultados entre a serapilheira depositada (Tabela 3) e a acumulada (Tabela 10), indicando poucas mudanças na composição química da serapilheira que ficou acumulada sobre o solo entre as diferentes coletas.

Os teores N mostraram-se mais elevados nas folhas, entre 13,4 (I144) e 21,5 g kg<sup>-1</sup> (C219); e nas demais frações da serapilheira (Galhos, Casca, Orgãos Reprodutivos e Restos) variaram entre 7,9 e 17,8 g kg<sup>-1</sup>.

Os teores de P variaram menos entre as diferentes frações; entre 0,6 e 1,0 g kg<sup>-1</sup>, com os valores mais elevados sendo também observados nas Folhas. O P apresentou os menores

teores entre os macronutrientes, assim como observado por Zaia & Gama-Rodrigues (2004) em estudo de ciclagem de nutrientes em alguns materiais clonais da mesma espécie. Segundo Souza & Davide (2001), a maior parte da demanda de P nas árvores é suprida pelo ciclo biogeoquímico das mesmas, por meio de processos de remobilização do P que ocorre anteriormente à queda das folhas, o que explicaria em parte os valores mais baixos de P em relação aos demais nutrientes.

O potássio mostrou seus menores teores nas Folhas (1,3 a 1,6 g kg<sup>-1</sup>) e nas demais frações variou entre 1,2 e 2,4 g kg<sup>-1</sup>. Por ser um nutriente muito móvel nas plantas, esperava-se que o K apresentasse maior variação em sua concentração nas frações de serapilheira ao longo do ano nas diferentes frações (Silva et al., 2004). Os valores relativamente baixos nas folhas, com valores próximos aos observados em materiais mais lenhosos como as cascas sugere que boa parte deste elemento já havia saído das folhas quando de sua deposição. Isto pode ser comprovado pelos teores de K nas folhas vivas das plantas (Tabela 19), os quais são praticamente o dobro em comparação com os teores nas folhas de serapilheira.

Os teores de Ca foram superiores nas cascas, entre 10,2 e 12,9 g kg<sup>-1</sup>; e nas outras frações variaram entre 5,0 e 13,2 g kg<sup>-1</sup>. Teores elevados de Ca em cascas de eucalipto também foram observados por Gonçalves et al., (2000).

Já o magnésio teve seus maiores teores nas folhas entre 4,6 e 7,0 g kg<sup>-1</sup>, com as demais frações da serapilheira variando entre 2,2 e 5,6 g kg<sup>-1</sup>. Os maiores valores obtidos na fração folha estão próximos do que normalmente é observado para o Eucalipto, conforme observado e citado por Silva et al. (2012).

Segundo Schumacher & Poggiani (1993), concentrações nutricionais na serapilheira dependem de alguns fatores como espécie, frações da serapilheira e maneira como ocorre a translocação dos nutrientes nas plantas.

Na Tabela 11, observa-se, praticamente para todos os nutrientes e materiais genéticos, que não houveram grandes diferenças nos teores dos nutrientes na comparação entre áreas com e sem desbaste o desbaste, da mesma forma já observada na serapilheira depositada (Tabela 4). A única diferença observada ocorreu no clone UROCAM para o Ca, com teor mais elevado na área com desbaste.



**Tabela 11** – Concentração de nutrientes nas folhas da serapilheira acumulada, em povoamentos de eucalipto com desbaste (D) e sem desbaste (SD).

Clone	N		P		K		Ca		Mg	
	-----g kg <sup>-1</sup> -----									
	D	SD	D	SD	D	SD	D	SD	D	SD
<b>E.grandis</b>	18,0	20,1	0,8	1,0	1,3	1,6	8,0	7,4	6,0	5,4
<b>C219</b>	22,0	21,1	0,9	1,0	1,6	1,7	8,1	7,4	5,2	4,1
<b>I-042</b>	20,2	20,1	0,8	1,1	1,3	1,4	7,1	6,3	5,2	4,1
<b>1277</b>	17,2	15,1	1,1	0,8	1,5	1,4	8,4	7,6	5,3	4,3
<b>H13</b>	15,0	14,3	0,9	0,7	1,5	1,2	12,0	10,1	4,6	5,2
<b>GG100</b>	16,2	15,1	1,1	1,0	1,4	1,3	10,1	8,0	4,0	5,3
<b>UROCAM</b>	14,5	20,0	0,7	1,0	1,5	1,4	11,2A	6,4 B	8,0	6,1
<b>I144</b>	11,3	15,6	1,0	1,0	1,5	1,2	10,4	8,2	6,0	5,0
<b>I224</b>	14,1	13,9	1,1	1,0	1,5	1,4	9,3	8,5	6,1	4,2

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. Quando há diferenças letras maiúsculas comparam área com e sem desbaste em cada clone.

## 2.4 – CONCLUSÕES

Ocorre um padrão de acúmulo de serapilheira associado às estações do ano, com maiores valores na primavera e verão.

A fração foliar é a mais representativa em termos de fitomassa e a sequência decrescente de teores de nutrientes nas frações de serapilheira acumulada segue a seguinte ordem: Folhas > Galhos > Casca > Órgãos reprodutivos > Restos vegetais

Para os elementos a sequência foi: N > Ca > Mg > K > P.

A decomposição foi ligeiramente maior nas áreas D comparativamente às áreas SD.

## 2.5 – LITERATURA CITADA

ALHAMD, L.; ARAKAKI, S. & HAGIARA, A. Decomposition of leaf litter of four tree species in a subtropical evergreen broad-leaved forest, Okinawa Island, Japan. *Forest Ecology and Management*, 202:1–11 2004.

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

BERG, B. Litter decomposition and organic matter turnover in northern forest soil. *Forest Ecology Management*. 133:13-22, 2000.

BALIEIRO, F.D.C.; FRANCO, A.A.; PEREIRA, M.G.; CAMPELLO, E.F.C.; DIAS, L.E.; FARIA, S.M.D. & ALVES, B.J.R. Dinâmica da serapilheira e transferência de nitrogênio ao solo, em plantios de *Pseudosamanea guachapele* e *Eucalyptus grandis*. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 39:597-601, 2004.

BARLOW, J.; GARDNER, T.A.; FERREIRA, L.V.; PERES, C.A. Litter fall and decomposition in primary, secondary and plantation forests in the Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*, 247:91-97, 2007.

BLUM, H. Caracterização biogeoquímica da serapilheira e de substâncias húmicas do solo sob plantios com espécies florestais nativas e exóticas no sul do Brasil. Curitiba, Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, 2014. 131p.

CALDEIRA, M.V.W. PEREIRA, J.C.; SCHUMCHER, M.V.; DELLA-FLORA, J.B. & SANTOS, E.M. Comparações entre as concentrações de nutrientes nas folhas e no folheto em um povoamento de *Acacia mearnsii* De Wild. *Revista Arvore*, 23:489-492, 1999.

COSTA, G.S.; GAMA-RODRIGUES, A.C. & CUNHA, G.M. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em povoamentos de *Eucalyptus grandis* no norte Fluminense. *Revista Árvore*, 29:563-570, 2005.

CUNHA, G.M.; GAMA-RODRIGUES, A.C. & COSTA, G.S. Ciclagem de nutrientes em *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden no norte fluminense. *Árvore*, 29:353-363, 2005.

CUNHA, G. C.; GRENDENE, L.A. DURLO, M.A.D. & BRESSAN, D.A. Dinâmica nutricional em floresta estacional decidual com ênfase aos minerais provenientes da deposição da serrapilheira. *Ciência Florestal*, 3:35-64, 1993.

CUNHA-NETO, F.V.C.; LELES, P.S.S.; PEREIRA, M.G.; BELLUMATH, V.G.H. & ALONSO, J.M. Acúmulo e decomposição da serapilheira em quatro formações florestais. *Ciência Florestal*, 23: 379-387, 2013.

DICKOW, K. M. C.; MARQUES, R. & PINTO, C. B. Lixiviação de nutrientes da serapilheira recém-depositada em sucessão ecológica na Floresta Atlântica, litoral do Paraná. *Floresta*, 39:145-156. 2008.

GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L.; BENEDETTI, V.; FESSEL, V.A.G.; GAVA, J.L. Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V., ed. *Nutrição e fertilização florestal*. Piracicaba: IPEF, 2000. cap.1, p.1-57.

GUO, L. B.; SIMS, R. E. H. & HORNE, D. J. Biomass production and nutrient cycling in Eucalyptus short rotation energy forests in New Zealand: II., litter fall and nutrient return. *Biomass and Bioenergy*, Oxford, 30:393- 404, 2006.

HERNÁNDEZ, J.; PINO, A.; SALVO, L.; ARRARTE, G. Nutrient export and harvest residue decomposition patterns of a *Eucalyptus dunnii* Maiden plantation in temperate climate of Uruguay. *Forest Ecology and Management*, 258: 92-99, 2009.

KOLM, L. & POGGIANI, F. Ciclagem de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus grandis* submetidos à prática de desbastes progressivos. *Scientia Forestalis*, 63:79-93, 2003.

KOLM, L. Ciclagem de nutrientes e variações do microclima em plantações de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden manejadas através de desbastes progressivos. Piracicaba, Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de São Paulo, 2001, 88p.

KONIG, F. G.; SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J. & SELING, I. Avaliação da sazonalidade da produção de serapilheira numa floresta Estacional Decidual no município de Santa Maria, RS. *Revista Árvore*, 26:429 - 435, 2002.

LACLAU, J.P.; JULIO C.R.; ALMEIDA, J.L.; GONCALVES, M.; SAINT-ANDRE, L.; VENTURA, M.; RANGER, J. & MOREIRA, R. Influence of nitrogen and potassium fertilization on leaf lifespan and allocation of above-ground growth in Eucalyptus plantations. *Tree Physiology*, 29, 111–124, 2008.

LOPES, M.I.M.S.; VUONO, Y.S., DOMINGOS, M. Serapilheira acumulada na Floresta da Reserva Biológica de Paranapiacaba, sujeita aos poluentes atmosféricos de Cubatão, SP. *Hoehnea*; 17:59-70, 1990

MARTINS, A.P.L. & REISSMANN, C.B. Material vegetal e as rotinas laboratoriais nos procedimentos químico-analíticos. *Scientia Agraria*, 8:1-17, 2007.

MEDEIROS, F.M. Ciclagem de nutrientes em estágios sucessionais da Floresta Ombrófila Densa do Paraná. Curitiba, Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, 2015. 144p.

MEGURO, M.; VINUEZA, G.N. & DELITTI, W.B.C. Ciclagem de nutrientes minerais na Mata Mesófila secundária. Produção e conteúdo de nutrientes minerais do folheto. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo*, São Paulo, 7:61-67, 1979.

MORELLATO, L.P.C. Nutrient cycling in two south-east Brazilian forests. I Litterfall and litter standing crop. *Journal of Tropical Ecology*, 8:205-215, 1992.

NIINEMETS, U.; PORTSMUTH, D; TENA, M; TOBIAS.; MATESANZ, S. & VALLADARES, F. Do we underestimate the importance of leaf size in plant economics? Disproportional scaling of support costs within the spectrum of leaf physiognomy. *Annals of Botany* 100:283–303, 2007.

ODUM, E.P. & BARRETT, G.W. *Fundamentos de Ecologia*. São Paulo: Thomson Learning, 2007. 612p.

OLSON, J. S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology*, 44:322-331, 1963.

ONO, K.; NISCHI, A.; WATANABE, Y. & TERASHIMA, I. Possible mechanisms of adaptive leaf senescence. *Plant Biology*, 3:234–243, 2001.

REIS, M.G.F. & BARROS, N.F. Ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto. In: BARROS, N.F. & NOVAIS, R.F. *Relação Solo-Eucalipto*. Folha de Viçosa: Viçosa, 1990. p. 265-301.

RODRIGUEZ, R.; ESPINOSA, M.; HOFMANN, G. & MARCHANT, M. Needle mass, fine root and stem wood production in response to silvicultural treatment, tree size and competitive status in radiata pine stands. *Forest Ecology Management*. 186:287–296, 2003.

PIMENTEL-GOMES, F. *Curso de estatística experimental*. 15ª Ed. Piracicaba, FEALQ – Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2009, 451p.

POGGIANI, F.; STAPE, J.L. & GONÇALVES, J.L.M. Indicadores de sustentabilidade das plantações florestais. *IPEF*, 12:33-44, 1998.

SCHMIDT, P.; DICKOW, K.M.C.; ROCHA, A.A.; MARQUES, R.; SCHEUERMANN, L.; RÖMBKE, J.; FÖRSTER, B. & HÖFER, H. Soil macrofauna and decomposition rates in Southern Brazilian Atlantic Rainforests. *Ecotropica*, 14:89-100, 2008.

SCHUMACHER M.V.; CORREA R.S.; VIERA M. & ARAUJO E.F. Produção e decomposição de serapilheira em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus* maidenii. *Cerne*, 19:509-508, 2013.

SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E.J.; HERNANDES, J.I. & KÖNIG, F.G. Produção de serapilheira em uma floresta de *Araucaria angustifolia* (bertol.) kuntze no município de Pinhal Grande-RS. *Revista Árvore*, v.28, n.1, p.29-37, 2004.

SCHUMACHER, M.V. & POGGIANI, F. Produção de biomassa e remoção de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* F. Muell, plantados em Anhembi, SP. *Ciência Florestal*, 3:21-34, 1993.

SCHUMACHER, M.V. Aspectos da ciclagem de nutrientes e do microclima em talhões de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* F. Muell. Piracicaba, 1992. 104p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo.

SILVA, J.V.; NOGUEIRA, G.S.; SANTANA, R.C.; LEITE, H.G.; OLIVEIRA, M.L.R. & ALMADO, R.P. Produção e acúmulo de nutrientes em povoamento de eucalipto em consequência da intensidade do desbaste e da fertilização. Pesquisa agropecuária brasileira, 47:1555-1562, 2012.

SILVA, H.D.; FERREIRA, C.A.; CORRÊA, R.S.; BELLOTE, A.F.J.; TUSSOLINI, E.L. Alocação de biomassa e ajuste de equações para estimativa de biomassa em compartimentos aéreos de *Eucalyptus benthamii*. Boletim de Pesquisa Florestal, 49:83- 95, 2004.

SILVA, L.F. Necessidade de adubação pós-desbaste, baseada no balanço nutricional de povoamentos de eucalipto. Viçosa, 1999. 61p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Viçosa.

SOUZA, J.A. & 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, 7: 101-113, 2001.

VESTERDAL, L.; DALSGAARD, M.; FELBI, C.; RAULUND-RASMUSSEN, K. & JORGENSEN, B.B. Effects on thinning and soil properties on accumulation of carbon, nitrogen and phosphorus in the forest floor of Norway spruce stands. Forest Ecology and Management, 77:1-10, 1995.

VIEIRA, M.; SCHUMACHER, M.V.; ARAUJO, E.F.; CORREA, R.S.; WINCLER, M.V. & CALDEIRA, W. Deposição de Serapilheira e Nutrientes em Plantio de *Eucalyptus urophylla* × *E. globulus*. Floresta e Ambiente, 21:327-338, 2014.

VIEIRA, M.; SCHUMACHER, M.V. & CALDEIRA, W. Dinâmica de Decomposição e Nutrientes em Plantio de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus* no Sul do Brasil. Floresta e Ambiente, 20:351-360, 2013.

VIEIRA, M. & SCHUMACHER, M.V. Deposição de serapilheira e de macronutrientes em um povoamento de acácia negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) no Rio Grande do Sul. *Ciência Florestal*, 20:225-233, 2010.

WOICIECHOWSKI, T. Ciclagem de fitomassa e nutrientes na Floresta Ombrófila Densa Submontana no litoram do Paraná. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)– Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

WOLLUM, A.G. & SCHUBERT, G.H. Effect of thinning on the foliage and forest floor properties of ponderosa pine stands. *Soil Science Society of America Journal*, 39:968-972, 1975.

ZAIA, F.A. & GAMA-RODRIGUES, A.C. Ciclagem e balanço de nutrientes em povoamentos de eucalipto na região norte-fluminense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28:843-852, 2004.

### **3 - CAPÍTULO 3 – ATRIBUTOS QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DO SOLO EM PLANTIOS CLONAIIS DE EUCALIPTO**

#### **RESUMO**

Atributos microbiológicos do solo podem ser relacionados à ciclagem de nutrientes e mesmo com a produtividade de plantas pois muitos dos processos biogeoquímicos são mediados pela atividade microbiana nos solos. Assim, podem se relacionar, por exemplo, com a fertilidade do solo ou mesmo com o potencial de desenvolvimento de determinadas espécies. Os objetivos específicos deste capítulo, em plantios com diferentes materiais genéticos de eucalipto, em áreas submetidas ou não ao desbaste florestal, foram caracterizar atributos químicos e microbiológicos do solo e relacioná-los com os fluxos de aporte de fitomassa e nutrientes ao solo. O trabalho foi conduzido em área no município de Itatinga-SP, clima Cwa, onde estão plantados oito clones e um plantio semental de eucalipto. O experimento foi um delineamento de parcelas subdivididas. As parcelas foram compostas pelos 8 clones e pelo plantio semental, sendo suas subparcelas as áreas em que foi realizado o desbaste (D) e as áreas onde não foi realizado o desbaste (SD). Foram realizadas coletas de solo para análises químicas e para os atributos microbiológicos nas camadas superficiais do solo. Não foi identificado efeito dos materiais genéticos sobre os atributos químicos do solo. Nem efeito do desbaste. Foi observada tendência de maior atividade microbiológica no verão e não foi verificada influência do material genético sobre os atributos microbiológicos avaliados, mas o desbaste influenciou alguns deles, sem, entretanto, comportamento padrão, o que sugere necessidade de mais avaliações desta natureza em plantios de eucalipto.

**Palavras-chave:** microbiologia, clones, desbaste, microbiota do solo.



**Chapter 3 - CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL ATTRIBUTES OF THE SOIL IN  
CLONAL EUCALYPTUS PLANTATIONS**

**ABSTRACT**

*Soil microbiological attributes can be related to nutrient cycling and even plant productivity, since many of the biogeochemical processes are carried out by the soil microbiota. Therefore they explain soil fertility or even to the potential of certain species development. The aim of this chapter, in plantations with different eucalyptus genetic material, submitted to or not to forest thinning, were to characterize soil chemical and microbiological attributes and to relate them to the fluxes of biomass and nutrient input to the soil. The work was carried out in in the County of Itatinga-SP, Cwa climate, where eight eucalyptus clones and a eucalyptus stallion were planted. The experiment was outlined as subdivided plots, the plots were composed the different genetic material and the subplots being the areas with thinning (D) or no thinning (SD). Soil samples were collected for chemical and microbiological analyses on the soil superficial layer. There was no effect of the genetic material neither of thinning on the soil chemical attributes. It was observed a trend of higher microbial activity during Summer but no effect of the genetic material on the soil microbiological attributes. However, thinning influenced some of the microbiological attributes but without an specific trend what suggest the need of additional work like this in eucalyptus plantations.*

**Key words:** *microbiology, clones, thinning, soil microbiota.*

### 3.1 – INTRODUÇÃO

A microbiota do solo composta principalmente por fungos e bactérias, possui grande importância em alguns processos que ocorrem na interface solo-serapilheira, como por exemplo na decomposição do material orgânico depositado pela vegetação (Assis Junior et al., 2003).

A fragmentação, decomposição e mineralização do material tanto de origem animal, quanto de origem vegetal, como no caso da serapilheira, é uma das principais funções executadas pela microbiota do solo para que haja maior equilíbrio em um ecossistema. Apesar da influência sobre as características químicas do material, observam-se algumas modificações físicas por exemplo, quando da redução do material durante a ocorrência da decomposição, além da liberação e aumento da disponibilidade dos nutrientes presentes no solo para a comunidade vegetal do local, possuindo assim papel fundamental na ciclagem de nutrientes em um ecossistema (Della Bruna et al., 1991).

Apesar das diferenças entre formas e tamanhos destes organismos, a atividade microbiana no solo é composta principalmente por fungos e bactérias, o que pode ser determinado principalmente através da atividade respiratória dos organismos, correspondendo a mais de 90% da atividade respiratória no solo, contribuindo desta forma indiretamente inclusive com a fertilidade do mesmo, por meio da decomposição e liberação de nutrientes no sistema (Monteiro & Gama-Rodrigues, 2004).

Esta importante função dos microrganismos, gerada muitas vezes por mecanismos internos dos mesmos, demonstra capacidade tanto de imobilizar quanto de mineralizar compostos no solo, o que leva à liberação de nutrientes no mesmo. As bactérias e os fungos possuem aparatos enzimáticos responsáveis por mecanismos de degradação no solo, além de possuírem capacidade de produção de compostos orgânicos que auxiliam na formação de agregados. Estes organismos são altamente numerosos e participam ativamente de atividades como os ciclos do carbono, nitrogênio, fósforo e enxofre, possuindo assim papel importante na fertilidade do solo e, devido a isto, também no desenvolvimento e crescimento vegetal nas áreas em que atuam (Mason, 1980; Turco & Blume, 1999; Vargas & Scholles, 2000).

O compartimento composto pela biomassa microbiana do solo é muito sensível às mudanças ocorridas em um ecossistema, sendo influenciado diretamente por fatores bióticos e abióticos. Gama-Rodrigues (1997), analisando diversos atributos do solo, observou que os resultados relacionados à atividade microbiológica do solo foram os que mais contribuíram para a distinção entre diferentes coberturas florestais. Assim, variações nas condições de microclima em um ecossistema ambiental, causadas por fatores ambientais ou mesmo de

manejo, como da aplicação do desbaste por exemplo, tem efeito direto na atividade microbiana e conseqüentemente no ciclo de nutrientes em um ecossistema (Gosz & White, 1986), sendo assim um importante indicador de qualidade do solo (Gama-Rodrigues 1997; Mele & Carter, 1993).

Estimativas relacionadas à atividade microbiana podem ser utilizadas em estudos relacionados à ciclagem de nutrientes e mesmo de produtividade de plantas, pois permitem relacionar a quantidade de nutrientes imobilizados e a atividade microbiológica, por exemplo, com a fertilidade do solo ou mesmo com o potencial de desenvolvimento de determinadas espécies (Carter, 1986; Saffigna et al., 1987; Polwson et al, 1987).

Os solos normalmente utilizados em plantios florestais são de baixa fertilidade e de alto grau de acidez, sendo assim associados a altos teores de alumínio e de alguns micronutrientes que em excesso podem tornar-se tóxicos às plantas, como o Mn por exemplo; o que torna importante estudos microbiológicos nestes solos para se conhecer se estas características podem afetar a atividade microbiana, os processos de decomposição e a posterior disponibilidade dos nutrientes no solo e para as plantas (Novais et al., 1990)

Segundo Fonseca et al. (1993), fatores como densidade de povoamento ou mesmo composição de espécies em um plantio florestal, além da própria época do ano, maturidade de um povoamento, manejo florestal e a própria atividade dos microrganismos têm influência direta na disponibilidade de nutrientes e conseqüentemente no desenvolvimento das plantas.

Desta forma, além do estudo dos atributos químicos do solo, hoje também torna-se importante o estudo de atributos microbiológicos nestes ecossistemas, servindo também como base de avaliação para algumas práticas florestais, como o desbaste por exemplo ou mesmo como auxílio na escolha de clones mais adequados a serem utilizados em plantios de eucalipto, sendo que a escolha do adequado material genético a ser utilizado é cada vez mais importante (Schoenholtz et al, 2000; Baretta et al., 2005; Chaer & Totola, 2007).

Os objetivos deste capítulo foram:

- Caracterizar atributos químicos e microbiológicos do solo em plantios com diferentes materiais genéticos de eucalipto, submetidos ou não ao desbaste florestal

## **3.2 – MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.2.1 - Coletas e análises de solo**

Para as análises químicas, foram escolhidos 15 pontos aleatórios onde foram coletadas amostras simples que foram depois agrupadas em amostras compostas, totalizando uma

amostra composta por subparcela. Neste capítulo os resultados das análises químicas referem-se às amostras coletadas após o período final de coletas de serapilheira (agosto/2016), na profundidade de 0-5 cm. As coletas de solo para realização das análises microbiológicas foram realizadas nos meses de fevereiro (verão) e agosto (inverno) de 2016, em seis pontos por subparcela (3 na linha e 3 na entrelinha), nas profundidades de 0-5 cm e 5-10 cm.

### **3.2.2 - Atributos químicos do solo**

Foram determinados os seguintes atributos químicos: fósforo (P) Mehlich, potássio (K) Mehlich, alumínio ( $Al^{3+}$ ), cálcio ( $Ca^{2+}$ ) e magnésio ( $Mg^{2+}$ ) trocáveis, pH  $CaCl_2$ , pH SMP e acidez potencial (H+Al). Foram calculadas a soma de bases (SB), a saturação por bases (V%), a saturação por alumínio (m%) e a CTC a pH 7,0, conforme Marques & Motta (2003).

Os teores de C e N (0-5 cm de profundidade) de solo foram obtidos pela análise de amostras finamente moídas (moinho de bola), por combustão, em equipamento CNHOS, marca Elementar, modelo Vario EL III.

### **3.2.3 - Atributos microbiológicos do solo**

As metodologias descritas a seguir foram redigidas conforme descrição feita por Carvalho (2011) em seu trabalho de Dissertação.

#### **3.2.3.1 - Carbono da Biomassa Microbiana (CBM)**

Após as coletas no campo, as amostras passaram por peneira de 4 mm, sendo retiradas folhas e raízes encontradas e depois foram encaminhadas para as respectivas análises.

Para extração do Carbono da Biomassa Microbiana (CBM) foi utilizado método de irradiação-extração, conforme descrito por Ferreira et al. (1999). Foram pesados 40g de solo e colocados em frascos plásticos de 200 mL. Para padronização da umidade das amostras foi realizado o teste de capacidade de campo para cada tratamento. Para a realização deste, foram utilizados 40 g de solo, colocados em funil com papel filtro sobre Erlenmeyer de 200 mL e na sequência adicionados 100 ml de água deionizada, percolando por 12 horas no funil até não haver mais água gotejando pelo mesmo. Assim foi obtida a diferença da água adicionada sobre o solo menos a água percolada, utilizando como fator de correção da água absorvida pelo filtro a amostra em branco. O resultado obtido foi multiplicado por 0,6 sendo o

resultado final equivalente à quantidade de água a ser adicionada por amostra por tratamento, para obtenção de um valor de 60% da capacidade de campo do solo.

A irradiação das amostras foi feita em forno micro-ondas marca Sanyo Prosdócimo, modelo EM 9003 B, tensão de alimentação 120 V (60 Hz), frequência de micro-ondas de 2.450 MHz e concentração de energia 1,35 KW, durante 120 segundos por amostra. A quantidade de energia utilizada, em relação ao tempo de radiação foi de  $1,62 \cdot 10^5$  J, como sugerido por Ferreira et al. (1999), obtendo-se esse valor através da seguinte fórmula:

$$T = P \cdot \Delta t.$$

Onde T (trabalho/energia); P (potência) =  $W = J s^{-1}$  e  $\Delta t$  (tempo).

Para proceder à extração, foram adicionados aos frascos 50 mL de  $K_2SO_4$   $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ , utilizando relação solo: extrator 1:1,25 (Vance et al., 1987), seguido de agitação por meia hora.

Após a decantação do solo, foi retirado o sobrenadante passando-o em filtro Whatman nº 42. As alíquotas foram armazenadas em geladeira para posterior determinação do CBM.

O CBM foi determinado seguindo metodologia de Silva et al., (2007a), utilizando-se  $K_2Cr_2O_7$   $0,066 \text{ mol L}^{-1}$ . Foi retirada alíquota de 8 mL do extrato armazenado, adicionando 2 mL de dicromato de potássio  $0,066 \text{ mol L}^{-1}$ , 10 mL de ácido sulfúrico P.A. e 5 mL de ácido ortofosfórico P.A., obedecendo esta ordem. Na sequência, foram adicionados 70 mL de água deionizada e em seguida 3 gotas da solução indicadora de difenil-amina, titulando-se as amostras com sulfato ferroso amoniacal  $0,033 \text{ mol L}^{-1}$ .

O cálculo da biomassa microbiana do solo é dado pela diferença de C encontrado na amostra irradiada e o C recuperado na amostra não irradiada, aplicando fator de correção de 0,45 (De-Polli & Guerra, 1996), representados na seguinte equação:

$$C_{mic} = (CFI - CNFI) / KC = \mu\text{g g}^{-1} \text{ de C no solo (equivalente a mg C kg}^{-1} \text{ solo)},$$

em que  $C_{mic}$  = carbono presente na biomassa microbiana do solo; CFI = carbono presente na amostra irradiada; CNFI = carbono presente na amostra não fumigada ou não irradiada; KC = fator de correção.

### 3.2.3.2 - Respiração Basal Acumulada (RBA)

Para a determinação da RBA as amostras foram levadas à incubadora sob temperatura de  $25^\circ \text{ C}$  pelo período de 10 dias. Para esse procedimento, foram utilizados 50g de solo,

passando em malha de 2 mm. As amostras tiveram sua umidade padronizada em 60%, sendo em seguida colocadas em potes plásticos de 2 L, juntamente com 10 mL de NaOH 1 mol L<sup>-1</sup> e 10 mL de H<sub>2</sub>O deionizada, com o intuito de manter a umidade das amostras durante o período de incubação.

Após o período de incubação foram retirados os frascos contendo NaOH, e imediatamente adicionados 2 mL de BaCl<sub>2</sub>, afim de completar a precipitação do CO<sub>2</sub>. Na sequência foram titulados com solução de HCl 0,5 mol L<sup>-1</sup>, utilizando-se como indicador uma solução de fenolftaleína 1% (Silva et al. 2007b).

### 3.2.3.3 - Quociente metabólico

O quociente metabólico foi obtido pela razão entre RBA e unidade de CBM pelo tempo (Anderson & Domsch, 1993). Foi estimado dessa forma, o uso eficiente do substrato do solo pelos microrganismos, sendo um indicativo sensível ao estresse quando o CBM é afetado. O quociente metabólico é dado pela seguinte equação:

$$q\text{CO}_2 = \text{RBA (mg C-CO}_2\text{.kg}^{-1}\text{ solo.h}^{-1}) / (\text{CBM (mg C.kg}^{-1}\text{ solo).10}^{-3})$$

Onde,  $q\text{CO}_2$  (quociente metabólico), CBM (concentração de carbono da biomassa) e RBA (respiração basal acumulada).

### 3.2.4 – Tratamento dos dados e análises estatísticas

O experimento foi conduzido sob um delineamento de parcelas subdivididas, para fins de comparação dos tratamentos “clones” e “desbaste”. As parcelas são compostas pelos oito diferentes plantios clonais e o plantio semental, sendo suas subparcelas as áreas em que foi realizado o desbaste (D) e as áreas sem desbaste (SD).

Para comparação dos atributos químicos e microbiológicos do solo entre os tratamentos, as repetições foram correspondentes ao número de amostras simples e compostas utilizadas para as determinações analíticas. Para análises químicas foi utilizada uma amostra composta por subparcela. Para as análises microbiológicas foram consideradas seis repetições por subparcela.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey (5% de significância), para comparação das médias (Pimentel-Gomes, 2009).

As análises estatísticas foram realizadas com o emprego do *software* ASSISTAT, versão 7,5, desenvolvido no Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande/PB.

### **3.3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.3.1 – Atributos químicos do solo**

Os resultados analíticos referentes à coleta realizada em agosto de 2016 (Tabelas 12 e 13), mostram pH ( $\text{CaCl}_2$ ) do solo variando entre 3,7 e 6,0. Nos solos sob quatro dos materiais genéticos (*E. grandis*, C219, I-042, I277), os valores de pH estão mais próximos da neutralidade, enquanto que para os demais clones os valores de pH são mais baixos, indicando maior acidez. Aparentemente, são resultados de práticas de manejo do solo anteriores a este plantio, uma vez que 3 destes povoamentos se encontram lado a lado no campo (*E. grandis*, C219, I277) (Figura 5). Além disso, o maior pH do solo sob estes materiais genéticos também mostram valores de V% acima de 50%, o que sugere aplicações de calcário nestes solos em período prévio aos plantios de eucalipto. Assim, essas diferenças não poderiam ser atribuídas a um efeito dos materiais genéticos sobre as características químicas do solo, pois mudanças desta magnitude demandariam muitos anos de aporte de material vegetal distinto; e a qualidade da serapilheira entre os diferentes clones não é tão diferente (Tabela 3, Cap. 1), ao ponto de justificar tais diferenças na composição química do solo.

Em relação a saturação por bases (V%), tanto nas áreas com desbaste quanto nas áreas sem desbaste, seis subparcelas apresentaram saturação por bases acima de 50%, sendo considerados eutróficos. Os solos das demais subparcelas variaram em saturações por base entre 7 e 49%, sendo estes considerados distróficos, semelhante ao encontrado por Bellote et al. (2008) em experimento com Eucalipto sob diferentes manejos florestais, onde a maioria dos solos analisados possuíam V% abaixo de 50%.

**Tabela 12** – Atributos químicos do solo na área com desbaste (Agosto – 2016).

Clones	pH	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	SB	T	P	C	V	m
-----	CaCl <sub>2</sub>	----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						mg dm <sup>-3</sup>	g dm <sup>-3</sup>	%	%	
<i>E.grandis</i>	5,8	0,0	2,2	2,5	2,3	0,18	4,98	7,18	5,4	22,0	69,3	0,0
<b>C219</b>	5,6	0,0	2,3	2,2	2,0	0,10	4,30	6,6	6,1	14,9	65,1	0,0
<b>I-042</b>	5,4	0,0	3,1	1,1	0,9	0,08	2,08	5,18	4,3	11,5	40,1	0,0
<b>1277</b>	5,3	0,0	2,3	2,0	2,0	0,13	4,13	6,43	3,4	22,0	64,2	0,0
<b>H13</b>	3,8	0,8	4,7	0,4	0,3	0,12	0,82	5,52	1,7	14,1	14,8	49,3
<b>GG100</b>	3,7	0,5	5,4	1,0	0,9	0,09	1,99	7,39	0,9	20,1	26,9	20,0
<b>UROCAM</b>	3,7	0,0	3,0	0,8	0,6	0,06	1,46	4,46	2,0	20,0	32,7	0,0
<b>I144</b>	3,8	0,5	5,2	0,3	0,2	0,05	0,55	5,75	4,0	9,8	9,5	47,6
<b>I224</b>	4,0	0,2	3,6	0,7	0,7	0,03	1,43	5,03	2,2	12,6	28,4	12,2

**Tabela 13** – Atributos químicos do solo na área sem desbaste (Agosto – 2016).

Clones	pH	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	SB	T	P	C	V	m
-----	CaCl <sub>2</sub>	----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						mg dm <sup>-3</sup>	g dm <sup>-3</sup>	%	%	
<i>E.grandis</i>	5,7	0,0	2,1	1,9	2,1	0,04	4,04	6,14	3,4	19,2	65,8	0,0
<b>C219</b>	5,6	0,0	2,4	1,7	1,9	0,06	3,66	6,06	3,7	13,5	60,4	0,0
<b>I-042</b>	5,4	0,0	3,0	1,6	1,4	0,09	3,09	6,09	4,0	14,6	50,7	0,0
<b>1277</b>	4,7	0,1	5,2	2,4	2,5	0,10	5,00	10,2	1,6	24,1	49,0	1,9
<b>H13</b>	4,5	0,3	3,3	0,4	0,6	0,03	1,03	4,33	0,9	9,7	23,7	22,5
<b>GG100</b>	3,8	0,7	5,6	0,3	0,3	0,06	0,66	6,26	1,4	19,0	10,5	51,4
<b>UROCAM</b>	3,6	0,7	5,4	0,2	0,2	0,05	0,45	5,85	0,9	20,1	7,6	60,8
<b>I144</b>	3,7	0,7	5,6	0,5	0,6	0,05	1,15	6,75	0,6	17,0	17,0	37,8
<b>I224</b>	3,8	0,5	4,1	0,2	0,2	0,04	0,44	4,54	4,5	11,0	9,6	53,1

Os teores de Ca<sup>+2</sup> variaram bastante nos materiais avaliados, de maneira que as áreas que apresentaram pH maior também apresentaram maiores teores de Ca, sendo fatores normalmente associados no solo. Os valores de maneira geral ficaram próximos também entre áreas com e sem desbaste.

Para o Mg<sup>+2</sup>, na maioria dos solos coletados, os valores ficaram bem próximos em áreas com e sem desbaste em cada clone, com as variações ocorrendo mais em função do local em que o material genético se encontrava dentro da área de execução do experimento. Foram obtidos valores considerados médios a altos na maioria dos casos, o que demonstrou que o solo não apresenta problemas em relação à liberação deste nutriente para as plantas, com valores bem próximos entre si de maneira que os solos dos clones 1277 (área com desbaste), C219 (área com desbaste) e o plantio seminal *E. grandis* (ambas as áreas)



apresentaram os maiores teores deste elemento respectivamente. Teores baixos de  $Mg^{+2}$  foram obtidos somente nos solos dos clones UROCAM, GG100, I144 e I224.

As maiores diferenças nos atributos do solo entre as áreas com desbaste e sem desbaste podem ser observadas para P. Neste caso, os valores variam entre 6,1 e 0,9  $mg\ dm^{-3}$  nos solos da área em que foi realizado o desbaste; e entre 4,5 e 0,6 nos solos das áreas sem desbaste, o que não necessariamente significa que seja efeito do desbaste, pela falta de tendências bem definidas em relação a estas diferenças entre as áreas.

Passados dois anos após a realização do desbaste, ainda não é possível afirmar que o desbaste influenciou nas características químicas do solo. Conforme ocorre o amadurecimento do ecossistema e das árvores, com as alterações no ambiente causadas pelo desbaste e no solo pela ciclagem biogeoquímica, provavelmente algumas modificações possam ocorrer nestas características, resultantes também do crescimento diferenciado das árvores nas áreas com e sem desbaste, o que geraria diferentes demandas nutricionais das árvores nos dois tratamentos (Cunha et al., 2005).

Espera-se que desbastes, associados a técnicas de manejo adequadas, favoreçam a ciclagem dos nutrientes nos povoamentos de eucalipto, além de melhorar e manter a fertilidade dos solos com o passar do tempo e com o desenvolvimento das plantas e do ecossistema florestal (Leite et al., 2005).

### **3.3.2 – Atributos microbiológicos do solo**

#### **3.3.2.1 – Respiração Basal Acumulada**

Os valores de RBA foram bastante variáveis (Tabela 14), com algumas diferenças entre os diferentes materiais genéticos, mas não de maneira consistente, pois houveram várias mudanças em função do desbaste e da época do ano em que se fez a avaliação. O que se mostrou consistente foi o efeito do desbaste para alguns materiais genéticos. No verão, o desbaste favoreceu a RBA para *E. grandis*, I277 e GG100 principalmente. O oposto aconteceu no inverno para *E. grandis*, H-13, UROCAM e I144, onde os valores de RBA foram superiores nas áreas SD. O porque deste comportamento ter ocorrido para apenas alguns materiais genéticos precisa ser melhor investigado em um número maior de avaliações, assim como o efeito do desbaste em relação as épocas do ano. Com a realização do desbaste, intensificam-se alterações ambientais, como por exemplo, incidência de raios solares e aumento na temperatura no interior do ecossistema florestal devido a esta alteração no

microclima da área, o que faz normalmente com que se intensifique a atividade microbiana e consequentemente a RBA (Brun, 2008).

**Tabela 14** – Respiração Basal Acumulada nas áreas com e sem desbaste

Clones	RBA			
	D Verão	SD Verão	D Inverno	SD Inverno
	-----mg C-CO <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> solo-----			
<i>E. grandis</i>	0,55a A	0,29a B	0,13b B	0,26a A
<b>1277</b>	0,39a A	0,20b B	0,18a	0,16b
<b>GG 100</b>	0,53a	0,32a	0,26a	0,31a
<b>C219</b>	0,34a	0,30a	0,15a	0,24a
<b>H13</b>	0,46a	0,34a	0,12b B	0,40a A
<b>I - 042</b>	0,38a	0,26a	0,13b	0,21a
<b>I - 224</b>	0,30b	0,35a	0,26a	0,23a
<b>UROCAM</b>	0,38a	0,39a	0,12b	0,23a
<b>I - 144</b>	0,56a	0,40a	0,17a B	0,33a A

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. Quando há diferenças letras minúsculas comparam médias entre os clones em cada estação de coleta; letras maiúsculas comparam a mesma estação em área com e sem desbaste (Verão-D com verão-SD; Inverno-D com inverno-SD).

O efeito da época do ano sobre a RBA é evidente; observa-se para praticamente todos os materiais genéticos, tanto na área com ou sem desbaste, que a RBA foi maior durante o verão.

A maior RBA identificada para alguns materiais genéticos, no verão, nas áreas com desbaste (D), pode ser explicada pela maior quantidade de serapilheira sobre o solos, conforme foi observado Assis Junior et al. (2003) em plantios de eucalipto em comparação com mata nativa, onde observaram-se valores maiores de respiração nas áreas com maior adição de material de serapilheira.

### 3.3.2.2 – Carbono da Biomassa Microbiana

Comparando-se os valores de CBM no verão, entre as áreas com e sem desbaste (Tabela 15), observa-se que os clones H13 e GG100 mostram-se superiores na área com

desbaste e o clone I-042 apresentou superioridade na área sem desbaste, enquanto que para os demais materiais genéticos não houveram diferenças no verão entre área com e sem desbaste.

No inverno, não foram identificadas diferenças nem entre materiais genéticos nem entre os tratamentos D e SD. E os valores de CBM foram menos variáveis e, em alguns casos, inferiores aos observados no verão.

**Tabela 15** – Carbono da Biomassa Microbiana nas áreas com e sem desbaste

Clones	CBM			
	D	SD	D	SD
	Verão	Verão	Inverno	Inverno
-----mg C kg <sup>-1</sup> solo-----				
<i>E. grandis</i>	206c	273b	211	214
<b>1277</b>	632b A	422a B	241	246
<b>GG 100</b>	452b A	121b B	272	271
<b>C219</b>	471b	564a	252	243
<b>H13</b>	990a A	221b B	250	254
<b>I - 042</b>	110d B	343b A	230	233
<b>I - 224</b>	170d	281b	212	204
<b>UROCAM</b>	360c	212b	261	243
<b>I - 144</b>	330c	391a	352	351

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. Quando há diferenças letras minúsculas comparam médias entre os clones em cada estação de coleta; letras maiúsculas comparam a mesma estação em área com e sem desbaste (Verão-D com verão-SD; Inverno-D com inverno-SD).

As condições de umidade e temperatura mais baixas no inverno costumam resultar em valores mais baixos de CBM, conforme já observado em outros trabalhos (Follet & Schimel, 1989; Insam et al., 1991; Behera & Sahany, 2003; Garay et al., 2003; Nsabimana et al., 2004; Gama-Rodrigues et al., 2005; Muller, 2012).

Gama-Rodrigues (1997), trabalhando no Sul da Bahia em diferentes coberturas vegetais, observou que o CBM influenciou decisivamente na fração do C do solo, principalmente devido à maneira como ocorre a ciclagem de nutrientes através da atividade microbiana, que apresenta intensas modificações ao longo do ano conforme a modificação das estações e das condições ambientais no ecossistema, como por exemplo quando da execução de práticas como o desbaste.

Avaliações sobre a biomassa microbiana servem como indicador sensível da atividade microbiana no solo, assim, valores maiores no verão e nas áreas com desbaste, identificam que possivelmente estas áreas tendem a apresentar valores maiores de produtividade e possível maior fertilidade com o passar do tempo, o que foi observado por Matsuoka et al. (2003) em situação semelhante, mas comparando culturas agrícolas anuais e perenes com vegetação nativa.

Conforme Arunachalam et al. (1997), atributos relacionados a microbiologia e também a química do solo, junto com variáveis tanto macro quanto microclimáticas do ambiente são muitas vezes capazes de explicar variações na atividade microbiana.

### 3.3.2.3 – Quociente metabólico

Sendo o quociente metabólico resultado da divisão da RBA pelo CBM, como houve pouca variação do CBM, as principais variações vistas no quociente metabólico (Tabela 16) foram em função das alterações observadas no RBA.

**Tabela 16** – Quociente metabólico nas áreas com e sem desbaste.

Clones	qCO <sub>2</sub>			
	D	SD	D	SD
	Verão	Verão	Inverno	Inverno
-----mgC-CO <sub>2</sub> .g <sup>-1</sup> C.h <sup>-1</sup> -----				
<i>E. grandis</i>	2,67a A	1,07b B	0,62b B	1,24a A
1277	0,62c	0,48c	0,75a	0,67b
GG 100	1,18b B	2,67a A	0,96a	1,15a
C219	0,72c	0,54c	0,60b	1,00a
H13	0,46c B	1,55b A	0,48 B	1,60a A
I - 042	3,45a A	0,76b B	0,57b	0,91a
I - 224	1,76b	1,25b	1,24a	1,15a
UROCAM	1,06c	1,86a	0,46b	0,96a
I - 144	1,70b	1,03b	0,49b	0,94a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. Quando há diferenças letras minúsculas comparam médias entre os clones em cada estação de coleta; letras maiúsculas comparam a mesma estação em área com e sem desbaste (Verão-D com verão-SD; Inverno-D com inverno-SD).

Quando são comparadas as áreas com e sem desbaste, observa-se que não houveram tendências claras de efeito do desbaste sobre os valores do qCO<sub>2</sub>. Também não se observam

tendências claras em relação ao efeito dos diferentes materiais genéticos sobre os valores de quociente metabólico, com diversas variações ocorrendo entre as diferentes subparcelas.

Quando são comparadas as estações verão e inverno, tanto em área com quanto em área sem desbaste, observa-se uma tendência de valores mais elevados no verão, o que indica maior consumo de C e perdas de C no sistema nesta época na forma de CO<sub>2</sub>; podendo este comportamento ser explicado pela presença de matéria orgânica sobre o solo com menor resistência ao ataque de microrganismos, nesta época do ano (Fierer et al., 1993).

O quociente metabólico serve de índice de avaliação das condições em que se encontram as perturbações sobre a atividade da biomassa microbiana (Anderson & Domsch, 1993). Por estabelecer relação entre a respiração basal e o carbono da biomassa microbiana, acaba por consequência estabelecendo relações entre velocidade da atividade microbiana e condições em relação a estes fatores no solo, o que faz com que também seja um indicador biológico da qualidade do solo (Behera & Sahany, 2003; Barreto et al., 2008).

Conforme Schlesinger (1995), há uma tendência de diminuição do quociente metabólico em sistemas mais estáveis, e também observa-se que normalmente com a incorporação de resíduos no solo, há uma tendência então inversa, de aumento deste, indicando que a presença de material de serapilheira mais lábil poderia elevar os valores do quociente metabólico, enquanto uma serapilheira em estágio mais avançado de decomposição (mais estabilizada) teria um efeito contrário sobre este atributo microbiológico.

Os valores obtidos, para a maioria dos clones em ambas subparcelas, estão próximos dos poucos trabalhos na literatura em plantios florestais (Gama-Rodrigues et al. 1997; Gama-Rodrigues & Barros et al., 2005; Carvalho, 2011).

### **3.4 – CONCLUSÕES**

Os atributos químicos do solo não sofreram influência dos materiais genéticos ou do desbaste, sendo mais influenciados por manejo do solo anterior à presente rotação florestal.

A época do ano influenciou a maior parte dos atributos microbiológicos indicando maior atividade biológica no verão.

Não foi identificada influência do material genético sobre os atributos microbiológicos avaliados; mas o desbaste influenciou alguns deles, sem, entretanto, comportamento padrão, o que sugere necessidade de mais avaliações desta natureza em plantios de eucalipto.

### 3.5 - LITERATURA CITADA

ANDERSON, J.P. & DOMSCH, K.H. The metabolic quotient for CO<sub>2</sub> ( $q_{CO_2}$ ) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 25:393-395, 1993.

ARUNACHALAM, K.; ARUNACHALAM, A.; TRIPATHI, R. S. & PANDEY, H. N. Dynamics of microbial population during the aggradation phase of a selectively logged subtropical humid forest in north-east India. *Tropical Ecology*, 38:333-341, 1997.

ASSIS JUNIOR, S.L.; ZANUNCIO, J.C.; KASUYA, M.C.M.; COUTO, L. & MELIDO, R.C.N. Soil microbial activity in agroforest, monocultures, natural forest and deforested area systems. *Revista Árvore*, 27:35-41, 2003.

BARETTA, D.; SANTOS, J.C.P.; FIGUEIREDO, S.R. & KLAUBERG-FILHO, O. Efeito do monocultivo de *Pinus* e da queima do campo nativo em atributos biológicos do solo no Planalto Sul-Catarinense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29:715-724, 2005.

BARRETO, P. A. B.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F. & FONSECA, S. Atividade microbiana, carbono e nitrogênio da biomassa microbiana em plantações de Eucalipto, em sequência de idades. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:611-619, 2008.

BEHERA, N. & SAHANI, U. Soil microbial biomass and activity in response to *Eucalyptus* plantation and natural regeneration on tropical soil. *Forest Ecology and Management*, 174:1-11, 2003.

BIESEK, M.F. Indicadores químicos e microbiológicos da qualidade do solo em agrossistemas e sistemas nativos na região dos Campos Gerais, Castro-PR. Curitiba, Dissertação, (Mestrado em Ciência do Solo), Universidade Federal do Paraná, 2012, 55p.

BRUN, J. E. Matéria orgânica do solo em plantios de *Pinus taeda* e *P. elliottii* em duas regiões do Rio Grande do Sul. Santa Maria, UFSM, Tese, (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria, 2008.

CARTER, M.R. Microbial biomass as an index for tillage induced changes in soil biological properties. *Soil & Tillage Research*, 7:29-40, 1986.

CARVALHO, D.S. Características da serapilheira e do solo sob florestas de coníferas e folhosas em Rio Negro, PR. Curitiba: UFPR, 2011. 45p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal do Paraná, 2011.

CHAER, G.M. & TÓTOLA, M.R. Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31:1381-1396, 2007.

CUNHA, G.M.; GAMA-RODRIGUES, A.C. & COSTA, G.S. Ciclagem de nutrientes em *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden no norte fluminense. *Árvore*, 29:353-363, 2005.

DE-POLLI, H & GUERRA, J.G.M. Biomassa microbiana: perspectiva para o uso e manejo do solo. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. O Solo nos Grandes Domínios Morfoclimáticos do Brasil e o Desenvolvimento Sustentado. Viçosa: SBCS. p. 551-56, 1996.

DELLA BRUNA, E.; BORGES, A.C.; FERNANDES, B.; BARROS, N.F. & MUCHOVEJ, R.M.C. Atividade da microbiota de solos adicionados de serapilheira de eucalipto e de nutrientes. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 15:15-20, 1991.

DICKOW, K.M.C. Ciclagem de fitomassa e nutrientes em sucessão secundária na Floresta Atlântica, Antonina, PR. Curitiba, Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, 2010. 215p.

FERREIRA, A. S.; CAMARGO F. A. O.; VIDOR, C. Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23:991-996, 1999.

FIERER, N.; SCHIMEL, J.P. & HOLDEN, P.A. Variations in microbial community composition through two soil depth profiles. *Soil Biology & Biochemistry*, 35:167-176, 2003.

FOLLET, R.F. & SCHIMEL, D.S. Effect of tillage practices on microbial biomass dynamics. Soil Science Society of America Journal, 53:1091- 1096, 1989.

FONSECA, S; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; COSTA, L.M.; LEAL, P.G.L.; NEVES, J.C.L. Alterações em um Latossolo sob eucalipto, mata natural e pastagem: propriedades físicas e químicas. Revista árvore, 17:271-288, 1993.

GAMA-RODRIGUES, E.F.; BARROS, N.F.; VIANA, A.P. & SANTOS, G.A. Alterações na biomassa e na atividade microbiana da serapilheira e do solo, em decorrência da substituição de cobertura florestal nativa por plantações de eucalipto, em diferentes sítios da região Sudeste do Brasil. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32:1489-1499, 2008.

GAMA-RODRIGUES, E.F.; BARROS, N.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C. & SANTOS, G.A. Carbon, nitrogen and activity of microbial biomass in soil under eucalypt plantations. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 29:893-901, 2005.

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, 26:193-207, 2002.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C. & BARROS, N. F. Biomassa microbiana de carbono e de nitrogênio de solos sob diferentes coberturas florestais. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 21:361-365, 1997.

GAMA-RODRIGUES, E.F. Carbono e nitrogênio da biomassa microbiana do solo e da serapilheira de povoamentos de eucalipto. Rio de Janeiro, Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1997. 108p.

GARAY, I.; KINDEL, A.; CARNEIRO, R.; FRANCO, A.A.; BARROS, E. & ABBADIE, L. Comparação da matéria orgânica e de outros atributos do solo entre plantações de *Acacia mangium* e *Eucalyptus grandis*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 27:705-712, 2003.



GONÇALVES, A.S.; MONTEIRO, M.T.; GUERRA, J.G.M. & DE-POLLI, H. Biomassa microbiana em amostras secadas ao ar e reumedecidas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37:651-658, 2002.

GOSZ, J.R. & C.S. WHITE, C.S. Seasonal and annual variation in nitrogen mineralization and nitrification along an elevational gradient in New Mexico. *Biogeochemistry* 2: 281-297, 1986.

INSAM, H.; MITCHELL, C.C. & DORMAAR, J.F. Relationship of soil microbial biomass and activity with fertilization practice and crop yield of three ultisols. *Soil Biology Biochemistry*, 23:459-464, 1991.

LEITE, H. G.; NOQUEIRA, G.S.; CAMPOS, J.C.C.; SOUZA, A.L. & CARVALHO, A. Avaliação de um modelo de distribuição diamétrica ajustado para povoamentos de *Eucalyptus* sp. submetidos a desbaste. *Revista Árvore*, 29:271-280, 2005.

MARQUES, R. & MOTTA, A.C.V. Análise química do solo para fins de fertilidade. In: LIMA, R.M. (Org.). *Manual de diagnóstico da fertilidade e manejo dos solos agrícola*. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2003. p.81-102.

MASON, C. F. *Decomposição*. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 66p. 1980.

MATSUOKA, M.; MENDES, I.C. & LOUREIRO, M.F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27:425-433, 2003.

MELE, P.M. & CARTER, M.R. Effect of climatic factors on the use of microbial biomass as an indicator of changes in soil organic matter. In: MULONGOY, K. & MERCKX, R. *Soil organic matter dynamics and sustainability of tropical agriculture*. Chichester, John Wiley, 1993. 392p.

MONTEIRO, M.T. & GAMA-RODRIGUES, E.F. Carbon, nitrogen, and microbial biomass activity in different litter structures of a natural forest. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28:819- 826, 2004.

MULLER, F.C. Parâmetros químicos e microbiológicos do solo em áreas de restauração florestal na Reserva Natural Rio Cachoeira, Antonina-PR. Curitiba, Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Paraná, 2012. 66p.

NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F. & NEVES, J.C.L Nutrição mineral do Eucalipto. In: BARROS, N.F. & NOVAIS, R.F. *Relação Solo-Eucalipto*. Viçosa, Ed. Folha de Viçosa, Viçosa, 1990. p. 25-98.

NSABIMANA, D.; HAYNES, R.J. & WALLIS, F.M. Size, activity and catabolic diversity of the soil microbial biomass as affected by land use. *Applied Soil Ecology*, 26:81-92, 2004.

PIMENTEL-GOMES, F. *Curso de estatística experimental*. 15ª Ed. Piracicaba, FEALQ – Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2009, 451p.

POLWSON, D.S.; BROOKES, P.C. & CHRISTENSEN, B.T. Measurement of microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to the straw incorporation. *Soil Biology & Biochemistry*, 19:159-164, 1987.

SAFFIGNA, P.G.; POLWSON, D.S.; BROOKES, P.C. & THOMAS, G.A. Influences of sorghum residues and tillage on soil organic matter and soil biomass in an Australian vertisol. *Soil biology & biochemistry*, 21:759-765, 1987.

SCHLESINGER, W.H. An overview of the carbon cycle. In: LAL, R.; KIBBLE, J.; LEVINE, E. & STEWART, B.A. (Ed.). *Advances in soil science: soils and global changes*. Boca Raton: CRC Press, 1995. p. 9-25.

SCHOENHOLTZ, S.H.; MIEGROET, H. & BURGER, J.A. A review of chemical and physical properties as indicators of forest quality: Challenges and opportunities. *Forest Ecology Management* 138:335-356, 2000.

SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo. Comunicado Técnico, EMBRAPA, 98, 2007a.

SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H. S. & DE-POLLI, H. Determinação da respiração basal e do quociente metabólico do solo. Comunicado Técnico, EMBRAPA, n. 99, 2007b.

TURCO, R. F. & BLUME, E. Indicators of soil quality. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (Ed.). Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas: Soil fertility, soil biology, and plant nutrition interrelationships. Viçosa: SBCS, Lavras: UFLA/DCS, 1999. p. 529 - 550.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass. *Soil Biology & Biochemistry*, 19:703-707, 1987.

VARGAS, L. K. & SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO<sub>2</sub> e N mineral de um podzólico vermelho-escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24:35-42. 2000.

#### **4 - CAPÍTULO 4 – CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL FOLIAR E DO FUSTE DE DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS DE EUCALIPTO EM PLANTIOS COM E SEM DESBASTE**

##### **RESUMO**

O melhoramento genético tem contribuído significativamente para o incremento da produtividade do Eucalipto, sendo generalizada a utilização de clones nas áreas de produção. Mas a produtividade dos diferentes clones pode ser diferenciada, assim como a sua demanda e ciclagem de nutrientes, tornando-se necessários estudos que avaliem a incorporação dos nutrientes na planta, sob diferentes condições de manejo dos povoamentos florestais. Os objetivos específicos deste capítulo, em plantios com diferentes materiais genéticos de eucalipto foram: avaliar os teores de nutrientes na madeira e nas folhas e avaliar o efeito do desbaste florestal e dos materiais genéticos sobre estes teores. O trabalho foi conduzido em área no município de Itatinga-SP, clima Cwa. O experimento foi conduzido em delineamento de parcelas subdivididas compostas por 8 clones e um plantio semental em áreas com e sem desbaste. Foi realizada uma coleta de tecido vegetal vivo das folhas para caracterização nutricional das plantas. Em amostras de madeira coletadas na ocasião do desbaste foram também determinados os teores de nutrientes, nos materiais de cerne, alburno e casca. Os materiais coletados foram secos, moídos e submetidos às determinações de macronutrientes. Em relação aos teores de nutrientes na madeira, houve pouca influência do tipo de tecido vegetal (cerne, alburno ou casca). A sequência de teores de nutrientes foi:  $N > Ca > K > Mg > P$ . O desbaste não influenciou a sequência decrescente dos teores dos nutrientes nas folhas, a qual foi semelhante à observada nos tecidos do tronco mas influenciou os teores foliares de Mg, sendo observados teores mais elevados deste elemento nas áreas com desbaste.

**Palavras-chave:** *Eucalyptus grandis*, clones, análise foliar, análise nutricional de madeira.

**Chapter 4 - FOLIAR AND WOOD NUTRIENT CONTENT OF DIFFERENT EUCALYPTUS CLONES UNDER THINNING OR NO THINNING MANAGEMENT**

**ABSTRACT**

*The genetic enhancement has contributed significantly to the increase of Eucalyptus productivity and the use of clones in the plantations is widespread nowadays. However, different clones can present different productivity as well variations on nutrient demand and cycling, becoming necessary studies to evaluate it under different forest management. In plantations with different eucalyptus genetic materials and managed with thinning or no thinning we evaluate the nutrient content of leaves and of the wood. The work was carried out in the County of Itatinga-SP, climate classified as Cwa. The experiment was conducted in a subdivided plot design composed of 8 clones and of a stallion planting of Eucalyptus grandis. Leaves sampling was performed for nutritional characterization of the plants. Wood samples were collected by the time of thinning and nutrient contents were determined in the core, sapwood and bark materials. Samples were dried, milled and submitted to nutrient analysis. There was small influence of the plant tissue (heartwood, sapwood or bark) on nutrient contents, which could be explained by the young age of plants with tissues presenting few structural differences. The sequence of nutrient content was: N > Ca > K > Mg > P. Thinning did not influence the decreasing sequence of nutrient contents in the leaves, which was similar to that observed in the wood tissues. But influenced the leaf content of Mg, which was higher under thinning in comparison with no thinning management.*

*Key words: Eucalyptus grandis, clones, leaf analysis, nutritional analysis of wood.*

## 4.1 – INTRODUÇÃO

A utilização de clones em plantios de eucalipto no Brasil já se tornou prática usual e ganhos consideráveis de produção foram alcançados pela utilização de materiais clonais nos plantios desta espécie (Pinto et al., 2011). A utilização de clones propicia maior produção e melhor qualidade de madeira, redução na idade do corte e dos custos de exploração e transporte durante a colheita, além de maximizar os ganhos; principalmente por manter características favoráveis nas plantas e evitar a variabilidade que ocorre quando da utilização de sementes (Lopes, 2008). Técnicas como a utilização de clones, demonstram grandes avanços nos programas de melhoramento que buscam o aumento da produtividade de madeira (Garcia & Nogueira, 2005).

O rápido crescimento destas florestas faz com que ocorra elevada demanda sobre os recursos do solo, em especial água e nutrientes (Bellote et al., 2008). A produção de eucalipto varia entre diferentes ambientes, e as características dos solos e das plantas desempenham um importante papel na determinação de diferenças em produtividade. A escolha de plantas eficientes em utilizar nutrientes, que conservem os resíduos das culturas na área por mais tempo, e de ciclo de crescimento longo o suficiente para permitir a máxima eficiência da ciclagem de nutrientes faz com que ocorra maior conservação do ecossistema e maior produtividade (Melo et al., 1995; Zaia & Gama-Rodrigues, 2004), o que pode ser obtido através da escolha correta do material genético, e pelo manejo adequado do solo e da população de plantas.

Existem alguns trabalhos comparando o desempenho de diferentes materiais genéticos de eucalipto quanto à produtividade (Fernandes et al., 2011; Stape et al., 2010; Gadelha et al., 2015; Silva et al., 2013). Mais raros são os trabalhos buscando caracterizar nutricionalmente espécies florestais (Gonçalves et al., 2000; Freitas, 2000), principalmente com respeito a diferentes materiais genéticos. Ainda há questões a serem respondidas quanto à capacidade de incorporação dos nutrientes nos diferentes tecidos vegetais das árvores de diferentes materiais genéticos disponíveis no mercado. E também quanto ao efeito do desbaste, por exemplo, sobre a composição nutricional das folhas de eucalipto. A melhor compreensão do funcionamento biogeoquímico dos plantios clonais de eucalipto pode subsidiar ações de manejo em prol tanto da produtividade das plantas quanto da sustentabilidade do ecossistema.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho, em plantios com diferentes materiais genéticos de eucalipto, em áreas submetidas ou não ao desbaste florestal, foi:

- Avaliar os teores de nutrientes na madeira e nos tecidos foliares das árvores;

## **4.2 – MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.2.1 - Coletas de madeira e de tecido foliar**

As amostras de madeira, para determinação dos nutrientes incorporados nestes tecidos vegetais foram coletadas por ocasião do desbaste realizado entre outubro e novembro de 2013. Foram selecionadas três árvores saudáveis de cada parcela, logo após o desbaste, das quais foram retirados três discos ao longo dos seus troncos: sendo um na altura de 30 cm a partir da base do tronco, um na altura do DAP (130 cm) e um disco na altura de 230 cm de cada árvore. Cada disco foi dividido em cerne, alborno e casca para que, na sequência, as amostras fossem moídas para a realização das análises químicas dos nutrientes.

Para as análises químicas dos tecidos foliares, as coletas de folhas seguiram recomendações encontradas em Bellote & Silva (2000), com algumas adaptações. Foram selecionadas 6 árvores dominantes, nas linhas centrais onde encontram-se instalados os coletores em cada subparcela, das quais foram coletadas, no terço superior das copas, na face Norte, em torno de 10 folhas saudáveis recém-maduras dos ramos primários. Na sequência, as folhas foram agrupadas, resultando em uma amostra composta para cada árvore coletada. A coleta foi efetuada ao fim do outono de 2016. Uma vez no laboratório, o material foi lavado em água deionizada e seco, sendo posteriormente moído para a realização das análises químicas.

### **4.2.2 - Análises químicas**

Uma vez na forma de pó, as amostras foram submetidas às determinações de N, P, K, Ca, conforme já descrito no Capítulo 1 para as análises químicas da serapilheira (Martins & Reissmann, 2007).

### **4.2.3 – Tratamento dos dados e análises estatísticas**

O experimento foi conduzido sob um delineamento de parcelas subdivididas, para fins de comparação dos tratamentos “clones” e “desbaste”. As parcelas foram compostas pelos oito diferentes plantios clonais e o plantio semental, sendo suas subparcelas as áreas em que foi realizado o desbaste (D) e as áreas sem desbaste (SD).

Para a comparação dos teores foliares entre tratamentos, cada árvore foi considerada uma repetição, totalizando assim 6 repetições por tratamento.

Para a comparação dos teores nutricionais da madeira, entre os tratamentos, cada árvore foi considerada uma repetição, totalizando assim 3 repetições por tratamento (clones).

Os resultados, quando possível, foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey (5% de significância), para comparação das médias (Pimentel-Gomes, 2009).

As análises estatísticas foram realizadas com o emprego do *software* ASSISTAT, versão 7.5, desenvolvido no Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande/PB.

### **4.3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **4.3.1 – Teores de nutrientes nos diferentes compartimentos**

Os teores de nutrientes no cerne e alburno, de maneira geral, seguiram a sequência: N > Ca > K > Mg > P (Tabelas 17 e 18). Os valores obtidos corroboram o que foi observado por Andrade et al. (2011), exceto pela inversão da ordem entre Ca e K em experimento com clones de eucalipto visando produção de cogumelo nas toras. Sequência de teores de macronutrientes semelhantes na madeira foram observadas por Freitas (2000) em experimento com *Eucalyptus grandis* e por Schumacher e Caldeira (2001) em experimento com *Eucalyptus globulus* aos quatro anos de idade. Na casca a sequência observada para os macronutrientes foi: N > Ca > Mg > K > P (Tabelas 17 e 18).

Ao se comparar os teores de N e P na madeira, entre os diferentes compartimentos, não são observadas diferenças significativas, apenas diferenças entre alguns materiais genéticos, para os teores de nitrogênio. N variou entre 9,1 e 15, 1 g kg<sup>-1</sup>, entre diferentes materiais genéticos e tecidos vegetais. P variou bem menos, entre 0,3 e 0,5 g kg<sup>-1</sup>.

Para o K, comparando-se os compartimentos entre si, identifica-se um comportamento bem variável (entre 1,2 e 4,3 g kg<sup>-1</sup>), com alguns materiais genéticos (1277, H13, I-042 I224, *E. grandis*) apresentando teores semelhantes entre os diferentes tecidos vegetais e outros com maiores teores de K no alburno (I144), no cerne e alburno (GG100 , C219) ou no alburno e casca (UROCAM). Estes resultados em parte discordam dos resultados obtidos por Bellote & Silva (2004) que observaram maiores teores na casca em relação à madeira. Entre os diferentes materiais genéticos, os teores de K também variaram bastante, com alguns clones (GG100 e C219) mostrando maiores teores no cerne e alburno ou só no alburno (I144).



**Tabela 17** – Teores de N, P e K em 3 compartimentos do tronco e diferentes materiais genéticos de eucalipto.

CLONES	N			P			K		
	cerne	alburn	Casca	cerne	alburn	casca	cerne	alburn	casca
	----- --g kg <sup>-1</sup> -----	----- --g kg <sup>-1</sup> -----	----- ----- -----	----- --g kg <sup>-1</sup> -----	----- --g kg <sup>-1</sup> -----	----- ----- -----	----- --g kg <sup>-1</sup> -----	----- --g kg <sup>-1</sup> -----	----- ----- -----
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>1277</b>	9,1 b	13,9 a	11,2 a	0,5	0,4	0,3	1,2 c	2,2 b	1,7 a
<b>GG 100</b>	10,0 b	9,1 b	10,6 a	0,4	0,5	0,4	3,1 a A	4,1 a A	1,9 a B
<b>C219</b>	10,2 b	14,0 a	11,4 a	0,4	0,5	0,2	3,8 a A	4,3 a A	2,0 a B
<b>H13</b>	13,7 a	15,1 a	11,5 a	0,5	0,3	0,3	2,3 b	2,3 b	2,1 a
<b>I - 042</b>	11,9 b	10,7 b	13,7 a	0,3	0,3	0,4	1,4 c	2,5 b	1,8 a
<b>I - 224</b>	13,8 a	16,1 a	12,7 a	0,3	0,3	0,4	2,2 b	3,0 b	2,3 a
<b>UROCA M</b>	13,0 a	10,1 b	13,1 a	0,3	0,5	0,4	1,2 c B	2,9 b A	2,3 a A
<b>I - 144</b>	15,1 a	9,1 b	12,0 a	0,6	0,4	0,3	1,1 c B	4,3 a A	2,1 a B
<b><i>E. grandis</i> (semental)</b>	15,0 a	15,1 a	13,6 a	0,5	0,4	0,3	1,5 c	2,3 b	2,4 a

Médias seguidas de mesma letra na linha e na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. Quando há diferenças, letras minúsculas comparam os clones entre si, letras maiúsculas demonstram as diferenças entre os compartimentos do tronco dentro de cada clone.

No caso do Ca, para boa parte dos materiais genéticos, os teores na casca se mostraram superiores aos valores obtidos para cerne e alburno, variando de 4,3 a 10,2 g kg<sup>-1</sup> entre os diferentes materiais genéticos e compartimentos do tronco. Teores maiores de Ca na casca são comuns neste tipo de análise. Resultados semelhantes ao deste caso foram obtidos por Viera et al. (2011) em análises nutricionais de árvores desbastadas de Pinus no RS, Corrêa (2007) em plantios de *Pinus caribea* em Curitiba-PR, Caldeira et al. (1999) em plantios jovens de Acácia negra na região Sul do Brasil e Andrade et al. (2011) em Eucalipto; e por Witschoreck & Schumacher (2013) em plantios de *Platanus x acerifolia*.

Para Mg, apenas os materiais genéticos I042 e I144 tiveram valores inferiores deste elemento no cerne, comparativamente à casca e alburno. Nos demais clones e compartimentos os valores variaram entre si, com tendência de valores menores no cerne na maioria dos materiais genéticos, mas próximo dos demais compartimentos de maneira geral com os valores variando pouco também dentro de cada compartimento. De maneira geral, os teores variaram entre 1,3 e 3,6 g kg<sup>-1</sup> entre diferentes clones e compartimentos da madeira. Os clones I-042 e I144 se destacam com maiores teores deste elemento no cerne e alburno.

**Tabela 18** – Teores de Ca e Mg em 3 compartimentos do tronco e diferentes materiais genéticos de eucalipto.

CLONES	Ca			Mg		
	cerne	alburno	casca	cerne	alburno	casca
	-----	----g kg <sup>-1</sup> ----	-----	-----	----g kg <sup>-1</sup> ----	-----
<b>1277</b>	4,3 b B	4,7 b B	8,5 A	1,6 b	1,8 b	2,1
<b>GG 100</b>	7,2 a A	4,6 b B	8,6 A	1,5 b	1,9 b	2,2
<b>C219</b>	7,0 a	5,8 ab	9,1	2,2 a	1,9 b	2,3
<b>H13</b>	7,5 a A	4,5 b B	10,1 A	1,8 b	2,4 b	2,2
<b>I - 042</b>	4,4 b B	5,0 b B	9,3 A	1,7 b B	2,5 b A	2,7 A
<b>I - 224</b>	4,5 b B	4,4b B	10,2 A	2,5 a	3,4 a	2,7
<b>UROCAM</b>	9,2 a	5,2 b	8,7	2,4 a	2,2 b	2,2
<b>I - 144</b>	5,5 b	8,7a	9,5	1,4 b B	3,6 a A	2,6 A
<b><i>E. grandis</i> (semental)</b>	4,9 b B	7,9 a A	9,7 A	1,3 b	1,7 b	2,1

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. Quando há diferenças, letras minúsculas comparam os clones entre si, letras maiúsculas demonstram as diferenças entre os compartimentos do tronco dentro de cada clone.

As poucas diferenças observadas entre cerne e alburno quanto aos teores dos nutrientes podem ser explicadas pela idade dos tecidos vegetais, os quais foram amostrados na época dos desbaste, quando as plantas tinham em torno de 4 anos de idade, havendo pouca diferenciação anatômica entre estes tecidos nesta idade das árvores. O que se espera é que com o passar do tempo e aumento da idade da planta, os teores de alguns nutrientes variem entre estes tecidos, principalmente para os elementos móveis nos tecidos vegetais, conforme observado por Attiwill em povoamentos de *Eucalyptus obliqua* com 22 anos de idade e também por Harrison et al. (2000) para *Eucalyptus urophylla*, *E. pellita* e *E. camaldulensis*.

Segundo Hernández et al. (2009), os teores de nutrientes nos componentes das árvores, bem como o desenvolvimento das plantas, têm relação direta com densidade de plantio e a fertilidade do solo. Além destes fatores, Schumacher & Poggiani (1993), relatam que características das espécies e a idade de corte influenciam no acúmulo de nutrientes ao longo da planta.

### 4.3.2 – Estado nutricional de tecido foliar

A sequência decrescente dos teores foliares de macronutrientes, tanto no tratamento D como no SD foi: N > Ca > Mg > K > P (Tabela 19). As sequências encontram-se dentro do comumente observado na literatura para a maioria dos trabalhos com eucalipto (Haag et al., 1978; Poggiani et al., 1983; Silveira et al., 2000).

**Tabela 19** – Teores de macronutrientes nos tecidos foliares.

CLONES	N		P		K		Ca		Mg	
	D	SD	D	SD	D	SD	D	SD	D	SD
----- g kg <sup>-1</sup> -----										
1277	15,1	14,1b	1,4	1,3	2,8	2,0b	12,6a	10,1a	4,4a A	2,9a B
GG 100	16,4	15,8a	1,0	1,2	3,1	3,5a	10,4a	10,3a	4,5a A	3,4a A
C219	15,6	17,8a	1,0	1,2	3,1	2,8a	11,4a	11,6a	3,6b A	2,8a A
H13	16,2	16,6a	1,0	1,0	2,9	2,1b	8,3b	7,2b	4,5a A	2,9a B
I - 042	18,5	17,4a	1,2	1,2	2,7	3,2a	11,2a	7,5b	4,9a A	3,6a A
I - 224	16,9	18,6a	0,9	1,4	2,8	2,0b	10,1a	7,6b	5,0a A	3,3a B
UROCAM	17,8	16,3a	1,1	1,5	3,0	3,0a	8,5b	7,9b	4,3a A	2,8a B
I - 144	18,9	15,9a	1,2	1,3	3,2	3,7a	9,9a	10,2a	4,9a A	3,2a B
<i>E. grandis</i> (semental)	15,3	14,2b	1,0	1,1	2,8	2,9a	7,9b	11,5a	4,7a A	2,7a B

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. Quando há diferenças letras minúsculas comparam os clones entre si; Letras maiúsculas comparam área com e sem desbaste em cada clone.

No tratamento D, os teores de N variaram entre 15,1 e 18,9 g kg<sup>-1</sup> sem diferenças estatísticas entre materiais genéticos. Já em SD, os teores de N variaram entre 14,1 e 18,6 g kg<sup>-1</sup>, sendo este menor valor obtido no clone 1277 e valor equivalente (14, 2 g kg<sup>-1</sup>) no material semental, com os demais materiais genéticos mostrando teores considerados similares, entre 15,8 e 18,6 g kg<sup>-1</sup>. Estes valores estão abaixo da faixa adequada de N em compilação feita por Silveira et al. (2000).

Assim como no caso do N, para o K, os valores ficaram abaixo do normalmente observado na literatura, ou considerado adequado para eucalipto e para outras espécies florestais (Bertalot, 1987, Silveira et al. 2000; Witschoreck & Schumacher, 2013). Houveram algumas variações dentro dos diferentes materiais genéticos, mas de maneira geral nenhuma tendência bem definida foi observada. O maior teor (3,7 g kg<sup>-1</sup>) foi identificado para o clone I-144 e o menor valor (2,0 g kg<sup>-1</sup>) para o clone 1277. Cabe destacar aqui também que os teores foliares de N e K estão dentro da mesma faixa de grandeza dos teores no tronco e casca

(Tabela 17), o que demonstra, neste caso, que a madeira apresenta ainda, nesta idade (4 anos) uma concentração elevada de nutrientes, o que poderia resultar em elevadas exportações de nutrientes no caso de colheita do tronco nesta idade.

Em relação ao P, os valores ficaram bem próximos entre si, tanto em área com desbaste quanto em área sem desbaste, com variação entre 0,9 e 1,5 g kg<sup>-1</sup>, valores inferiores aos de outros trabalhos na literatura (Bertalot, 1987; Silva et al., 1998, Silveira et al., 2000; Witschoreck & Schumacher, 2013). O P possui algumas características peculiares em plantios florestais, de maneira que é um elemento que possui normalmente alta eficiência de absorção e utilização (Madeira et al., 2009), mesmo quando da sua baixa disponibilidade no solo como ocorre neste caso (Tabelas 12 e 13).

Depois do N, o Ca foi o nutriente com maiores teores nos tecidos foliares. Os valores mais baixos de Ca ficaram entre 7,2 e 8,5 g kg<sup>-1</sup> e os mais elevados entre 9,9 e 12,6 g kg<sup>-1</sup>, não havendo efeito do desbaste sobre os teores foliares e sem tendência clara ao se comparar os diferentes materiais genéticos. Os valores de Ca ficaram próximos de valores encontrados na literatura (Haag et al., 1978; Poggiani et al., 1983; Silveira et al., 2000; Madeira et al., 2009).

Em relação ao Mg, os teores foliares variaram entre 2,7 e 3,6 g kg<sup>-1</sup> em SD, e entre 3,6 e 5,0 g kg<sup>-1</sup> em D. Observa-se que para a maior parte dos materiais genéticos, os teores foram maiores na área com desbaste, com apenas uma diferença entre materiais genéticos – valor mais baixo (3,6 g kg<sup>-1</sup>) para o clone C219. Os teores mais elevados nas folhas das plantas onde houve desbaste poderia ser explicado pelo aumento da luminosidade que elevaria a produção de clorofila e conseqüentemente a absorção de Mg que faz parte da estrutura da clorofila, o que curiosamente não aconteceu com o N, que também é um dos elementos principais na estrutura da clorofila (Hewitt & Smith, 1975). A faixa de variação dos teores de Mg está próxima daquelas encontradas na literatura (Poggiani et al., 1983; Bertalot, 1987; Silveira et al., 2000; Madeira et al., 2009; Witschoreck & Schumacher, 2013).

Além da dinâmica nutricional, outro fator importante no estado nutricional das árvores é o material genético utilizado. Normalmente algumas espécies de eucalipto e mesmo procedências podem ter comportamento diferente em relação às necessidades e em relação a absorção de nutrientes, o que reflete no estado nutricional das mesmas (Schumacher et al., 2013).

#### 4.4 – CONCLUSÕES

Em relação aos teores de nutrientes na madeira, houve pouca influência do tipo de tecido vegetal (cerne, albúrnio ou casca) nos teores dos nutrientes, o que poderia ser explicado por se tratarem de tecidos ainda jovens com poucas diferenças estruturais.

A sequência de teores de nutrientes foi:  $N > Ca > K > Mg > P$ .

O desbaste não influenciou a sequência decrescente dos teores dos nutrientes nas folhas, a qual foi semelhante à observada nos tecidos do tronco; mas influenciou os teores foliares de Mg, favorecendo a absorção do elemento nas áreas com desbaste.

#### 4.5 - LITERATURA CITADA

ANDRADE, M.C.N.; MINHONI, M.T.A.; SANSIGOLO, C.A.; ZIED, D.C. & SALES-CAMPOS, C Estudo comparativo da constituição nutricional da madeira e casca de espécies e clones de eucalipto visando o cultivo de shiitake em toras. *Revista Árvore*, 35:183-192, 2011.

ANDRADE, A.G.; COSTA, G.S. & FARIA, S.M. Deposição e decomposição da serapilheira em povoamentos de *Mimosa caesalpinifolia*, *Acacia mangium* e *Acacia holosericea* com quatro anos de idade em planossolo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 24:777-785, 2000.

ATTIWILL, P. M. Nutrient cycling in a *Eucalyptus obliqua* (L'Hérit.) forest: IV nutrient uptake and nutrient return. *Australian Journal Botanic*. 28:199-222, 1980.

BELLOTE, A.F.G.; DEDECEK, R.A. & SILVA, H.D. Nutrientes minerais, biomassa e deposição de serapilheira em plantios de *Eucalyptus* com diferentes sistemas de manejo de resíduos florestais. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 56:31-41, 2008.

BELLOTE, A. F. J. & SILVA, H. D. da. Técnicas de amostragem e avaliações nutricionais em plantios de *Eucalyptus* spp. In: GONÇALVES, J. L. DE M.; BENEDETTI, V. (Eds.). *Nutrição e fertilização florestal*. Piracicaba, IPEF - Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais, 2000. p.105-133.

BERNARDO, A.L.; REIS, M.G.F.; REIS, G.G.; HARRISON, R.B & FIRME, D.J. Effect of spacing on growth and biomass distribution in *Eucalyptus camaldulensis*, *E. pellita* and *E. urophylla* plantations southeastern Brazil. *Forest Ecology and Management*, 104:1-13, 1998.

BERTALOT, M.J.A. Crescimento e avaliação nutricional de leguminosas arbóreas potenciais para ecossistemas agroflorestais num solo de cerrado. Botucatu, Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade do Estado de São Paulo, 1997. 69p.

CALDEIRA, M.V.W. PEREIRA, J.C.; SCHUMCHER, M.V.; DELLA-FLORA, J.B. & SANTOS, E.M. Comparações entre as concentrações de nutrientes nas folhas e no folheto em um povoamento de *Acacia mearnsii* De Wild. *Revista Arvore*, 23:489-492, 1999.

CALDEIRA, M.V.W. PEREIRA, J.C.; SCHUMACHER, M.V.; TEDESCO, N. & PEREIRA, J.C. SANTOS, E.M. Estimativa do conteúdo de nutrientes em um povoamento jovem de *Acacia mearnsii* De Wild. estabelecido na região sul do Brasil. *Floresta*, 29:53-65, 1999.

CORRÊA, R.F. EFEITO DOS ATRIBUTOS DO SOLO NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DA MADEIRA DE *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Curitiba, Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Paraná, 2007. 102p.

FERNANDES, D.E.; GOMIDE, J.L.; COLODETTE, J.L. & FERREIRA, M.Z. Influência da produtividade de clones híbridos de eucalipto na densidade da madeira e na polpação Kraft. *Scientia Forestalis*, 39:143-150, 2011.

FREITAS, R. A. Estudo da biomassa e do conteúdo de nutrientes em um povoamento de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden plantado em solo sujeito à arenização no município de Alegrete-RS. Santa Maria, Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, 2000. 60p.

GADELHA, F.H.L.; SILVA, J.A.A.; FERREIRA, R.L.C.; SANTOS, R.C. & TAVARES, J.A. Produtividade de clones de eucaliptos em diferentes sistemas de manejo para fins energéticos. *Pesquisa florestal brasileira*, 35:263-270, 2015.

GARCIA, C.H. & NOGUEIRA, M.C.S. Utilização da metodologia REML/BLUP na seleção de clones de eucalipto. *Scientia Forestalis*, 68:107-112, 2005.

GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L.; BENEDETTI, V.; FESSEL, V.A.G.; GAVA, J.L. Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V., ed. *Nutrição e fertilização florestal*. Piracicaba: IPEF, 2000. cap.1, p.1-57.

HAAG, H.P.; ROCHA FILHO, J.V.C. & OLIVEIRA, G.D. Ciclagem de nutrientes em florestas implantadas de *Eucalyptus* e *Pinus*. Contribuição das espécies nos nutrientes na manta orgânica. *O Solo*, 70:28-31, 1978.

HARRISON, R.B.; REIS, G.G.; REIS, M.D.G.F.; BERNARDO, A.L. & FIRME, D.J. 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*, 133:167-177, 2000.

HERNÁNDEZ, J.; PINO, A.; SALVO, L. & ARRARTE, G. Nutrient export and harvest residue decomposition patterns of a *Eucalyptus dunnii* Maiden plantation in temperate climate of Uruguay. *Forest Ecology and Management*, 258:92-99, 2009.

HEWITT, E.J. & SMITH, T.A. *Plant mineral nutrition*. London: The English Universities, 1975. 298p.

LOPES, J.L.W. Qualidade de mudas clonais do híbrido de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, submetidas a diferentes regimes hídricos. São Paulo, Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Estadual de São Paulo, 2008. 181p.

MADEIRA, A.C.; CARNEIRO, M.; MARQUES, P. & MADEIRA, M. Avaliação do estado de nutrição de plantas jovens de *Eucalyptus globulus* por análise foliar e espectroradiométrica. *Revista de Ciências Agrárias*, 31:3-26, 2009.

MARTINS, A.P.L. & REISSMANN, C.B. Material vegetal e as rotinas laboratoriais nos procedimentos químico-analíticos. *Scientia Agraria*, 8:1-17, 2007.

MELO, V.F.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; FONTES, M.P.F. & COSTA, L.M. Balanço nutricional, eficiência de utilização e avaliação da fertilidade do solo em P, K, Ca e Mg em plantios de eucalipto no Rio Grande do Sul. IPEF, 49:8-17, 1995.

PESTANA, M.; VARENNE, A.; GOSS, M.J.; ABADIA, J. & FARIA, E.A. Floral analysis as a tool to diagnose iron chlorosis in orange trees. *Plant and Soil*, 259:287-295, 2004.

PIMENTEL-GOMES, F. Curso de estatística experimental. 15ª Ed. Piracicaba, FEALQ – Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2009, 451p.

PINTO, S.I.C.; FURTINI NETO, A.E.; NEVES, J.C.L.; FAQUIN, V. & MORETTI, B.S. Eficiência nutricional de clones de eucalipto na fase de mudas cultivados em solução nutritiva. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35:523-533, 2011.

POGGIANI, F.; COUTO, H.T.Z.; CORRADINI, L. & FAZZIO, E.C.M. Exportação de biomassa e nutrientes através da exportação dos troncos e das copas de um povoamento de *Eucalyptus saligna*. IPEF, 25:37-39, 1983.

SCHUMACHER, M.V.; CALDEIRA, M.V.W. Estimativa da biomassa e do conteúdo de nutrientes de um povoamento de *Eucalyptus globulus* (Labillardière) sub-espécie maidenii. *Ciência Florestal*, 11(1): 45-53, 2001.

SCHUMACHER M.V.; CORREA R.S.; VIERA M. & ARAUJO E.F. Produção e decomposição de serapilheira em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus* maidenii. *Cerne*, 19:509-508, 2013.

SCHUMACHER, M.V. & POGGIANI, F. Produção de biomassa e remoção de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* F. Muell, plantados em Anhembi, SP. *Ciência Florestal*, 3:21-34, 1993.

SILVA, J. A. A.; ROCHA, K. D.; FERREIRA, R. L. C. & TAVARES, J. A. Produtividade volumétrica de clones de *Eucalyptus* spp. no Polo Gesseiro do Araripe, Pernambuco. *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica*, 10:240-260, 2013.



SILVEIRA, R.L.V.A.; HIGASHI, E.N.; GONÇALVES, A.N. & MOREIRA, A. Avaliação do estado nutricional do *Eucalyptus*: diagnose visual, foliar e suas interpretações. In: GONÇALVES, J.L.M. & BENEDETTI, V. (Ed.). Nutrição e fertilidade florestal. Piracicaba: Ipef, p.79-104, 2000.

SILVA, A. C.; SANTOS, A.R. & PAIVA, A.V. Translocação de nutrientes em folhas de *Hevea brasiliensis* (clone) e em acículas de *Pinus oocarpa*. Revista da Universidade de Alfenas, 4:11-18, 1998.

STAPE, J.L; BINKLEY, D.; RYAN, M.G.; FONSECA, S.; LOOS, R.A.; TAKAHASHI, E.N.; SILVA, C.R.; SILVA, S.R.; HAKAMADA, R.E.; FERREIRA, J.M.A.; LIMA, A.M.N.; GAVA, J.L.; LEITE, F.P.; ANDRADE, H.B.; ALVES, J.M.; SILVA, G.G.C. & AZEVEDO, M.R. The Brazil Eucalyptus Potential Productivity Project: Influence of water, nutrients and stand uniformity on wood production. Forest Ecology Management, 259:1684-1694, 2010.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M.V. & BONACINA, D.M. Biomassa e nutrientes removidos no primeiro desbaste de um povoamento de *Pinus taeda* l. em Cambará do Sul, RS. Revista Árvore, 35:371-379, 2011.

WITSCHORECK, R. & SCHUMACHER, M.V. Teor e alocação de nutrientes em plantio de *Platanus x Acerifolia* (aiton) willd. em Dom Feliciano – RS. Ciência Florestal, 23:667-678, 2013.

ZAIA, F.A. & GAMA-RODRIGUES, A.C. Ciclagem e balanço de nutrientes em povoamentos de eucalipto na região norte-fluminense. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 28:843-852, 2004.

## CONCLUSÕES GERAIS

As avaliações feitas ao longo do projeto demonstram que, de maneira geral, os diferentes materiais genéticos apresentam pequenas distinções quanto aos processos biogeoquímicos avaliados. Os resultados de crescimento das árvores, que eram para fazer parte deste trabalho, infelizmente estão atualmente em fase de coleta de dados, o que impossibilitou a estimativa da quantidade de nutrientes demandada pelos diferentes clones e material semental sob estudo. Estes dados deverão ser incorporados nas publicações resultantes desta tese, inclusive com estimativas de exportação de nutrientes na idade de corte, que é a idade atual dos povoamentos.

O desbaste, ainda recente, não promoveu muitas mudanças na ciclagem de nutrientes via deposição/acumulação/decomposição da serapilheira, mesmo sendo um desbaste que retirou 50% da população de plantas. Talvez isto se explique pelas características do material genético plantado, cuja maior parte da biomassa se encontra nos troncos e galhos e cujas copas são de pequenas dimensões.

O efeito mais expressivo do desbaste se manifestou sobre os teores foliares de Mg, elemento cujos teores foliares podem ser fortemente influenciados pela luminosidade incidente sobre as folhas das árvores.

Apesar de não ser objeto de estudo, alguns dos povoamentos se encontravam em faixa de solo mais fértil, mas isto mostrou pouca influência sobre os resultados obtidos nesta pesquisa. Resta ainda saber se estas diferenças de solo não influenciaram o crescimento das árvores.

## BIBLIOGRAFIA GERAL

ALHAMD, L.; ARAKAKI, S. & HAGIARA, A. Decomposition of leaf litter of four tree species in a subtropical evergreen broad-leaved forest, Okinawa Island, Japan. *Forest Ecology and Management*, 202:1–11 2004.

ALMEIDA, A. C. Growth and water balance of *Eucalyptus grandis* hybrid plantations in Brazil during a rotation for pulp production. *Forest Ecology and Management*, 251:10-21, 2007.

ANDERSON, J.P. & DOMSCH, K.H. The metabolic quotient for CO<sub>2</sub> ( $q_{CO_2}$ ) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 25:393-395, 1993.

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

ARUNACHALAM, K.; ARUNACHALAM, A.; TRIPATHI, R. S. & PANDEY, H. N. Dynamics of microbial population during the aggradation phase of a selectively logged subtropical humid forest in north-east India. *Tropical Ecology*, 38:333-341, 1997.

ASSIS JUNIOR, S.L.; ZANUNCIO, J.C.; KASUYA, M.C.M.; COUTO, L. & MELIDO, R.C.N. Soil microbial activity in agroforest, monocultures, natural forest and deforested area systems. *Revista Árvore*, 27:35-41, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL – BRACELPA. Desempenho do setor e projeções. 2009. Disponível em: <<http://www.bracelpa.org.br>>. Acesso em: 20 maio 2015.

BALIEIRO, F.D.C.; FRANCO, A.A.; PEREIRA, M.G.; CAMPELLO, E.F.C.; DIAS, L.E.; FARIA, S.M.D. & ALVES, B.J.R. Dinâmica da serapilheira e transferência de nitrogênio ao solo, em plantios de *Pseudosamanea guachapele* e *Eucalyptus grandis*. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 39:597-601, 2004.

BARETTA, D.; SANTOS, J.C.P.; FIGUEIREDO, S.R. & KLAUBERG-FILHO, O. Efeito do monocultivo de Pinus e da queima do campo nativo em atributos biológicos do solo no Planalto Sul-Catarinense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29:715-724, 2005.

BARLOW, J.; GARDNER, T.A.; FERREIRA, L.V.; PERES, C.A. Litter fall and decomposition in primary, secondary and plantation forests in the Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*, 247:91-97, 2007.

BARRETO, P. A. B.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F. & FONSECA, S. Atividade microbiana, carbono e nitrogênio da biomassa microbiana em plantações de Eucalipto, em sequência de idades. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:611-619, 2008.

BARROS, N.F. & NOVAIS, R.F. Relação solo-eucalipto. Folha de Viçosa, Viçosa, MG, 1990. 430p.

BEHERA, N. & SAHANI, U. Soil microbial biomass and activity in response to *Eucalyptus* plantation and natural regeneration on tropical soil. *Forest Ecology and Management*, 174:1-11, 2003.

BELLOTE, A. F. J. & SILVA, H. D. da. Técnicas de amostragem e avaliações nutricionais em plantios de *Eucalyptus* spp. In: GONÇALVES, J. L. DE M.; BENEDETTI, V. (Eds.). *Nutrição e fertilização florestal*. Piracicaba, IPEF - Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais, 2000. p.105-133.

BELLOTE, A.F.G.; DEDECEK, R.A. & SILVA, H.D. Nutrientes minerais, biomassa e deposição de serapilheira em plantios de *Eucalyptus* com diferentes sistemas de manejo de resíduos florestais. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 56:31-41, 2008.

BERG, B. Litter decomposition and organic matter turnover in northern forest soil. *Forest Ecology Management*. 133:13-22, 2000.

BERTALOT, M.J.A.; GUERRINI, I.A.; MENDOZA, E.; DUBOC, E.; BARREIROS, R.M. & CORRÊA, F.M. Retorno de nutrientes ao solo via deposição de serapilheira de quatro

espécies leguminosas arbóreas na região de Botucatu – São Paulo, Brasil. *Scientia Forestalis* 65:219-227, 2004.

BIESEK, M.F. Indicadores químicos e microbiológicos da qualidade do solo em agrossistemas e sistemas nativos na região dos Campos Gerais, Castro-PR. Curitiba, Dissertação, (Mestrado em Ciência do Solo), Universidade Federal do Paraná, 2012, 55p.

BLUM, H. Caracterização biogeoquímica da serapilheira e de substâncias húmicas do solo sob plantios com espécies florestais nativas e exóticas no sul do Brasil. Curitiba, Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, 2014. 131p.

BORMANN, H.F. & LIKENS, G.E. The nutrient cycles of an ecosystem. *Scientific Am.* 233:92-101, 1970.

BRUN, J. E. Matéria orgânica do solo em plantios de *Pinus taeda* e *P. elliottii* em duas regiões do Rio Grande do Sul. Santa Maria, UFSM, Tese,(Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria, 2008.

CALDEIRA, M.V.W. PEREIRA, J.C.; SCHUMCHER, M.V.; DELLA-FLORA, J.B. & SANTOS, E.M. Comparações entre as concentrações de nutrientes nas folhas e no folheto em um povoamento de *Acacia mearnsii* De Wild. *Revista Arvore*, 23:489-492, 1999.

CALDEIRA, M.V.W.; VITORINO, M.D.; SCHAADT, S.S.; MORAES, E. & BALBINOT, R. Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. *Revista Semina: Ciências Agrárias*, 29:53-68, 2008.

CARNEIRO, M.A.C.; SOUZA, E.D.; REIS, E.F., PEREIRA, H.S. & AZEVEDO, R.W. atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:147-157, 2009.

CARTER, M.R. Microbial biomass as an index for tillage induced changes in soil biological properties. *Soil & Tillage Research*, 7:29-40, 1986.

CARVALHO, D.S. Características da serapilheira e do solo sob florestas de coníferas e folhosas em Rio Negro, PR. Curitiba: UFPR, 2011. 45p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal do Paraná, 2011.

CHAER, G.M. & TÓTOLA, M.R. Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31:1381-1396, 2007.

CHIODINI, B.M.; SILVA, A.G.; NEGREIROS, A.B. & MAGALHÃES, L.B. Matéria orgânica e a sua influência na nutrição de plantas. *Cultivando o Saber*, 6:181-190, 2013. Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

CLIMATE-DATA – Dados climáticos para cidades no Brasil. Disponível em: <[www.climate-data.org](http://www.climate-data.org)> Acesso em 05/11/2015.

CORRÊA, F.L.O.; RAMOS, J.D.; GAMA-RODRIGUES, A.C.G. & MÜLLER, M.W. Produção de serapilheira em sistema agroflorestal multiestratificado no estado de Rondônia, Brasil. *Ciência e Agrotecnologia*, 30:1099-1105, 2006.

CORREA, 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*, 97:065-074, 2013.

COSTA, G.S.; GAMA-RODRIGUES, A.C. & CUNHA, G.M. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em povoamentos de *Eucalyptus grandis* no norte Fluminense. *Revista Árvore*, 29:563-570, 2005.

CUNHA, G. C.; GRENDENE, L.A. DURLO, M.A.D. & BRESSAN, D.A Dinâmica nutricional em floresta estacional decidual com ênfase aos minerais provenientes da deposição da serrapilheira. *Ciência Florestal*, 3:35-64, 1993.

CUNHA, G.M.; GAMA-RODRIGUES, A.C. & COSTA, G.S. Ciclagem de nutrientes em *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden no norte fluminense. *Árvore*, 29:353-363, 2005.

CUNHA-NETO, F.V.C.; LELES, P.S.S.; PEREIRA, M.G.; BELLUMATH, V.G.H. & ALONSO, J.M. Acúmulo e decomposição da serapilheira em quatro formações florestais. *Ciência Florestal*, 23: 379-387, 2013.

DELLA BRUNA, E.; BORGES, A.C.; FERNANDES, B.; BARROS, N.F. & MUCHOVEJ, R.M.C. Atividade da microbiota de solos adicionados de serapilheira de eucalipto e de nutrientes. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 15:15-20, 1991.

DE-POLLI, H & GUERRA, J.G.M. Biomassa microbiana: perspectiva para o uso e manejo do solo. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E .F.; FONTES, M. P. F. O Solo nos Grandes Domínios Morfoclimáticos do Brasil e o Desenvolvimento Sustentado. Viçosa: SBCS. p. 551-56, 1996.

DIAS H.C.T.; FIGUEIRA, M.D.; SILVEIRA, V.; FONTES M.A.L.; OLIVEIRA FILHO, A.T. & SCOLFORO, J.R.S. Variação temporal de nutrientes na serapilheira de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em Lavras, Minas Gerais - Brasil. *Cerne*, 8:1-16, 2002.

DICKOW, K. M. C.; MARQUES, R. & PINTO, C. B. Lixiviação de nutrientes da serapilheira recém-depositada em sucessão ecológica na Floresta Atlântica, litoral do Paraná. *Floresta*, 39:145-156. 2008.

DICKOW, K.M.C. Ciclagem de fitomassa e nutrientes em sucessão secundária na Floresta Atlântica, Antonina, PR. Curitiba, Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, 2010. 215p.

ESALQ – ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA LUIZ DE QUEIROZ - Informações Gerais sobre a ECCFI. Disponível em: <<http://lcf.esalq.usp.br/estacoes/itatinga/>>. Acesso em 10/03/2014.

FERREIRA, A. S.; CAMARGO F. A. O.; VIDOR, C. Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23:991-996, 1999.

FIERER, N.; SCHIMEL, J.P. & HOLDEN, P.A. Variations in microbial community composition through two soil depth profiles. *Soil Biology & Biochemistry*, 35:167-176, 2003.

FOLLET, R.F. & SCHIMEL, D.S. Effect of tillage practices on microbial biomass dynamics. Soil Science Society of America Journal, 53:1091- 1096, 1989.

FONSECA, S; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; COSTA, L.M.; LEAL, P.G.L.; NEVES, J.C.L. Alterações em um Latossolo sob eucalipto, mata natural e pastagem: propriedades físicas e químicas. Revista árvore, 17:271-288, 1993.

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, 26:193-207, 2002.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C. & BARROS, N. F. Biomassa microbiana de carbono e de nitrogênio de solos sob diferentes coberturas florestais. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 21:361-365, 1997.

GAMA-RODRIGUES, E.F. Carbono e nitrogênio da biomassa microbiana do solo e da serapilheira de povoamentos de eucalipto. Rio de Janeiro, Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1997. 108p.

GAMA-RODRIGUES, E.F.; BARROS, N.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C. & SANTOS, G.A. Carbon, nitrogen and activity of microbial biomass in soil under eucalypt plantations. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 29:893-901, 2005.

GAMA-RODRIGUES, E.F.; BARROS, N.F.; VIANA, A.P. & SANTOS, G.A. Alterações na biomassa e na atividade microbiana da serapilheira e do solo, em decorrência da substituição de cobertura florestal nativa por plantações de eucalipto, em diferentes sítios da região Sudeste do Brasil. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32:1489-1499, 2008.

GARAY, I.; KINDEL, A.; CARNEIRO, R.; FRANCO, A.A.; BARROS, E. & ABBADIE, L. Comparação da matéria orgânica e de outros atributos do solo entre plantações de *Acacia mangium* e *Eucalyptus grandis*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 27:705-712, 2003.



GEORGE, M. & VARGHESE, G. Nutrient cycling in *Eucalyptus globulus* plantation. Nutrientes retained, returned uptake and nutrients cycling. *Indian Forester*, 117:110-116, 1991.

GONÇALVES, A.S.; MONTEIRO, M.T.; GUERRA, J.G.M. & DE-POLLI, H. Biomassa microbiana em amostras secadas ao ar e reumedecidas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37:651-658, 2002.

GONÇALVES, J.L.M.; BARROS, N.F.; NAMBIAR, E.K.S. & NOVAIS, R.F. Soil and stand management for short-rotation plantations. In: NAMBIAR, E.D.S.; BROWN, A.G., Management of soil nutrients and water in tropical plantations forest. Canberra, ACIAR, 1997. p.379-418.

GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L.; BENEDETTI, V.; FESSEL, V.A.G.; GAVA, J.L. Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V., ed. Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba: IPEF, 2000. cap.1, p.1-57.

GORGENS, E.B.; LEITE, H.G.; NOGUEIRA, G.S.; DIAS, A.N. Tendência de crescimento de povoamento de eucalipto após aplicação de desbaste. *Revista Árvore*, 31:879-885, 2007.

GOSZ, J.R. & C.S. WHITE, C.S. Seasonal and annual variation in nitrogen mineralization and nitrification along an elevational gradient in New Mexico. *Biogeochemistry* 2: 281-297, 1986.

GUO, L. B.; SIMS, R. E. H. & HORNE, D. J. Biomass production and nutrient cycling in *Eucalyptus* short rotation energy forests in New Zealand: II., litter fall and nutrient return. *Biomass and Bioenergy*, Oxford, 30:393- 404, 2006.

GUO, L.B. & SIMS, R.E.H. Litter decomposition and nutrient release via litter decomposition in the New Zealand eucalypt short rotation forests. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 75:133-140, 1999.

HARRINGTON, C.A. & DEVINE, W.D. Stand development following precommercial thinning and fertilization treatments in a Western redcedar (*Thuja plicata*) dominated forest. *Canadian Journal of Forest Research*, 41:151-164, 2011.

HERNÁNDEZ, J.; PINO, A.; SALVO, L.; ARRARTE, G. Nutrient export and harvest residue decomposition patterns of a *Eucalyptus dunnii* Maiden plantation in temperate climate of Uruguay. *Forest Ecology and Management*, 258: 92-99, 2009.

HIGASHI, E.N.; SILVEIRA, R.L.V.A. & GONÇALVES, A.N. Nutritional monitoring and fertilization in clonal macro, mini, and microgardens. In: GONÇALVES, J.L.M., ed. *Forest nutrition and fertilization*. Piracicaba, IPEF, 2004. p.195-222.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA . Disponível em <http://www.inmet.gov.br/> . Acesso em 11/01/2017.

INSAM, H.; MITCHELL, C.C. & DORMAAR, J.F. Relationship of soil microbial biomass and activity with fertilization practice and crop yield of three ultisols. *Soil Biology Biochemistry*, 23:459-464, 1991.

JORDAN, C.F. *Nutrient Cycling in Tropical Forest Ecosystems*. Chichester, John Wiley & Sons, 1985. 237p.

KIEHL, E. J. *Fertilizantes orgânicos*. São Paulo, Editora Agronômica Ceres Ltda., 1985. 492 p.

KOLM, L. & POGGIANI, F. Ciclagem de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus grandis* submetidos à prática de desbastes progressivos. *Scientia Forestalis*, 63:79-93, 2003.

KOLM, L. Ciclagem de nutrientes e variações do microclima em plantações de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden manejadas através de desbastes progressivos. Piracicaba, Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de São Paulo, 2001, 88p.

KONIG, F. G.; SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J. & SELING, I. Avaliação da sazonalidade da produção de serapilheira numa floresta Estacional Decidual no município de

Santa Maria, RS. Revista *Árvore*, 26:429 - 435, 2002.

LACLAU, J.P.; JULIO C.R.; ALMEIDA, J.L.; GONCALVES, M.; SAINT-ANDRE, L.; VENTURA, M.; RANGER, J. & MOREIRA, R. Influence of nitrogen and potassium fertilization on leaf lifespan and allocation of above-ground growth in *Eucalyptus* plantations. *Tree Physiology*, 29, 111–124, 2008.

LACLAU, J.P.; RANGER, J.; GONÇALVES, J.L.M.; MAQUÈRE, V.; KRUSCHE, AV. & M'BOU, A.T. Biogeochemical cycles of nutrients in tropical *Eucalyptus* plantations main features shown by intensive monitoring in Congo and Brazil. *Forest Ecology and Management*, 259, 1771-1785, 2010.

LAMBERS, H.; CHAPIM, F.S. & PONS, T.L. Role in Ecosystem and Global Processes. In: : *Plant Physiological Ecology*. New York, Springer, 1998. 540p.

LEITE, H. G.; NOQUEIRA, G.S.; CAMPOS, J.C.C.; SOUZA, A.L. & CARVALHO, A. Avaliação de um modelo de distribuição diamétrica ajustado para povoamentos de *Eucalyptus* sp. submetidos a desbaste. *Revista Árvore*, 29:271-280, 2005.

LEITE, H.G.; NOGUEIRA, G.S. & DIAS, A.N. Desbastes e seus efeitos sobre a produção e a qualidade de povoamentos florestais. In: SEMINÁRIO SOBRE SILVICULTURA EM FLORESTAS PLANTADAS, 1., 2004, Vitória. Anais. Viçosa: UFV, 2004. p.165-195.

LIMA, A.M.N.; NEVES, J.C.L.; SILVA, I.R. & LEITE, F.P. Cinética de absorção e eficiência nutricional de K, Ca e Mg em plantas jovens de quatro clones de eucalipto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29:903-909, 2005.

LOPES, J.L.W. Qualidade de mudas clonais do híbrido de *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla*, submetidas a diferentes regimes hídricos. São Paulo, Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Estadual de São Paulo, 2008. 181p.

LOPES, M.I.M.S.; VUONO, Y.S., DOMINGOS, M. Serapilheira acumulada na Floresta da Reserva Biológica de Paranapiacaba, sujeita aos poluentes atmosféricos de Cubatão, SP. *Hoehnea*; 17:59-70, 1990.

MARQUES, R. & MOTTA, A.C.V. Análise química do solo para fins de fertilidade. In: LIMA, R.M. (Org.). Manual de diagnóstico da fertilidade e manejo dos solos agrícola. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2003. p.81-102.

MARTINS, A.P.L. & REISSMANN, C.B. Material vegetal e as rotinas laboratoriais nos procedimentos químico-analíticos. *Scientia Agraria*, 8:1-17, 2007.

MARTIUS, C.; HÖFER, H.; GARCIA, M. V. B.; RÖMBKE, J. & HANAGARTH, W. Litter fall, litter stocks and decomposition rates in rainforest and agroforestry sites in central Amazonia. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 68:137–154, 2004.

MASON, C. F. Decomposição. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 66p. 1980.

MATSUOKA, M.; MENDES, I.C. & LOUREIRO, M.F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27:425-433, 2003.

MEDEIROS, F.M. Ciclagem de nutrientes em estágios sucessionais da Floresta Ombrófila Densa do Paraná. Curitiba, Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, 2015. 144p.

MEGURO, M.; VINUEZA, G.N. & DELITTI, W.B.C. Ciclagem de nutrientes minerais na Mata Mesófila secundária. Produção e conteúdo de nutrientes minerais do folheto. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo*, São Paulo, 7:61-67, 1979.

MELE, P.M. & CARTER, M.R. Effect of climatic factors on the use of microbial biomass as an indicator of changes in soil organic matter. In: MULONGOY, K. & MERCKX, R. Soil organic matter dynamics and sustainability of tropical agriculture. Chichester, John Wiley, 1993. 392p.

MELLONI, R.; MELLONI, E.G.P.; ALVARENGA, M.I.N. & VIEIRA, F.B.M. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:2461-2470, 2008.

MELO, V.F.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; FONTES, M.P.F. & COSTA, L.M. Balanço nutricional, eficiência de utilização e avaliação da fertilidade do solo em P, K, Ca e Mg em plantios de eucalipto no Rio Grande do Sul. IPEF, 49:8-17, 1995.

MIRANDA, L.B.; CASTRO, B.M. & KJERFVE B. 2002. Princípios de oceanografia física de estuários. EDUSP, São Paulo, 414 p.

MONTEIRO, M.T. & GAMA-RODRIGUES, E.F. Carbon, nitrogen, and microbial biomass activity in different litter structures of a natural forest. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 28:819- 826, 2004.

MORAES, R.M.; DELITTI, W.B. & STRUFFALDI-DE-VUONO, Y. Litterfall and litter nutrient content in two Brazilian Tropical Forest. Revista Brasileira de Botânica, 22:9-16, 1999.

MORELLATO, L.P.C. Nutrient cycling in two south-east Brazilian forests. I Litterfall and litter standing crop. Journal of Tropical Ecology, 8:205-215, 1992.

MULLER, F.C. Parâmetros químicos e microbiológicos do solo em áreas de restauração florestal na Reserva Natural Rio Cachoeira, Antonina-PR. Curitiba, Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Paraná, 2012. 66p.

NARDOTO, G.B.; BUSTAMANTE, M.M.C. & SIQUEIRA PINTO, A. Nutrient use efficiency at ecosystem and species level in savanna areas of Central Brazil and of fire. Journal of Tropical Ecology, 22:191-201, 2006.

NEGI, J.D.S.; SHARMA, S.C. & BISHT, A.P.S. Forest floor and soil nutrient inventories in an old growth *Eucalyptus plantations*. Indian forester, 114:453-461, 1988.

NEVES, J.C.L. Produção e partição de biomassa, aspectos nutricionais e híbridos em plantios clonais de eucalipto na região litorânea do Espírito Santo. Campo dos Goytacazes, (Tese de Doutorado) Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2000. 191p.

NIINEMETS, U.; PORTSMUTH, D.; TENA, M.; TOBIAS.; MATESANZ, S. & VALLADARES, F. Do we underestimate the importance of leaf size in plant economics? Disproportional scaling of support costs within the spectrum of leaf physiognomy. *Annals of Botany* 100:283–303, 2007.

NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F. & NEVES, J.C.L. Nutrição mineral do Eucalipto. In: BARROS, N.F. & NOVAIS, R.F. *Relação Solo-Eucalipto*. Viçosa, Ed. Folha de Viçosa, Viçosa, 1990. p. 25-98.

NSABIMANA, D.; HAYNES, R.J. & WALLIS, F.M. Size, activity and catabolic diversity of the soil microbial biomass as affected by land use. *Applied Soil Ecology*, 26:81-92, 2004.

ODUM, E.P. & BARRETT, G.W. *Fundamentos de Ecologia*. São Paulo: Thomson Learning, 2007. 612p.

OLSON, J. S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology*, 44:322-331, 1963.

ONO, K.; NISCHI, A.; WATANABE, Y. & TERASHIMA, I. Possible mechanisms of adaptive leaf senescence. *Plant Biology*, 3:234–243, 2001.

PEREIRA, M.G.; MENEZES, L.F.T. & SCHULTZ, N. Aporte e decomposição da serapilheira na Floresta Atlântica, Ilha da Marambaia, Mangaratiba, RJ. *Ciência Florestal*, 18:443-454, 2008.

PIMENTEL-GOMES, F. *Curso de estatística experimental*. 15ª Ed. Piracicaba, FEALQ – Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2009, 451p.

PINTO, S.I.C.; FURTINI NETO, A.E.; NEVES, J.C.L.; FAQUIN, V. & MORETTI, B.S. Eficiência nutricional de clones de eucalipto na fase de mudas cultivados em solução nutritiva. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35:523-533, 2011.

PISANI, R. J. Diagnóstico de ambiência na sub bacia do Rio das Pedras, Município de Itatinga -SP, visando o planejamento sócio conservacionista. Botucatu, Dissertação (Mestrado em Agronomia-Energia na Agricultura) - Universidade Estadual Paulista, 2009. 173p.

POGGIANI, F. & SCHUMACHER, M. V. Atmospheric inputs compared with nutrient removed by harvesting from Eucalyptus plantation. Implications for sustainability. In: "IUFRO Conference on Silviculture and improvement for Eucalypt". Colombo: EMBRAPA. Centro nacional de Pesquisa de Florestas, 4:68-74, 1997.

POGGIANI, F. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de plantações de Eucalyptus e Pinus. Implicações silviculturais. Piracicaba, Tese (Livre-Docência) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo, 1985. 229p.

POGGIANI, F.; STAPE, J.L. & GONÇALVES, J.L.M. Indicadores de sustentabilidade das plantações florestais. IPEF, 12:33-44, 1998.

POLWSON, D.S.; BROOKES, P.C. & CHRISTENSEN, B.T. Measurement of microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to the straw incorporation. Soil Biology & Biochemistry, 19:159-164, 1987.

PRESCOTT, C. Do rates of litter decomposition tell us anything we really need to know? Forest Ecology and Management, 220:66-74, 2005.

REIS, M.G.F. & BARROS, N.F. Ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto. In: BARROS, N.F. & NOVAIS, R.F. Relação Solo-Eucalipto. Folha de Viçosa: Viçosa, 1990. p. 265-301.

REISSMANN, C. B. & WISNIEWSKI, C. Aspectos nutricionais de plantios de Pinus. In: GONÇALVES, J. L. M. & BENEDETTI, V. (Ed.). Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba, IPEF - Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais, 2000. p.135-166.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C., PONZONI, F. J. & HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. Biological Conservation. 142:1141-1153, 2009.

ROCHA, A.A. Deposição de fitomassa e nutrientes, acumulação e decomposição de serapilheira em três tipologias da Floresta Atlântica, Paranaguá, PR. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006, 98p.

RODRIGUEZ, R.; ESPINOSA, M.; HOFMANN, G. & MARCHANT, M. Needle mass, fine root and stem wood production in response to silvicultural treatment, tree size and competitive status in radiata pine stands. *Forest Ecology Management*. 186:287–296, 2003.

ROSADO, A.M.; ROSADO, T.B.; ALVES, A.A.; LAVIOLA, B.G. & BHERING, L.L. Seleção simultânea de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47:964-971, 2012.

SAFFIGNA, P.G.; POLWSON, D.S.; BROOKES, P.C. & THOMAS, G.A. Influences of sorghum residues and tillage on soil organic matter and soil biomass in an Australian vertisol. *Soil biology & biochemistry*, 21:759-765, 1987.

SANTANA, J. A. S. Estrutura fitossociológica, produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes em uma área de Caatinga no Seridó do Rio Grande do Norte. Areia, 2005. 184 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba.

SANTANA, J.A.S. & SOUTO, J.S. Produção de serapilheira na Caatinga da região semiárida do Rio Grande do Norte, Brasil. *IDESIA*, 29:87-94, 2011.

SANTANA, R.C.; BARROS, N.F. & NEVES, J.C.L. Eficiência de utilização de nutrientes e sustentabilidade da produção em procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em sítios florestais do Estado de São Paulo. *Revista Árvore*, 26:447-457, 2002.

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*, 262: 1146-1156, 2011.

SAUR, E.; NAMBIAR, E.K.S. & FIFE, D.N. Foliar nutrient retranslocation in *Eucalyptus globulus*. *Tree physiology*, 20:1105-12, 2000.



SCHLESINGER, W.H. An overview of the carbon cycle. In: LAL, R.; KIBBLE, J.; LEVINE, E. & STEWART, B.A. (Ed.). *Advances in soil science: soils and global changes*. Boca Raton: CRC Press, 1995. p. 9-25.

SCHMIDT, P.; DICKOW, K.M.C.; ROCHA, A.A.; MARQUES, R.; SCHEUERMANN, L.; RÖMBKE, J.; FÖRSTER, B. & HÖFER, H. Soil macrofauna and decomposition rates in Southern Brazilian Atlantic Rainforests. *Ecotropica*, 14:89-100, 2008.

SCHOENHOLTZ, S.H.; MIEGROET, H. & BURGER, J.A. A review of chemical and physical properties as indicators of forest quality: Challenges and opportunities. *Forest Ecology Management* 138:335-356, 2000.

SCHUMACHER M.V.; CORREA R.S.; VIERA M. & ARAUJO E.F. Produção e decomposição de serapilheira em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus* maidenii. *Cerne*, 19:509-508, 2013.

SCHUMACHER, M.V.; BRUN, E.J.; HERNANDES, J.I. & KÖNIG, F.G. Produção de serapilheira em uma floresta de *Araucaria angustifolia* (bertol.) kuntze no município de Pinhal Grande-RS. *Revista Árvore*, v.28, n.1, p.29-37, 2004.

SCHUMACHER, M.V. & POGGIANI, F. Produção de biomassa e remoção de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* F. Muell, plantados em Anhembi, SP. *Ciência Florestal*, 3:21-34, 1993.

SCHUMACHER, M.V. Aspectos da ciclagem de nutrientes e do microclima em talhões de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* F. Muell. Piracicaba, 1992. 104p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo.

SCHUMACHER, M.V.; POGGIANI, F. & SIMÕES, J.W. Transferência de nutrientes das copas para o solo através da deposição de folheto em povoamentos de *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus torelliana* plantados em Anhembi-SP. *IPEF* 47: 56-61, 1994.

SELLE, G. L. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. *Bioscience Journal*, 4:29-39, 2007.

SILVA, E. E.; AZEVEDO, P. H. S. & DE-POLLI, H. Determinação do carbono da biomassa microbiana do solo. Comunicado Técnico, EMBRAPA, 98, 2007.

SILVA, H.D.; FERREIRA, C.A.; CORRÊA, R.S.; BELLOTE, A.F.J. & TUSSOLINI, E.L. Alocação de biomassa e ajuste de equações para estimativa de biomassa em compartimentos aéreos de *Eucalyptus benthamii*. *Boletim de Pesquisa Florestal*, 49:83- 95, 2004.

SILVA, J.V.; NOGUEIRA, G.S.; SANTANA, R.C.; LEITE, H.G.; OLIVEIRA, M.L.R. & ALMADO, R.P. Produção e acúmulo de nutrientes em povoamento de eucalipto em consequência da intensidade do desbaste e da fertilização. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 47:1555-1562, 2012.

SILVA, L.D. Material genético adaptado ao distrito federal e entorno. Disponível em: <<http://www.rsflorestal.com.br>>, Acesso em 09/03/2017.

SILVA, L.F. Necessidade de adubação pós-desbaste, baseada no balanço nutricional de povoamentos de eucalipto. Viçosa, 1999. 61p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Viçosa.

SNIF – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS. Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/snif/>> Acesso em 11/01/2017.

SOUZA, J.A. & 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*, 7: 101-113, 2001.

SPANGENBERG, A.; GRIMM, U.; SILVA, J.R.S. & FULSTER, H. Nutrient store and export rates of *Eucalyptus urograndis* plantations in eastern Amazonia (Jari). *Forest Ecology Management*, 80:225-234, 1996.

TURCO, R. F. & BLUME, E. Indicators of soil quality. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (Ed.). Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas: Soil fertility, soil biology, and plant nutrition interrelationships. Viçosa: SBCS, Lavras: UFLA/DCS, 1999. p. 529 - 550.

TURNER, J. & LAMBERT, M.J. Nutrient cycling in age sequences of two Eucalyptus plantation species. *Forest Ecology and Management*, 6:1701-1712, 2008.

TURNER, J.; LAMBERT, M.J. Litterfall and forest floor dynamics in Eucalyptus pilularis forests. *Austral Ecology*, 27:192-199, 2002.

TURNER, J.; LAMBERT, M.J. Nutrient cycling within a 27- years-old Eucalyptus grandis plantation in New South Wales. *Forest ecology and management*, 6:155-168, 1983.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass. *Soil Biology & Biochemistry*, 19:703-707, 1987.

VARGAS, L. K. & SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO<sub>2</sub> e N mineral de um podzólico vermelho-escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24:35-42. 2000.

VESTERDAL, L.; DALSGAARD, M.; FELBI, C.; RAULUND-RASMUSSEN, K. & JORGENSEN, B.B. Effects on thinning and soil properties on accumulation of carbon, nitrogen and phosphorus in the forest floor of Norway spruce stands. *Forest Ecology and Management*, 77:1-10, 1995.

VIEIRA, M. & SCHUMACHER, M.V. Deposição de serapilheira e de macronutrientes em um povoamento de acácia negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) no Rio Grande do Sul. *Ciência Florestal*, 20:225-233, 2010.

VIEIRA, M.; SCHUMACHER, M.V. & CALDEIRA, W. Dinâmica de Decomposição e Nutrientes em Plantio de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus* no Sul do Brasil. *Floresta e Ambiente*, 20:351-360, 2013.

VIEIRA, M.; SCHUMACHER, M.V.; ARAUJO, E.F.; CORREA, R.S.; WINCLER, M.V. & CALDEIRA, W. Deposição de Serapilheira e Nutrientes em Plantio de *Eucalyptus urophylla* × *E. globulus*. Floresta e Ambiente, 21:327-338, 2014.

VIERA, M. & SCHUMACHER, M.V. Concentração e retranslocação de nutrientes em acículas de *Pinus taeda* L. Ciência Florestal, 29: 375-382, 2009.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M.V.; TRUBY, P.; ARAÚJO, E.F. Biomassa e nutrientes em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus*, em Eldorado do Sul-RS. Ecologia e Nutrição Florestal, 1:1-13, 2014.

WISNIEWSKI, C. Nutrientes depositados com a serapilheira em função do estágio sucessional da floresta ombrófila densa das terras baixas sobre podzol não hidromórfico. In: Congresso Latino Americano de la Ciencia del Suelo, 14., 1999, Pucon. Anais. Pucon: UFRO, 1999. p.568.

WOICIECHOWSKI, T. Ciclagem de fitomassa e nutrientes na Floresta Ombrófila Densa Submontana no litoram do Paraná. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)– Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

WOLLUM, A.G. & SCHUBERT, G.H. Effect of thinning on the foliage and forest floor properties of ponderosa pine stands. Soil Science Society of America Journal, 39:968-972, 1975.

ZAIA, F.A. & GAMA-RODRIGUES, A.C. Ciclagem e balanço de nutrientes em povoamentos de eucalipto na região norte-fluminense. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 28:843-852, 2004.