

FLAVIA DENISE COLDEBELLA

**ADUBAÇÃO COMPLEMENTAR COM FÓSFORO E CÁLCIO EM
Eucalyptus benthamii NA REGIÃO DO PLANALTO SUL CATARINENSE**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Colpo Gatiboni

Coorientador: Prof. Dr. Marcos Felipe Nicoletti

**LAGES, SC
2019**

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CAV/UEDESC,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Coldebella, Flavia Denise

Adubação complementar com fósforo e cálcio em *Eucalyptus benthamii* na região do Planalto Sul Catarinense / Flavia Denise Coldebella. -- 2019.
61 p.

Orientador: Luciano Colpo Gatiboni

Coorientador: Marcos Felipe Nicoletti

Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Lages, 2019.

1. Nutrição florestal. 2. Produção florestal. 3. Eucalipto. 4. Fertilização complementar. I. Gatiboni, Luciano Colpo. II. Nicoletti, Marcos Felipe. III. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. IV. Título.

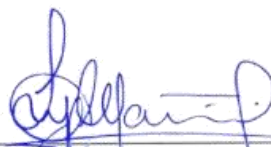
FLAVIA DENISE COLDEBELLA

**ADUBAÇÃO COMPLEMENTAR COM FÓSFORO E CÁLCIO EM
Eucalyptus benthamii NA REGIÃO DO PLANALTO SUL CATARINENSE**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Florestal.

Banca examinadora:

Orientador:



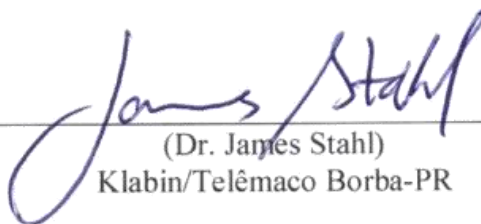
(Prof. Dr. Luciano Colpo Gatiboni)
UDESC/Lages-SC

Membro:



(Prof. Dr. Marcio Carlos Navroski)
UDESC/Lages-SC

Membro:



(Dr. James Stahl)
Klabin/Telêmaco Borba-PR

Lages, 15 de fevereiro de 2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e minha família, principalmente aos meus pais, Marilene Hepp Coldebella e Milton Ernesto Coldebella, aos meus irmãos, Ana Paula, Valéria e Milton Cesar e ao meu namorado Gabriel Pelozato, pela paciência, ajuda e amor dedicado.

Aos meus orientadores Dr. Luciano Colpo Gatiboni e Dr. Marcos Felipe Nicoletti, pela excelente orientação, paciência e exemplo de profissionalismo.

Agradeço aos amigos e colegas de Laboratório de Química e Fertilidade do Solo UDESC - CAV, pelo auxílio nas atividades desenvolvidas no laboratório e à campo. Em especial aos integrantes do grupo GEFOSC, Marizane Pietroski, Daniel João Dall'Orsoletta, Patrícia Pretto Pressotto, Daniel Alexandre Iochims, Walquiria Chaves da Silva, Douglas Luiz Grando, Gilmar Mumbach, Jumara Ternus, Gabriel Zulian, Luiza Burigo Cavalcanti e Caroline Matos, pelo aprendizado.

À UDESC por disponibilizar ensino gratuito e de qualidade. Agradeço os professores do programa de pós-graduação em Engenharia Florestal, pelos ensinamentos transmitidos dentro e fora da sala de aula.

Agradeço a Atlético Bárbaros da Serra pelos JIUDSCs, JUCs, InterReps, JIBS, risadas e pelos momentos incríveis que passei ao lado de vocês. Em especial a Marina Bortoluzzi, Fernanda Tupinambá, Milena Granella, Romulo Pucci, Gustavo Schlindwein, Nicolas Hepp, Louise Alves, Jonathan Melo, Giovanna Oliveira, Henrique Machado, Natalia Rodrigues, Gabriel Fritsch, Erick de Oliveira, Murilo Consolim, Rafael Pockrandt, Iuri Cavalheiro, Admilson Jonas, Marcos Koelho, Valdemar de Lima, prof. Thiago Castro e prof. Clóvis Eliseu Gewehr.

À Empresa Klabin S.A. por ceder a área e seus colaboradores para realização do trabalho.

À CAPES pela bolsa concedida.

Agradeço também aos que não foram citados, mas contribuíram de alguma forma para a conclusão deste trabalho.

MUITO OBRIGADA!

RESUMO

COLDEBELLA, Flavia Denise. **Adubação complementar com fósforo e cálcio em *Eucalyptus benthamii* na região do Planalto Sul Catarinense**. 2019. 61 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal. Lages, 2019.

O eucalipto necessita de suprimento adequado de fósforo (P) e cálcio (Ca) para seu estabelecimento. Por isso, adubações com esses nutrientes são executadas no plantio da espécie. O objetivo do estudo é avaliar a resposta de *Eucalyptus benthamii* aos três anos de idade à fertilização complementar com P e Ca. O experimento foi conduzido na região do Planalto Sul Catarinense em uma floresta que recebeu adubação comercial durante a fase de implantação e, aos três anos foram testados sete tratamentos: (1) superfosfato triplo (SFT), na dose de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅; (2) calcário, na dose de 17,2 kg ha⁻¹ de Ca; (3) calcário, na dose de 1,0 t ha⁻¹ (266 kg ha⁻¹ de Ca); (4) calcário (1,0 t ha⁻¹) + 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅; (5) gesso, na dose de 1,0 t ha⁻¹; (6) gesso (1,0 t ha⁻¹) + 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅; (7) testemunha. O delineamento experimental é em blocos casualizados com três repetições, sendo parcela útil de 480 m². Os tratamentos foram aplicados à lanço e realizou-se avaliações dendrométricas, densidade do dossel e análise nutricional do solo, folhas e serapilheira, aos 6, 12 e 18 meses após a aplicação dos tratamentos. Os dados foram submetidos a estatística descritiva, análise de variância (ANOVA), para verificar as diferenças entre as médias dos tratamentos. Os resultados não indicam efeito significativo da aplicação dos tratamentos nos teores de N, P, K, Ca e Mg nas folhas e no solo. Também, não ocorreu resposta em incremento no volume de madeira. A transferência de nutrientes da serapilheira para o solo foi maior do N > P > Ca > K > Mg nos períodos de avaliação.

Palavras chave: Nutrição florestal, Produção florestal, Eucalipto, Fertilização complementar.

ABSTRACT

COLDEBELLA, Flavia Denise. **Complementary fertilization with phosphorus and calcium in *Eucalyptus benthamii* in the Santa Catarina Plateau.** 2019. 61 p. Dissertation (Master's in Forest Engineering) – Santa Catarina State University. Forestry Engineering Graduate Program. Lages, 2019.

Eucalyptus needs an adequate supply of phosphorus (P) and calcium (Ca) for its establishment. For this reason, fertilization with these nutrients is carried out in the planting of the species. The objective of this study was to evaluate the response of *Eucalyptus benthamii* at three years of age as a complementary fertilization with P and Ca. The experiment was conducted in the South Plateau of the Santa Catarina State, Brazil, in a forest that received commercial fertilization during the implantation phase. At the age of three years, seven treatments were tested: (1) triple superphosphate (SFT) at a rate of 50 kg ha⁻¹ of P₂O₅; (2) dolomitic lime at a rate of 17.2 kg ha⁻¹ of Ca; (3) dolomitic lime at a rate of 1.0 t ha⁻¹ (266 kg ha⁻¹ Ca); (4) dolomitic lime (1.0 t ha⁻¹) + 50 kg ha⁻¹ of P₂O₅; (5) gypsum at a rate of 1.0 t ha⁻¹; (6) gypsum (1.0 t ha⁻¹) + 50 kg ha⁻¹ of P₂O₅; (7) without complementary fertilization. The experimental design was in randomized blocks with three replicates and plots with 480 m². The treatments were applied to on the soil without incorporation. It were performed dendrometric evaluations, canopy density and nutritional analysis of the soil, leaves and litter at 6, 12 and 18 months after the treatments application. The data were submitted to descriptive statistics and variance analysis. The results do not indicate a significant effect of the application of the treatments on N, P, K, Ca and Mg contents in the leaves and in the soil. Also, there was no increase in the volume of wood. The nutrient transfer from litter to soil followed the order: N> P> Ca> K> Mg over the evaluation periods.

Keywords: Forestry fertilization, Forestry production, *Eucalyptus*, Complementary fertilization.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - (A) Curva de produção (m^3) e incremento (m^3), demonstrando comportamento sigmoidal, (B) as Curvas de ICA (incremento corrente anual – $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e IMA (incremento médio anual – $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) ao decorrer da idade (anos) do povoamento.	23
Figura 2 - (A) e (B) Aplicação dos tratamentos nas parcelas.	29
Figura 3 - Aspecto do coletor de serapilheira no experimento utilizado no estudo.	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características químicas médias da camada de 0,0 - 20 cm do Cambissolo Húmico antes da aplicação dos tratamentos no plantio de <i>Eucalyptus benthamii</i> , localizado em Palmeira/SC.	28
Tabela 2 - Valores de diâmetro a altura do peito (DAP) em floresta de <i>Eucalyptus benthamii</i> , com diferentes idades, aos 0, 6, 12 e 18 meses após a aplicação dos tratamentos, localizada em Palmeira/SC.	34
Tabela 3 - Valores de altura (h) em floresta de <i>Eucalyptus benthamii</i> , com diferentes idades, aos 0, 6, 12 e 18 meses após a aplicação dos tratamentos, localizada em Palmeira/SC.....	35
Tabela 4 - Valores de volume por hectare (V/ha) em floresta de <i>Eucalyptus benthamii</i> , com diferentes idades, aos 0, 6, 12 e 18 meses antes e após a aplicação dos tratamentos, localizada em Palmeira/SC.....	35
Tabela 5 - Valores de incremento médio anual (IMA) em floresta de <i>Eucalyptus benthamii</i> com diferentes idades, aos 0, 6 e 12 meses antes e após a aplicação dos tratamentos, localizada em Palmeira/SC.	36
Tabela 6 - Valores de incremento corrente anual (ICA) em floresta de <i>Eucalyptus benthamii</i> após a aplicação dos tratamentos, localizada em Palmeira/SC.....	37
Tabela 7 - Teores médios de P, K, Ca e Mg na linha e na entrelinha do plantio, no solo em florestas de <i>Eucalyptus benthamii</i> , aos 6 meses após a aplicação dos tratamentos, localizada em Palmeira/SC.	39
Tabela 8 - Teores médios de P, K, Ca e Mg na linha e na entrelinha do plantio, no solo em florestas de <i>Eucalyptus benthamii</i> , aos 12 meses após a aplicação dos tratamentos, localizada em Palmeira/SC.	40
Tabela 9 - Teores médios de P, K, Ca e Mg na linha e na entrelinha do plantio, no solo em florestas de <i>Eucalyptus benthamii</i> , aos 18 meses após a aplicação dos tratamentos, localizada em Palmeira/SC.	41
Tabela 10 - Teores médios de N, P, K, Ca e Mg nas folhas em florestas de <i>Eucalyptus benthamii</i> , aos 6 e 12 meses após a aplicação dos tratamentos, localizada em Palmeira/SC.....	42
Tabela 11 - Média dos macronutrientes na serapilheira em florestas de <i>Eucalyptus benthamii</i> , aos 6, 12 e 18 meses após a aplicação dos tratamentos, localizada em Palmeira/SC.....	44
Tabela 12 - Densidade do dossel (%) em florestas de <i>Eucalyptus benthamii</i> , aos 6, 12 e 18 meses após a aplicação dos tratamentos, localizada em Palmeira/SC.	46

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	HIPÓTESE	18
1.2	OBJETIVOS	18
1.1.1	Objetivo Geral	18
1.1.2	Objetivos Específicos	18
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1	GÊNERO <i>Eucalyptus</i>	20
2.2	<i>Eucalyptus benthamii</i> Maiden et Cambage	21
2.3	CRESCIMENTO FLORESTAL	22
2.4	ADUBAÇÃO FLORESTAL	23
2.5	RETORNO DE NUTRIENTES	25
2	MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	28
3.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS	29
3.3	AVALIAÇÕES	30
2.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA	32
3	RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
4.1	VARIÁVEIS DENDOMÉTRICAS	34
4.2	ANÁLISE NUTRICIONAL NO SOLO	37
4.3	TEOR FOLIAR DE NUTRIENTES	41
4.4	CICLAGEM DE NUTRIENTES NA SERAPILHEIRA	43
4.5	DENSIDADE DO DOSSEL	46
5	CONCLUSÕES	48
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
	APÊNDICES	57

1 INTRODUÇÃO

O gênero *Eucalyptus* necessita de suprimento adequado de fósforo (P) e cálcio (Ca) para seu estabelecimento, por isso, adubações com esses nutrientes são executadas no plantio da espécie. Normalmente, após o estabelecimento do plantio florestal, não é recomendada adubação complementar com esses nutrientes.

A cultura do eucalipto é conhecida pela sua resposta positiva à adubação, principalmente fosfatada. Como a dinâmica dos nutrientes e respostas das plantas à adubação é variável conforme o tipo de solo, clima regional e espécie florestal, as doses de fertilizantes e manejo da adubação devem ser ajustadas localmente. Contudo, poucos trabalhos de pesquisa foram desenvolvidos na região do Planalto Sul Catarinense visando ajustar os programas de adubação à realidade local. Assim, a maioria das recomendações são baseadas em trabalhos de pesquisa desenvolvidos em outras regiões do Brasil, principalmente as tropicais, e podem não ser completamente adequadas para a realidade local.

É bastante conhecida a necessidade de adubação do eucalipto durante o ano de implantação do plantio florestal e que normalmente não há necessidade de adubações complementares após o primeiro ano. Contudo, trabalhos recentes desenvolvidos na região do Planalto Sul Catarinense apontam para uma possível resposta da adubação com P e/ou Ca durante o terceiro ano de crescimento, necessitando a instalação de pesquisa para avaliar a pertinência desta técnica.

O estudo conduzido por DIAS (2016), demonstra que as espécies *Eucalyptus dunni* e *Eucalyptus benthamii* apresentam resposta a doses de até 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ nos dois primeiros anos. Contudo, a aplicação de doses de até 300 kg ha⁻¹ resultou em elevado incremento no volume de madeira a partir do terceiro ano. Isso pode indicar a necessidade de uma adubação inicial para suprir a demanda na implantação do plantio florestal e uma adubação complementar, ao terceiro ano, para suprir a demanda do povoamento durante todo o ciclo.

Ainda, segundo DIAS (2016), a adubação fosfatada foi realizada utilizando-se superfosfato triplo, o qual contém, além de P, 16% de Ca, sendo que a resposta pode ter sido devida a esse último nutriente, já que a demanda das plantas é relativamente grande e os solos da região são naturalmente pobres em bases trocáveis. Considerando então que os solos do Planalto Sul Catarinense apresentam baixa disponibilidade de Ca e P, e que há a possibilidade de resposta a esses nutrientes durante todo o ciclo, torna-se fundamental investigar a necessidade de inclusão dessa adubação complementar nos programas de manejo regionais.

1.1 HIPÓTESE

Os plantios florestais de *Eucalyptus benthamii*, no terceiro ano de idade, apresentam maior incremento em volume de madeira, quando submetidos à aplicação de fósforo e/ou cálcio.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar a resposta de *Eucalyptus benthamii* aos três anos de idade à uma adubação complementar fosfatada e/ou cálcica.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o efeito da adubação no incremento corrente anual (ICA) e incremento volumétrico médio anual (IMA);
- Avaliar os teores de cálcio e fósforo no solo e no tecido foliar após a adubação com esses nutrientes;
- Avaliar o retorno desses nutrientes para o solo via resíduos vegetais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 GÊNERO *Eucalyptus*

Pertencente à família das *Myrtaceae* e originário da Austrália, é difícil precisar quando o eucalipto foi implantado no Brasil. Relatos históricos datam entre 1824 a 1870 à constatação das primeiras árvores, ocorrendo no Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro e em São Paulo (MORA & GARCIA, 2000).

No estado de São Paulo, período de 1905 a 1915, Edmundo Navarro de Andrade implantou experimentos com gênero *Eucalyptus*, sob a tutela da Companhia Paulista de Estradas de Ferro (FERREIRA e SANTOS, 1997). Foi nesta época que os estudos sobre a cultura tiveram início em vários estados brasileiros. A partir do século XX passou a ser a espécie florestal mais plantada no mundo (MORA & GARCIA, 2000).

O Brasil é destaque no cenário mundial, sendo um dos maiores produtores de celulose e carvão vegetal derivado do eucalipto. Mas o eucalipto também é uma árvore produtora de madeira de boa qualidade e de vários subprodutos (IBÁ, 2017). Foram e estão sendo obtidos ganhos de produção significativos para o gênero por meio da utilização de técnicas silviculturais adequadas, preparo e fertilização de solo, combate a pragas e doenças e melhoramento genético, com plantios de variedades puras ou híbridas, bem como a clonagem de materiais, as quais mantêm as características favoráveis e aumento da homogeneidade dos povoamentos (HIGASHI et al., 2000).

As espécies mais utilizadas, em função das características de suas madeiras, são: *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus viminalis*, híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. Na região Sul, destacam-se com potencial de utilização as espécies *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus benthamii*, devido a sua maior adaptabilidade a climas frios e tolerância a geadas (SANTAROSA et al., 2014).

O gênero *Eucalyptus* apresenta excelente potencial para produção de madeira, em função de sua diversidade, adaptabilidade, alta produtividade e características físico-mecânicas (SILVEIRA & GAVA, 2004). Permite inúmeras utilizações: das folhas, extraem-se óleos essenciais empregados em produtos de limpeza e alimentícios, em perfumes e até em remédios; a casca oferece tanino, usado no curtimento de couro; o tronco oferece madeira para sarrafos,

lambris, vigas, postes, esteios para minas, mastros para barco, tábuas para embalagens e móveis; sua fibra é utilizada como matéria-prima para a fabricação de papel e celulose (VIVIAN, 2015).

Os plantios de eucalipto ocupam 5,6 milhões de hectares da área de árvores plantadas do País e estão localizados, principalmente, em Minas Gerais (24%), em São Paulo (17%) e no Mato Grosso do Sul (15%). Nos últimos cinco anos, o crescimento da área de eucalipto foi de 2,8% a.a. O Mato Grosso do Sul se destaca com o plantio de 450 mil hectares nos últimos cinco anos (IBÁ, 2017).

2.2 *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage

O *E. benthamii*, cujo nome comum “Camden White Gum” deriva da cidade de Camden, apresenta distribuição natural no litoral oriental de New South Wales, Austrália (HALL & BROOKER, 1973). Embora essa espécie faça parte do mesmo grupo botânico que o *Eucalyptus viminalis*, ela apresenta características distintas, como preferências por solos férteis. Essa característica tornou-a vulnerável com a expansão da fronteira agrícola e foi considerada uma espécie em ameaça de extinção (HIGA & PEREIRA, 2003).

Na região de ocorrência natural, ocorre preferencialmente nas margens de rios, com altitudes variando de 0 a 100 m. Os solos são rasos a moderadamente profundos (<100 cm) e bem drenados, com valores de pH variando de 5,5 a 6,5. Apresenta melhor desenvolvimento em Neossolos Flúvicos (solos aluviais). As árvores podem atingir até 40 metros de altura com longevidade de até 200 anos, possui casca lisa, apresenta inflorescência branca entre março e maio, sua cápsula apresenta entre 4 e 5 mm de comprimento com dispersão das sementes entre junho e dezembro (BENSON & McDOUGALL, 1998).

No Brasil as primeiras populações de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage foram plantadas em 1988 pela Embrapa Florestas, em Colombo - PR (GRAÇA et al., 1999), e tem sido cultivada comercialmente em Santa Catarina nas regiões de clima mais frio (DIAS, 2016).

Segundo Paludzyszyn Filho et al. (2006), a temperatura mínima absoluta que o *Eucalyptus benthamii* pode suportar é de até -6°C, podendo apresentar alterações adaptativas, comprovando dessa forma se tratar de uma espécie tolerante a geadas severas.

Os danos causados pela geada permanecem claramente visíveis, quer seja por tortuosidade leve a acentuada, pela presença de ramos grossos ou quebras de fuste. Embora a

planta retome o crescimento, esse tipo de dano provoca lesões que favorecem a entrada de pragas e/ou doenças (HIGA et al., 2000b).

A qualidade da madeira do *E. benthamii* indicam o uso potencial da espécie para lenha, carvão e celulose, não sendo aconselhado para serraria, pois além das rachaduras do topo das toras e tábuas, apresenta empenamento e rachaduras internas durante a secagem, com índices elevados de contração volumétrica e de coeficiente de anisotropia, mesmo em condições amenas de secagem em temperatura ambiente e à sombra. (HIGA & PEREIRA, 2003).

2.3 CRESCIMENTO FLORESTAL

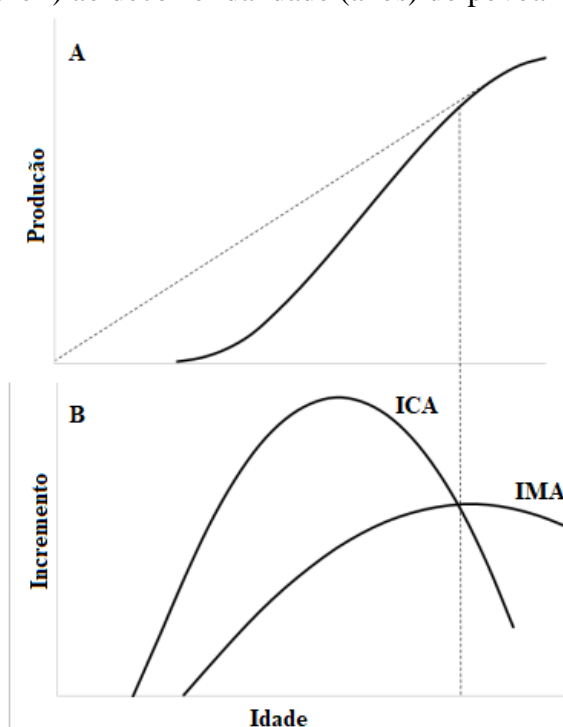
Em um plantio florestal, o crescimento equivale à mudança nos atributos do povoamento, engrossamento e alongamentos de raízes, tronco e galhos e aumento de folhas, resultando em mudanças no volume e forma da árvore, em um determinado período (SCOLFORO, 1998). O crescimento, neste caso, é o conceito biológico da taxa de produção e a produção é o total acumulado em um período estabelecido. Este crescimento é definido como IC (incremento corrente) e corresponde ao valor do aumento da produção em um tempo determinado, geralmente em um ano (DAVIS & JOHNSON, 1987).

O termo curva de crescimento remete às curvas sigmoidais (Figura 1 - A) que representam o comportamento que as dimensões medidas têm no tempo. Nesta curva podem ser observadas três fases de desenvolvimento do povoamento; fase juvenil, que vai até o ponto de inflexão da curva; fase de maturidade, do ponto de inflexão até o ponto de máxima tangência; e fase de senescência, que vai do ponto tangência em diante (ASSAMANN, 1970; FINGER, 1992; CATERINA, 2017).

As curvas de incremento corrente anual (ICA), que relaciona à quanto a floresta cresceu em um determinado ano e incremento médio anual (IMA), que relaciona ao crescimento médio por ano no fim de um ciclo (Figura 1 - B) são usadas como uma base importante no manejo florestal (ASSAMANN, 1970; CATERINA, 2017). A curva de ICA demonstra alcançar um ponto máximo na fase juvenil do povoamento, coincidindo com o ponto de inflexão da curva de crescimento acumulado. Já a curva de IMA atinge seu máximo mais tarde no tempo e é interceptada pela curva de ICA em seu valor máximo. A partir do ponto de máximo IM, ambas as curvas são decrescentes, caracterizando a fase de senescência ou declínio. O ponto de intercepção das duas curvas corresponde ao ponto de máxima

tangência na curva de produção, indicando a idade de máxima produtividade biológica (no caso de florestas equiâneas), que pode ser definida como idade de rotação de uma floresta (MACHADO, 2012; CATERINA, 2017).

Figura 1 - (A) Curva de produção (m^3) e incremento (m^3), demonstrando comportamento sigmoidal, (B) as Curvas de ICA (incremento corrente anual – $m^3 ha^{-1} ano^{-1}$) e IMA (incremento médio anual – $m^3 ha^{-1} ano^{-1}$) ao decorrer da idade (anos) do povoamento.



Fonte: CATERINA, G. L. 2017.

Determinar a idade ótima de corte através deste critério implica, portanto, no corte da floresta quando esta atingir a idade de máximo IMA. Justifica-se o emprego deste método se considerarmos que ao longo de várias rotações florestais estaremos, em média, extraindo o maior volume possível (RODRIGUES, 1991).

2.4 ADUBAÇÃO FLORESTAL

Os plantios de *Eucalyptus* concentram-se normalmente em solos de baixa fertilidade natural (SMETHURST, 2010), e possuem relevantes acréscimos em produtividade, quando aplicados fertilizantes minerais e corretivos (FARIA et al., 2008).

A necessidade de adubação em espécies florestais provém de que nem sempre o solo é capaz de fornecer todos os nutrientes em quantidade que as plantas necessitam para o adequado crescimento, sendo que a quantidade depende das necessidades nutricionais, da fertilidade do

solo, reação dos adubos com o solo e da eficiência dos adubos. A correta nutrição em plantios de eucalipto é essencial para o estabelecimento de florestas de alta produtividade (GONÇALVES, 1995).

O eucalipto é uma espécie florestal tolerante à acidez do solo, ou seja, apresenta bom crescimento mesmo em solos com alta acidez trocável e ativa (NOVAIS et al., 1990), sendo, portanto, dispensável a calagem com o objetivo de corrigir a acidez do solo (BARROS & NOVAIS, 1999; CQFS-RS/SC, 2016). Por outro lado, para obtenção de produtividades em torno de $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, o eucalipto acumula na parte aérea cerca de 420 kg ha^{-1} de Ca, desde o plantio até a colheita, a qual ocorre por volta de 6 a 7 anos de idade quando tem por finalidade a produção de celulose (VIEIRA, 2013). Por isso, o calcário pode ser utilizado com o objetivo do suprimento de cálcio para as plantas.

A adubação é uma atividade indispensável e considerada um dos fatores mais importantes para garantir incrementos satisfatórios em volume (ASSENHEIMER, 2009), bem como o estabelecimento de florestas de eucalipto de alta produtividade (SILVA et al., 2004). O eucalipto responde à adubação (NPK) e, em alguns casos, é necessária a adubação com boro e zinco (CQFS-RS/SC, 2016), sendo que para a maioria dos solos brasileiros a adubação com fósforo é essencial (MORA & GARCIA, 2000). As estratégias de manejo da fertilidade do solo para o aumento da disponibilidade do P para as plantas podem se valer da escolha de fontes mais adequadas do nutriente e/ou pela calagem, entre outras (NOVAIS & SMYTH, 1999).

O P é o principal nutriente que confere caráter distinto às espécies de eucaliptos em relação ao crescimento e à eficiência nutricional (FURTINI NETO, 1994). Segundo Ernani et al. (2000), a adubação fosfatada é primordial, pois eleva o rendimento das culturas, principalmente onde predominam solos extremamente ácidos e deficientes P. Na planta, o P participa da estrutura de macromoléculas como os fosfolipídios de membranas celulares, ésteres de carboidratos e ácidos nucleicos (ácidos desoxirribonucleicos (DNA) e ribonucleicos (RNA), que contém o código genético das plantas) (TAIZ & ZEIGER, 2013; SILVEIRA & GAVA, 2004).

Por apresentar elevada capacidade de adsorção aos colóides do solo e baixos teores naturais, o P é considerado um dos nutrientes mais limitantes na produção do eucalipto (BARROS & NOVAIS, 1996).

Os primeiros estudos sobre nutrição e fertilização para a cultura do eucalipto no Brasil datam do final da década de 70, e mesmo para as produtividades obtidas naquela época, essa espécie florestal já se mostrava responsiva a aplicação de calcário e gesso, que normalmente

são responsáveis pelo suprimento de Ca (BARROS et al., 1990). Porém, acredita-se que, apenas pequena parte do Ca aplicado é absorvida pelo eucalipto em um ciclo florestal, ou seja, baixas taxas de recuperação desse nutriente têm sido constatada e comumente se encontram plantas com baixos teores de Ca no tecido foliar (MARTINS et al., 2007).

Segundo estimativas feitas pelo software NUTRICALC® - versão generalista, a quantidade de Ca acumulada na parte aérea até o 7º ano é de 416 kg ha⁻¹ de Ca, em povoamentos com produtividade da ordem de 50 m³/ha/ano. Considerando os solos de regiões tropicais, como os de cerrado, bem desenvolvidos e com baixos teores de Ca, há, portanto, a necessidade de fornecer esse nutriente via corretivos e, ou, fertilizantes. Devido ao menor custo, tem sido dada preferência à aplicação de calcários com o objetivo principal de fornecer Ca e Mg às plantas (RODRIGUES et al., 2016).

De acordo com Barros et al. (1990), de modo geral, depois do nitrogênio, o Ca é o nutriente mais absorvido pela maioria das espécies de eucalipto cultivadas no Brasil, justificando a aplicação de gesso para a promoção da movimentação de cálcio e enxofre no perfil do solo e melhora o ambiente para o crescimento radicular (CAIRES et al., 2004; CAMILO, 2007; SOBRAL et al., 2009; NEIS et al., 2010; RODRIGUES et al., 2016).

Com a adoção do sistema de cultivo mínimo na área florestal, que se constitui do preparo localizado apenas na linha ou na cova de plantio, a aplicação do calcário passou a ser feita, na maioria dos casos, na superfície do solo em área total e sem incorporação (RODRIGUES et al., 2016). Porém, comumente têm sido encontrados povoamentos de eucalipto com baixos teores de Ca nas folhas (MARTINS et al., 2007).

A fertilização de manutenção tem sido realizada quando a fertilização no estabelecimento não atende às necessidades crescentes das plantas ao longo da rotação (VIEIRA et al., 2016). As espécies e genótipos de eucalipto podem apresentar exigências nutricionais diferenciadas em relação ao seu crescimento e este comportamento pode ser distinto de acordo com a região onde são produzidas. Com base nestas informações e o conhecimento nutricional das espécies, se faz necessário avaliar o potencial de resposta das mesmas à adubação (DIAS, 2016).

2.5 RETORNO DE NUTRIENTES

A ciclagem da liteira florestal se dá via produção de serapilheira. Na dinâmica de uma floresta, a serapilheira funciona como um indicador de entradas e saídas de nutrientes e matéria

orgânica do sistema florestal, formando a camada mais superficial do solo, composta por folhas, ramos, órgãos reprodutivos e detritos (COSTA et al., 2010).

O processo de decomposição e liberação de nutrientes é composto por três fases, segundo Dutta & Agrawal (2001): a primeira fase, na qual ocorre liberação rápida de nutrientes através da lixiviação; a segunda fase é de imobilização do nutriente, que pode começar logo após a lixiviação ou quando inicia a perda de massa da serapilheira, e na terceira fase, ocorre a liberação absoluta de nutrientes e a decomposição final da serapilheira.

Num ecossistema florestal, nativo ou plantado, a quantidade de nutrientes é determinada pelo conteúdo destes nos diferentes compartimentos das árvores (folhas, ramos, cascas, frutos e madeira), sub-bosque, solo e animais. Cada compartimento de uma árvore apresenta diferentes teores de elementos químicos em seus tecidos, geralmente observa-se um gradiente de teores de nutrientes com a seguinte tendência: folha > casca > ramo > lenho (SCHUMACHER, 1992; CORRÊA, 2011).

A serapilheira depositada ao solo durante o ciclo da floresta é um fator importante a ser considerado na manutenção da produtividade do sítio. Na serapilheira depositada na superfície do solo são acumuladas quantidades significativas de nutrientes, que após a sua decomposição, retornam ao solo e são absorvidos novamente pelas árvores. A quantidade de nutrientes disponibilizados é função da velocidade de decomposição dos resíduos, que por sua vez depende, dentre outros fatores, da composição da serapilheira, da quantidade de água da chuva, da temperatura e da qualidade do sítio (FERREIRA, 1993; REISSMANN & WISNIEWSKI, 2000; BELLOTE et al, 2008).

A absorção dos nutrientes pelas árvores é influenciada pela espécie, pela cobertura florestal e pelas condições de solo e clima. Em princípio, a absorção anual de nutrientes pela maioria das espécies florestais é da mesma ordem da apresentada pelas culturas agrícolas, mas como a maior parte dos nutrientes absorvidos é devolvida para o piso florestal, quantidades relativamente pequenas são retidas no acréscimo anual da biomassa arbórea (PRITCHETT, 1979).

A compreensão do ciclo dos nutrientes (velocidade de fluxo, entradas e saídas, interação solo-planta, distribuição nos componentes da parte aérea e do sistema radicular ao longo do tempo) é fundamental para a definição de tecnologias de manejo florestal, particularmente na definição de dose, método e época de aplicação de fertilizantes (GONÇALVES et al., 2005; CORRÊA, 2011).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O experimento foi implantado em um povoamento florestal com dois anos e seis meses de idade, da espécie de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. A área está localizada no município de Palmeira, Santa Catarina, pertencente à empresa Klabin S.A., na fazenda denominada “Barra Grande”. O clima da região é Cfb – temperado (mesotérmico úmido e verão ameno) segundo a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013). Possui altitude média de 886 metros e coordenadas geográficas de latitudes e longitudes, 27°31'38"S e 50°13'23"W.

O solo do experimento é um Cambissolo Húmico, onde anteriormente, a área foi utilizada para o cultivo de *Pinus taeda*, o qual se encontrava no terceiro ciclo de plantio.

A caracterização química do solo na camada de 0,0 a 20 cm antes da aplicação dos tratamentos está apresentada na Tabela 1, sendo caracterizado segundo metodologia proposta por Tedesco et al. (1995).

Tabela 1 - Características químicas médias da camada de 0,0 - 20 cm do Cambissolo Húmico antes da aplicação dos tratamentos no plantio de *Eucalyptus benthamii*, localizada em Palmeira/SC.

ATRIBUTOS	VALORES
Argila (%)	34
Matéria orgânica (%)	4,5
pH em H ₂ O	4,6
Índice SMP	4,8
Ca trocável (cmolc dm ³)	1,56
Mg trocável (cmolc dm ³)	0,46
Al trocável (cmolc dm ³)	9,8
P disponível (mg dm ³)	5,52
K disponível (mg dm ³)	41
CTC efetiva (cmolc dm ³)	11,9
CTC pH 7,0 (cmolc dm ³)	25,3
Saturação por bases (%)	9,4
Saturação por alumínio (%)	82,3

Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

Argila – teor de argila expresso em %; MO – teor de matéria orgânica expresso em %; SMP – pH pelo índice SMP; Ca, Mg e Al – teores de cálcio, magnésio e alumínio trocáveis expressos em cmolc dm³; P – teor de fósforo disponível expresso em mg dm³; K – teor de potássio disponível expresso em mg dm³; CTCefetiva - capacidade de troca de cátions efetiva expressa em cmolc dm³; CTCpH 7,0 – capacidade de troca de cátions a pH 7,0 expressa em cmolc dm³; Saturação por bases, valores expressos em %; m, Saturação por alumínio, valores expressos em %.

Antes do plantio foi realizada uma subsolagem mecanizada de até 40 cm de profundidade na linha do plantio, calagem (2 t ha⁻¹) e fosfatagem (250 kg ha⁻¹). Durante o

plantio foi realizada a adubação de base com 333 kg ha⁻¹ de NPK (04-26-06), aos três meses uma adubação complementar com 250 kg ha⁻¹ (15-00-30) e aos 12 meses, 250 kg ha⁻¹ (10-05-30). O plantio florestal foi implantado com *E. benthamii* (clone 116), sem aplicação de gel, em espaçamento de 3 x 2,5 m, em dezembro de 2014.

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

Os tratamentos foram arranjados em delineamento experimental em blocos casualizados com três repetições, considerando parcela útil formada por 64 plantas, distribuídas em oito linhas (480 m²) e bordadura composta por duas fileiras.

Figura 2 - (A) e (B) Aplicação dos tratamentos nas parcelas.



Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

Os tratamentos utilizados no trabalho foram: (1) superfosfato triplo (SFT), na dose de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅; (2) calcário, na dose de 17,2 kg ha⁻¹ de Ca (quantidade equivalente ao Ca aplicado via SFT no tratamento 1); (3) calcário dolomítico, na dose de 1,0 t ha⁻¹ (266 kg ha⁻¹ de Ca); (4) calcário (1,0 t ha⁻¹) + 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅; (5) gesso, na dose de 1,0 t ha⁻¹; (6) gesso (1,0

t ha⁻¹) + 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅; (7) testemunha sem fertilização (Figura 2). Os tratamentos foram aplicados a lanço na projeção da copa das árvores.

O SFT utilizado tinha 46% de P₂O₅, o calcário possuía um PRNT (Poder Relativo de Neutralização Total), de 95%.

3.3 AVALIAÇÕES

As avaliações dendrométricas foram realizadas no momento da instalação do experimento, aos 6, 12, e 18 meses, a partir da aplicação dos tratamentos. Foram coletados dados de altura (m) como auxílio do aparelho TruPulse 200 e CAP - circunferência a altura de 1,30 (cm), com fita métrica, a fim de estimar o volume de madeira (m³), utilizando a equação genérica: volume = altura*área basal*fator de forma (0,35).

Os cálculos realizados para determinação do incremento corrente anual (ICA) e do incremento médio anual (IMA), descritos por Rodrigues (1991), sendo: ICA = Volume anual – volume do ano anterior e IMA = Volume anual / idade do povoamento.

As avaliações nutricionais das plantas foram realizadas por análise dos teores dos nutrientes, no solo e serapilheira, aos 6, 12 e 18 meses, nas folhas aos 6 e 18 meses após a aplicação dos tratamentos.

As amostras de solo foram coletadas com trado holandês na camada de 0 - 20 cm de profundidade, sendo coletadas 20 amostras por parcela, 10 na linha e 10 na entrelinha do plantio. O solo foi devidamente homogeneizado em recipiente limpo e retirado uma amostra de mais ou menos 300 g, sendo levada para secagem em estufa de circulação de ar a 65°C por sete dias, após foram moídas e passadas em peneira com malha de 2 mm, para determinação de pH H₂O, pH SMP, matéria orgânica (MO), alumínio (Al) (APÊNDICE A e B), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), conforme a metodologia de Tedesco et al. (1995).

As coletas dos dados de retorno dos nutrientes via resíduos vegetal (folhas, cascas, ramos, fruto e flores), foram realizadas através de 63 coletores (três coletores por parcela), de 0,1632 m² confeccionados em caixa plástica e tela de nylon (malha 2 mm), suspensos cerca de 28 cm do solo e dispostos na parcela (Figura 3). O material interceptado foi recolhido a cada dois meses e os coletores eram redistribuídos aleatoriamente.

Figura 3 - Aspecto do coletor de serapilheira no experimento utilizado no estudo.



Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

As análises das folhas foram realizadas pela coleta de folhas jovens, completamente desenvolvidas (4º, 5º e 6º folhas, totalizando 10 folhas por árvore), da parte mediana da copa, dos quatro quadrantes em um total de 10 árvores localizadas no centro de cada parcela.

As amostras de resíduo vegetal e as folhas foram secas em estufa de circulação de ar a 65 °C, moídas e submetidas à digestão sulfúrica em bloco digestor a 375 °C após a adição de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e ácido sulfúrico (H_2SO_4), segundo Tedesco et al. (1995). Posteriormente foi determinado N, P, K, Ca e Mg. O teor de N total foi determinado por destilação de Kjeldahl (TEDESCO et al., 1995). Para determinar a concentração de P, utilizou-se a metodologia de Murphy e Riley (1962). O K foi determinado por fotometria de chama, enquanto Ca e Mg foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica.

As coletas dos dados para estimar a densidade do dossel foram realizadas aos 6, 12 e 18 meses, após a aplicação dos tratamentos. As medições foram feitas a 1,30m do solo, em 10 árvores, nas direções norte, sul, leste e oeste, no centro de cada parcela, com densiômetro esférico modelo A, fabricado com um espelho convexo que tem a finalidade de refletir a copa das árvores para quantificar a densidade do dossel de uma floresta. Possui gravado em sua superfície 24 quadrados de 1/4'' X 1/4'' que de forma subjetiva pelo observador deve ser subdividido em 4 quadrados menores de 1/8'' X 1/8'', totalizando 96 quadrados que podem ser contados (Densiometer©, 1989).

3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados das análises de solo, folha, densidade do dossel, inventário florestal e retorno de nutrientes via resíduos vegetais foram submetidos a testes de homogeneidade e normalidade dos dados, efetuou-se o teste de Bartlett e Shapiro-Wilk (nível de significância de 5%). Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva, análise de variância (ANOVA) e ao teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). As análises foram conduzidas usando os softwares Sisvar 5,6 e programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2013).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 VARIÁVEIS DENDROMÉTRICAS

Os valores médios para diâmetro a altura do peito – DAP em centímetros, não apresentaram diferença significativa para os tratamentos aplicados. Sendo que aos dois anos e meio a média foi de 12,23 cm, com três anos 13,53 cm e com três anos e meio 14,85 cm e com quatro anos 15,26 cm (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores de diâmetro a altura do peito (DAP) em floresta de *Eucalyptus benthamii*, com diferentes idades, aos 0, 6, 12 e 18 meses após a aplicação dos tratamentos, localizado em Palmeira/SC.

Tratamentos	DAP (cm) 2,5 anos	DAP (cm) 3 anos	DAP (cm) 3,5 anos	DAP (cm) 4 anos
T1	12,25 ^{NS}	13,71 ^{NS}	15,11 ^{NS}	15,54 ^{NS}
T2	11,64	12,95	14,32	14,72
T3	12,21	13,57	14,75	15,12
T4	11,39	12,64	14,07	14,49
T5	12,75	14,26	15,64	16,07
T6	12,72	13,76	15,01	15,38
T7	12,63	13,83	15,03	15,48
Média	12,23	13,53	14,85	15,26
CV (%)	5,10	5,80	5,78	5,58
Erro Padrão	0,3603	0,4531	0,4952	0,4914

Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

*NS = não significativo entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância ($p < 0,05$).

A Tabela 3 apresenta os dados de altura total em metros. Esta não apresentou diferença significativa para os tratamentos aplicados, sendo que com dois anos e meio a média foi de 10,4 m, com três anos 11,1 m, com três anos e meio 13,3 m e com quatro anos 16,8 m. No município de Dois Vizinhos, estado do Paraná, a altura e o diâmetro médio observado para um plantio florestal aos quatro anos de idade foram de 16,3 m e 15,13 cm, semelhantes aos resultados encontrados nesse trabalho (HIGA & CARVALHO, 1990).

Tabela 3 - Valores de altura (h) em floresta de *Eucalyptus benthamii*, com diferentes idades, aos 0, 6, 12 e 18 meses após a aplicação dos tratamentos, localizado em Palmeira/SC.

Tratamentos	h (m) 2,5 anos	h (m) 3 anos	h (m) 3,5 anos	h (m) 4 anos
T1	10,5 ^{NS}	11,1 ^{NS}	13,1 ^{NS}	16,9 ^{NS}
T2	10,2	11,0	13,2	16,8
T3	10,7	11,2	13,3	16,6
T4	10,1	10,9	13,1	16,9
T5	10,9	11,5	13,5	17,0
T6	10,0	11,1	13,5	16,9
T7	10,3	10,9	13,4	16,5
Média	10,4	11,1	13,3	16,8
CV (%)	4,10	2,57	3,45	3,18
Erro Padrão	0,2462	0,1649	0,2647	0,3095

Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

*NS = não significativo entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância ($p < 0,05$).

A tabela 4 não apresentou diferença significativa para os valores de volume por hectare nos tratamentos aplicados. Sendo que aos dois anos e meio a média foi de 49,1 m³ ha⁻¹ (momento da instalação dos tratamentos) e aos três anos (seis meses após a aplicação) foi de 63,3 m³ ha⁻¹. Já aos três anos e meio 89,0 m³ ha⁻¹ e aos quatro anos, 120,0 m³ ha⁻¹ (doze e dezoito meses após a aplicação).

Tabela 4 - Valores de volume por hectare (V/ha) em floresta de *Eucalyptus benthamii*, com diferentes idades, aos 0, 6, 12 e 18 meses antes e após a aplicação dos tratamentos, localizado em Palmeira/SC.

Tratamentos	V (m ³ ha ⁻¹) 2,5 anos	V (m ³ ha ⁻¹) 3 anos	V (m ³ ha ⁻¹) 3,5 anos	V (m ³ ha ⁻¹) 4 anos
T1	48,4 ^{NS}	62,7 ^{NS}	90,2 ^{NS}	123,4 ^{NS}
T2	46,4	60,4	86,2	116,6
T3	51,0	65,6	90,0	119,9
T4	41,5	54,3	79,2	108,0
T5	52,6	67,7	91,9	124,4
T6	51,1	65,9	92,7	124,4
T7	52,1	65,8	92,3	122,5
Média	49,1	63,3	89,0	120,0
CV (%)	9,22	10,21	9,54	9,83
Erro Padrão	2,6113	3,7283	4,8995	6,7798

Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

*NS = não significativo entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância ($p < 0,05$).

O somatório do volume de madeira (m³) nos tratamentos durante as quatro idades estudadas, apresentou uma média de 7,1 m³ aos dois anos e meio, 9,1 m³ com três anos, 12,8

m³ com três anos e meio e 17,2 m³ aos quatro anos. Apresentando uma média de crescimento de 8 m³ para todos os tratamentos, durante o período de análise (APÊNDICE C e D).

Não ocorreu diferença significativa para os valores de incremento médio anual (IMA), com os tratamentos testados, durante os períodos estudados (Tabela 5).

Tabela 5 - Valores de incremento médio anual (IMA) em floresta de *Eucalyptus benthamii* com diferentes idades, aos 0, 6, 12 e 18 meses antes e após a aplicação dos tratamentos, localizado em Palmeira/SC.

Tratamentos	IMA (m ³ ha ⁻¹) 2,5 anos	IMA (m ³ ha ⁻¹) 3 anos	IMA (m ³ ha ⁻¹) 3,5 anos	IMA (m ³ ha ⁻¹) 4 anos
T1	19,37 ^{NS}	20,91 ^{NS}	25,78 ^{NS}	30,87 ^{NS}
T2	18,57	20,16	24,65	29,15
T3	20,42	21,89	25,73	29,98
T4	16,62	18,12	22,65	27,01
T5	21,04	22,58	26,26	31,11
T6	20,44	21,99	26,49	31,09
T7	20,88	21,94	26,38	30,63
Média	19,62	21,08	25,42	29,97
CV (%)	9,23	10,21	9,55	10,03
Erro Padrão	1,0454	1,2425	1,4013	1,7358

Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

*NS = não significativo entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância (p<0,05).

No município de Eunápolis, Bahia, em um plantio florestal *Eucalyptus urophylla* x *grandis*, a altura, DAP e IMA observados para as idades de três anos foram de 24,6 m, 16,3 cm, e 64,5 m³ h⁻¹ ano⁻¹, respectivamente, e aos quatro anos foram de 26,4 m, 17,6 cm e 63,7 m³ h⁻¹ ano⁻¹, respectivamente (GIUNTI NETO et al. 2015).

Não ocorreu diferença significativa para os valores de incremento corrente anual (ICA), com os tratamentos testados, durante o período estudado (Tabela 6).

Na região do Planalto Sul Catarinense, cidade de Otacílio Costa, no terceiro ano para o *Eucalyptus benthamii* foi registrado ICA e IMA de 52,40 e 32,31 m³ ha ano⁻¹, sendo que no quarto ano foram registrados ICA e IMA de 137,95 e 58,72 m³ ha ano⁻¹, respectivamente. Para o *Eucalyptus dunnii*, o ICA e IMA foram de 50,30 e 27,95 m³ ha ano⁻¹ e 134,83 e 54,67 m³ ha ano⁻¹, no mesmo período (DIAS. 2016).

Para ambas as espécies (*Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii*) do primeiro até o terceiro ano, o ICA e o IMA tiveram incrementos semelhantes, mas do terceiro para o quarto ano de cultivo houve um pico de crescimento volumétrico coincidindo com uma maior demanda de P pelas plantas (DIAS. 2016).

Tabela 6 - Valores de incremento corrente anual (ICA) em floresta de *Eucalyptus benthamii* após a aplicação dos tratamentos, localizado em Palmeira/SC.

Tratamentos	ICA (m ³ ha ⁻¹)	ICA (m ³ ha ⁻¹)
	3,5 anos	4 anos
T1	41,82 ^{NS}	60,73 ^{NS}
T2	39,84	56,14
T3	39,01	54,23
T4	37,71	53,66
T5	39,30	56,71
T6	41,61	58,41
T7	40,14	56,68
Média	39,91	56,65
CV (%)	27,70	11,90
Erro Padrão	6,0955	3,8942

Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

*NS = não significativo entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância ($p < 0,05$).

De um modo geral, os tratamentos não alteraram significativamente o incremento das variáveis dendrométricas medidas durante o período de avaliação.

Apesar dos resultados obtidos no trabalho conduzido por DIAS (2016) terem demonstrado que o *Eucalyptus benthamii* apresentou resposta a doses de até 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ nos dois primeiros anos, há que se ressaltar que a aplicação de doses de até 300 kg ha⁻¹ resultou em incremento no volume de madeira a partir do terceiro ano. Isso sugeria a necessidade de uma adubação complementar no terceiro ano. Os resultados desse trabalho só confirmam a necessidade de uma adubação, realizada na fase inicial, para suprir a demanda do plantio por todo o ciclo de produção, principalmente quando se realiza adubação com fosfato natural (FN).

No presente trabalho, o uso de 2 t ha⁻¹ adiciona mais Ca que o necessário para todo o ciclo da cultura, não sendo esperado resposta a esse nutriente. Contrariamente, no trabalho de Dias (2016), não foi realizada a aplicação de calcário ao início do experimento, justificando uma possível resposta ao cálcio.

4.2 ANÁLISE NUTRICIONAL NO SOLO

A Tabela 7 apresenta os valores médios para P, K, Ca e Mg, na linha e na entrelinha de plantio, aos seis meses após a aplicação dos tratamentos. Não houve diferença significativa na linha e na entrelinha, para o P e K. O coeficiente de variação (CV) foi alto, pois o P é imóvel no solo, sendo que qualquer resíduo do fertilizante produz uma variação, contribuindo para o alto CV.

Os valores médios de P na linha e entrelinha foram de 37,52 e 9,10 mg dm⁻³, sendo classificados como muito alto e alto, segundo os limites de interpretação de teores de nutrientes disponíveis no solo estabelecido pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC (2016). Os teores de P também foram altos na linha do plantio no T7 (sem fertilização), pois quando foi implantado o povoamento, realizou-se uma subsolagem e aplicação de fosfato natural (250 kg ha⁻¹).

Já para o Ca, o T4 (calcário (1,0 t ha⁻¹) + 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅) apresentou a maior média com 12,65 cmolc dm⁻³ e a menor média foi para o T7 (testemunha) com 1,41 cmolc dm⁻³, e para Mg o T4 e T5 (gesso, na dose de 1,0 t ha⁻¹) apresentaram as maiores médias 4,14 e 4,58 cmolc dm⁻³ e o T1 (superfosfato triplo, na dose de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e T7 (testemunha) apresentaram as menores com 1,73 e 1,91 cmolc dm⁻³. Já para o Ca na entrelinha, o T3 (calcário, na dose de 1,0 t ha⁻¹) apresentou os maiores valores para Ca 15,11 cmolc dm⁻³ e Mg 4,54 cmolc dm⁻³ e os menores valores para o T7 com 1,44 cmolc dm⁻³ para Ca e 0,83 cmolc dm⁻³ para Mg (Tabela 7).

Em relação ao tratamento T7 (testemunha), o aumento do cálcio foi maior onde ocorreu a aplicação de calcário, seguido pelos tratamentos com uso de gesso. Isso deve-se ao fato que o calcário apresenta baixa solubilidade e os produtos de sua dissolução se movimentam pouco no perfil (PÁDUA et al., 2006). Por outro lado, o gesso promove aumento das concentrações de Ca na solução do solo e não altera a CTC do solo e, com isso, ocorre a descida desse e outros cátions para camadas mais profundas (ERNANI, 2016).

Ressalta-se que os tratamentos que receberam superfosfato triplo não apresentaram aumento nos teores de cálcio, pois na sua composição possui apenas 13% de Ca e a dose de SFT é insuficiente para impactar os teores observados na análise de solo.

Apesar da tolerância das espécies de eucalipto à acidez e ao alumínio trocável presente no solo, a disponibilidade de Ca deve sempre ser adequada, por se tratar do nutriente de maior acúmulo na parte aérea e por ser o segundo nutriente mais absorvido pela maioria das espécies florestais (Barros et al., 1990).

Tabela 7 - Teores médios de P, K, Ca e Mg na linha e na entrelinha do plantio, no solo em florestas de *Eucalyptus benthamii*, aos 6 meses após a aplicação dos tratamentos, localizado em Palmeira/SC.

LINHA - 3 anos				
Tratamentos	P (mg dm ⁻³)	K (mg dm ⁻³)	Ca (cmolc dm ⁻³)	Mg (cmolc dm ⁻³)
T1	35,22 ^{NS}	86,66 ^{NS}	6,70 c	1,73 c
T2	43,75	95,67	3,44 c	3,75 b
T3	38,21	102,67	10,34 b	3,65 b
T4	64,58	66,33	12,65 a	4,14 a
T5	18,93	78,67	8,06 b	4,58 a
T6	32,62	70,67	7,90 b	3,67 b
T7	29,37	86,00	1,41 d	1,91 c
Média	37,52	83,81	7,21	3,35
CV (%)	84,64	24,69	26,78	21,7
Erro Padrão	18,3367	11,9448	1,116	0,4158

ENTRELINHA - 3 anos				
Tratamentos	P (mg dm ⁻³)	K (mg dm ⁻³)	Ca (cmolc dm ⁻³)	Mg (cmolc dm ⁻³)
T1	6,56 ^{NS}	86,00 ^{NS}	4,99 b	1,62 b
T2	5,41	70,33	5,66 b	1,44 b
T3	8,08	69,67	15,11 a	4,54 a
T4	5,14	66,33	6,28 b	3,63 a
T5	15,66	83,67	7,53 b	2,15 b
T6	18,28	63,67	6,36 b	1,75 b
T7	4,58	77,00	1,44 c	0,83 c
Média	9,10	73,81	6,77	2,28
CV (%)	72,87	16,46	21,83	37,88
Erro Padrão	3,8299	7,0132	0,8531	0,4989

Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

*Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância (p<0,05). Inexistência de letras significa ausência de diferenças estatísticas. NS = não significativo para os níveis testados.

Na Tabela 8 estão apresentados os valores médios para P, K, Ca e Mg, na linha, doze meses após a aplicação dos tratamentos. Não houve diferença significativa para o P, K e Ca. Já para Mg todos os tratamentos diferenciaram da testemunha (T7) que apresentou a menor média 0,50 mg/dm³. Na entrelinha, não ocorreu diferença significativa para o K. Já para P o T6 apresentou a melhor média com 17,32 mg dm³ e a menor foi 6,48 mg dm³ no T7. O Ca obteve a melhor média no T2 (calcário, na dose de 17,2 kg ha⁻¹ de Ca), com 6,06 mg dm³ e menor 1,22 mg dm³ para T7. Para Mg todos os tratamentos diferenciaram da testemunha (T7) que apresentou a menor média 0,50 mg dm³.

Tabela 8 - Teores médios de P, K, Ca e Mg na linha e na entrelinha do plantio, no solo em florestas de *Eucalyptus benthamii*, aos 12 meses após a aplicação dos tratamentos, localizado em Palmeira/SC.

LINHA - 3,5 anos				
Tratamentos	P (mg dm ⁻³)	K (mg dm ⁻³)	Ca (cmolc dm ⁻³)	Mg (cmolc dm ⁻³)
T1	19,09 ^{NS}	61,67 ^{NS}	4,43 ^{NS}	1,11 a
T2	16,04	53,33	3,17	1,00 a
T3	7,15	60,67	2,06	0,98 a
T4	9,45	54,33	3,52	1,02 a
T5	8,41	57,33	4,31	0,98 a
T6	16,96	42,67	4,99	1,10 a
T7	12,28	52,00	1,71	0,50 b
Média	12,77	54,57	3,46	0,96
CV (%)	36,65	23,68	40,96	13,21
Erro Padrão	2,7019	7,4610	0,8172	0,0724

ENTRELINHA - 3,5 anos				
Tratamentos	P (mg dm ⁻³)	K (mg dm ⁻³)	Ca (cmolc dm ⁻³)	Mg (cmolc dm ⁻³)
T1	15,11 a	63,67 ^{NS}	5,45 a	1,13 a
T2	7,24 b	57,33	6,06 a	1,50 a
T3	5,90 b	66,33	1,84 c	1,18 a
T4	7,24 b	57,67	2,63 c	1,08 a
T5	9,39 b	71,33	2,18 c	1,24 a
T6	17,32 a	70,00	3,23 b	1,02 a
T7	6,48 b	75,00	1,22 c	0,50 b
Média	9,81	65,91	3,23	1,09
CV (%)	29,36	15,87	28,52	16,29
Erro Padrão	1,6878	6,0404	0,5322	0,5099

Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

*Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância (p<0,05). Inexistência de letras significa ausência de diferenças estatísticas. NS = não significativo para os níveis testados.

Aos quatro anos, não ocorreu diferença significativa para P, K, Ca e Mg, na linha e na entrelinha do plantio florestal (Tabela 9).

Tabela 9 - Teores médios de P, K, Ca e Mg na linha e na entrelinha do plantio, no solo em florestas de *Eucalyptus benthamii*, aos 18 meses após a aplicação dos tratamentos, localizadas em Palmeira/SC.

LINHA - 4 anos				
Tratamentos	P (mg dm ⁻³)	K (mg dm ⁻³)	Ca (cmolc dm ⁻³)	Mg (cmolc dm ⁻³)
T1	20,31 ^{NS}	78,33 ^{NS}	3,17 ^{NS}	3,05 ^{NS}
T2	11,85	91,00	1,02	2,89
T3	18,27	114,00	1,28	2,41
T4	13,17	77,00	2,60	3,75
T5	10,80	93,33	0,92	2,81
T6	16,97	85,00	4,26	3,33
T7	11,98	90,00	0,63	2,96
Média	14,76	89,81	1,98	3,03
CV (%)	46,12	25,47	111,61	22,26
Erro Padrão	3,9308	13,2054	1,2777	0,3893

ENTRELINHA - 4 anos				
Tratamentos	P (mg dm ⁻³)	K (mg dm ⁻³)	Ca (cmolc dm ⁻³)	Mg (cmolc dm ⁻³)
T1	7,41 ^{NS}	68,33 ^{NS}	1,45 ^{NS}	3,02 ^{NS}
T2	10,63	77,67	0,84	3,51
T3	7,66	76,67	1,03	3,49
T4	4,15	68,00	0,81	4,22
T5	8,46	69,67	1,30	3,15
T6	4,84	61,67	1,30	2,13
T7	4,60	74,67	0,27	2,86
Média	6,82	70,95	1,00	3,20
CV (%)	48,35	17,11	72,44	24,73
Erro Padrão	1,9040	7,0088	0,4188	0,4567

Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

*NS = não significativo entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância (p<0,05).

4.3 TEOR FOLIAR DE NUTRIENTES

A análise foliar é um fator importante para avaliar a nutrição da planta e complementar a análise do solo (GONÇALVES, 1995). Em geral, não houve efeito significativo da aplicação dos tratamentos, aos três anos, nos teores médios de N, K, Ca e Mg nas folhas do plantio. Já para P, os tratamentos T4 (calcário (1,0 t ha⁻¹) + 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e T7 (testemunha) apresentaram diferença em relação aos demais, com 4,09 e 2,49 g kg⁻¹ (Tabela 10).

As avaliações realizadas aos quatro anos, o Ca e o Mg não apresentaram diferença significativa. O N, os tratamentos 4 e 6 apresentaram os maiores valores, com 27,24 e 31,27 g kg⁻¹. Para P o T1 (SFT, na dose de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅), apresentou o maior valor com 7,22 g

kg⁻¹ e o T7 o menor valor (1,84 g kg⁻¹). Para o K, somente o T7 diferenciou-se dos demais tratamentos.

Tabela 10 - Teores médios de N, P, K, Ca e Mg nas folhas em florestas de *Eucalyptus benthamii*, aos 6 e 18 meses após a aplicação dos tratamentos, localizado em Palmeira/SC.

Folhas - 3 anos					
Tratamentos	N (g kg ⁻¹)	P (g kg ⁻¹)	K (g kg ⁻¹)	Ca (g kg ⁻¹)	Mg (g kg ⁻¹)
T1	24,50 ^{NS}	2,07 b	35,58 ^{NS}	1,18 ^{NS}	0,70 ^{NS}
T2	21,18	1,60 b	43,00	1,27	0,89
T3	23,98	2,05 b	36,92	1,12	0,78
T4	23,86	4,09 a	42,58	1,64	0,95
T5	24,21	0,76 b	31,83	1,67	0,85
T6	26,66	1,42 b	37,17	1,55	0,87
T7	25,20	2,49 a	31,42	1,07	0,82
Média	24,23	2,07	36,93	1,36	0,84
CV (%)	14,12	31,03	18,92	17,21	14,6
Erro Padrão	1,9751	0,3706	0,1483	0,0831	3,1135

Folhas - 4 anos					
Tratamentos	N (g kg ⁻¹)	P (g kg ⁻¹)	K (g kg ⁻¹)	Ca (g kg ⁻¹)	Mg (g kg ⁻¹)
T1	26,08 b	7,22 a	43,67 a	1,56 ^{NS}	2,64 ^{NS}
T2	23,50 b	2,95 b	39,67 a	1,75	2,85
T3	24,03 b	4,78 b	34,67 a	1,59	2,65
T4	27,24 a	4,85 b	41,08 a	2,42	3,12
T5	23,45 b	5,72 b	48,17 a	1,94	2,98
T6	31,27 a	4,69 b	48,08 a	2,20	3,27
T7	21,75 b	1,84 c	20,67 b	2,08	3,04
Média	25,33	4,58	39,43	1,93	2,93
CV (%)	8,97	34,09	15,6	19,86	12,08
Erro Padrão	1,3122	0,9020	3,551	0,2218	0,2047

Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

*Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância (p<0,05). Inexistência de letras significa ausência de diferenças estatísticas. NS = não significativo para os níveis testados.

Segundo a CQFS-RS/SC (2016), as faixas de concentrações adequadas de nutrientes para as espécies de *Eucalyptus* mais cultivadas na região Sul do Brasil (N de 15,0 a 20,0 g kg⁻¹; P de 1,0 a 1,3 g kg⁻¹; K de 9,0 a 13,0 g kg⁻¹; Ca de 6,0 a 10,0 g kg⁻¹ e Mg de 5,0 a 8,0 g kg⁻¹). A média dos valores encontrados para N estão dentro do teor adequado. Os teores de P e K estão com as concentrações acima do valor adequando, no entanto, Ca e Mg encontram-se com teores abaixo das adequadas, em todos os tratamentos.

Os baixos teores de Ca e Mg podem ser atribuídos à falta de reposição adequada de Ca e de Mg por meio da calagem, pois a área passou por três ciclos de produção de *Pinus taeda* e

em função da mineralogia dos solos da região, os quais são naturalmente pobres em minerais contendo Ca e Mg. Mesmo com as concentrações desses nutrientes nas folhas estejam abaixo da faixa mencionada pela CQFS-RS/SC (2016), não é possível afirmar que a produtividade esteja sendo afetada, uma vez que as plantas estão apresentando crescimento compatível com a idade. Além disso, não houve resposta das plantas à aplicação de calcário na fase adulta, indicando que os teores no solo estão mantendo o crescimento da planta. Adicionalmente, como a idade das árvores e o tipo de material genético utilizado podem refletir e influenciar no seu estado nutricional e as exigências nutricionais podem variar entre espécies (Barros et al., 1990). Desta maneira, esses dados apontam que é razoável que se façam estudos para refinar os valores de níveis de suficiência adotados pela CQFS-RS/SC (2016).

4.4 CICLAGEM DE NUTRIENTES NA SERAPILHEIRA

A quantidade total de nutrientes na serapilheira de uma floresta é determinada pela quantidade na vegetação (folhas, ramos, cascas, flores e frutos). Sendo sua presença fundamental para a manutenção da disponibilidade dos nutrientes no solo. A média de massa seca de serapilheira de todos os tratamentos no início do terceiro ano foi de $7,86 \text{ t ha}^{-1}$. Sendo que em geral, não ocorreu efeito significativo da aplicação dos tratamentos nos teores de K, Ca e Mg, na serapilheira, aos seis meses após a aplicação dos tratamentos. Para N, o tratamento T5 (gesso, na dose de $1,0 \text{ t ha}^{-1}$) apresentou a melhor média com $135,85 \text{ g kg}^{-1}$ e menor para o T1 (superfosfato triplo, na dose de 50 kg ha^{-1} de P_2O_5) com $83,36 \text{ g kg}^{-1}$. O P obteve a maior média no tratamento T5, com $52,30 \text{ g kg}^{-1}$ e para o calcário, na dose de $1,0 \text{ t ha}^{-1}$ (T3) apresentou a menor média com $8,40 \text{ g kg}^{-1}$ (Tabela 11).

Quantidades significativas de nutrientes podem retornar ao solo através da queda dos componentes senescentes da parte aérea das plantas e sua posterior decomposição. Estes fragmentos orgânicos, ao caírem sobre o solo, formam uma camada de serapilheira, que compreende folhas, caules, frutos, flores, bem como restos de animais e material fecal (GOLLEY, McGINNIS & CLEMENTS, 1978).

Tabela 11 - Média dos macronutrientes na serapilheira em florestas de *Eucalyptus benthamii*, aos 6, 12 e 18 meses após a aplicação dos tratamentos, localizado em Palmeira/SC.

Serapilheira - 3 anos					
Tratamentos	N (g kg ⁻¹)	P (g kg ⁻¹)	K (g kg ⁻¹)	Ca (g kg ⁻¹)	Mg (g kg ⁻¹)
T1	83,36b	20,05b	16,46 ^{NS}	10,54 ^{NS}	17,28 ^{NS}
T2	92,01b	10,81b	13,38	11,32	12,61
T3	79,25b	8,40b	12,43	11,89	14,19
T4	104,44b	26,70b	14,69	13,90	17,79
T5	135,85 ^a	52,30a	19,94	8,88	12,91
T6	95,47b	11,63b	13,53	7,91	8,34
T7	90,01b	11,18b	16,34	5,78	11,00
Média	97,20	20,15	15,25	10,03	13,45
CV (%)	17,17	63,03	27,89	26,89	26,29
Erro Padrão	6,3098	4,8018	1,6082	1,0194	1,3364
Serapilheira - 3,5 anos					
Tratamentos	N (g kg ⁻¹)	P (g kg ⁻¹)	K (g kg ⁻¹)	Ca (g kg ⁻¹)	Mg (g kg ⁻¹)
T1	142,50 ^{NS}	80,97a	22,83a	70,30 ^{NS}	33,38 ^{NS}
T2	140,70	57,36b	22,77a	71,09	35,87
T3	141,42	53,52b	22,60a	70,43	34,22
T4	159,93	48,28b	23,70a	77,33	34,16
T5	135,32	70,64a	23,77a	66,24	31,37
T6	180,55	37,81b	24,04a	69,43	34,02
T7	113,26	50,96b	11,38b	61,79	32,40
Média	144,81	57,08	21,58	69,51	33,63
CV (%)	18,90	16,47	24,84	20,35	16,12
Erro Padrão	15,8026	5,4271	3,0958	4,0842	3,1311
Serapilheira - 4 anos					
Tratamentos	N (g kg ⁻¹)	P (g kg ⁻¹)	K (g kg ⁻¹)	Ca (g kg ⁻¹)	Mg (g kg ⁻¹)
T1	170,03b	57,71 ^{NS}	42,40 ^{NS}	17,93 ^{NS}	26,17 ^{NS}
T2	176,06b	47,65	44,69	17,29	24,03
T3	187,74b	36,12	41,84	13,11	23,15
T4	184,67b	49,28	42,99	18,50	26,26
T5	249,06 ^a	53,67	49,96	20,42	29,23
T6	218,27 ^a	46,74	41,15	16,93	21,11
T7	154,22c	49,76	41,12	15,71	24,79
Média	191,44	48,70	43,45	17,13	24,96
CV (%)	9,68	32,96	19,66	21,08	24,65
Erro Padrão	10,6999	9,2684	4,9315	2,0846	3,5525

Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

*Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância (p<0,05). Inexistência de letras significa ausência de diferenças estatísticas. NS = não significativo para os níveis testados.

Em geral, aos doze meses após a aplicação dos tratamentos não houve efeito significativo da aplicação dos tratamentos nos teores de N, Ca e Mg na serapilheira, que

apresentou uma média de 11,39 t ha⁻¹ de massa seca. O P apresentou 80,97 e 70,64 g kg⁻¹ nos tratamentos T1 e T5, e 37,81 g kg⁻¹ no T6. Já para K, T7 (testemunha) apresentou a menor média com 11,38 g kg⁻¹, diferenciando-se dos demais (Tabela 11).

A média de massa seca de serapilheira no início do quarto ano foi de 14,95 t ha⁻¹. Sendo que em geral, não ocorreu efeito significativo da aplicação dos tratamentos nos teores de P, K, Ca e Mg. Para N, os tratamentos T5 e T6 apresentaram as melhores médias com 249,06 e 218,27 g kg⁻¹.

Na ordem dos nutrientes mais acumulados em componentes exportados da área de produção pela espécie de *Eucalyptus*, o Ca ocupa o primeiro lugar, em que aproximadamente 75 % desse elemento é exportado do sítio com a colheita do tronco (Santana et al., 2008, SIMONETE et al., 2013). Além disso, aplicações que fornecem relações inadequadas de Ca e de Mg resultam em desbalanços nutricionais, podendo induzir deficiência nas plantas e comprometer o crescimento (SIMONETE et al., 2013).

Em experimento realizado na São Francisco do Itabapoana, na região norte do Estado do Rio de Janeiro, com a espécie *Eucalyptus grandis*, observaram valores entre 9,89 e 13,85 g kg⁻¹ de nitrogênio na serapilheira o que fica próximo dos valores encontrados na área de reflorestamento do planalto com média de 12,3 g kg⁻¹ (COSTA, GAMA-RODRIGUES & CUNHA, 2005)

O potássio, comparado aos outros elementos analisados, foi o que apresentou uma das maiores médias, uma vez que o K é um elemento altamente solúvel e, por isso, facilmente lixiviável tanto de órgãos vegetais vivos quanto mortos.

A serapilheira era coletada a cada 60 dias, sendo que a região possui chuvas constantes apresentado as menores quantidades estimadas de K no lixiviado devido à constante lavagem do material.

A ciclagem de nutrientes foi maior na ordem de N > P > K > Mg > Ca na análise com três anos, já aos três anos e meio a ordem foi N > P > Ca > Mg > K, aos quatro anos N > P > K > Mg > Ca. Realizando uma média dos nutrientes durante o ano estudado, a ordem foi de: N > P > Ca > K > Mg. Segundo Schumacher et al. (2003), magnitude de transferência de nutrientes ao solo do povoamento foi: N > Ca > K > Mg > P, demonstrando o grande potencial que a espécie apresenta para a fixação biológica do elemento.

4.5 DENSIDADE DO DOSSEL

Nos resultados para densidade do dossel, não houve diferença significativa da aplicação dos tratamentos nas três idades estudadas. Ocorrendo variações de 70 a 74% com três anos, 71 a 75% com três anos e meio, e 75 a 84% com quatro anos (Tabela 12). Esses resultados podem ser atribuídos ao fato que o plantio florestal sofreu intempéries climáticas durante os períodos de avaliação do trabalho (APÊNDICE E e F). Em um plantio florestal de *Eucalyptus urophylla*, na cidade de Piracicaba, São Paulo, obteve-se uma média de densidade do dossel aos três anos de idade de 94% e aos quatro anos de 93% (LIMA, 2016).

Tabela 12 - Densidade do dossel (%) em florestas de *Eucalyptus benthamii*, aos 6, 12 e 18 meses após a aplicação dos tratamentos, localizado em Palmeira/SC.

Tratamentos	Densidade do Dossel (%) 3 anos	Densidade do Dossel (%) 3,5 anos	Densidade do Dossel (%) 4 anos
T1	74 ^{NS}	75 ^{NS}	84 ^{NS}
T2	74	74	74
T3	71	72	76
T4	73	73	80
T5	73	75	79
T6	72	73	78
T7	70	71	75
Média	72	73	78
CV (%)	3,88	3,76	4,82
Erro Padrão	1,6240	1,5869	2,1694

Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

*NS = não significativo entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância ($p < 0,05$).

5 CONCLUSÕES

Os resultados indicam que no período estudado o *Eucalyptus benthamii* não respondeu a adubação complementar em incrementos no volume de madeira;

Em geral, não houve efeito significativo da aplicação dos tratamentos nos teores de N, P, K, Ca e Mg nas folhas e no solo;

A transferência de nutrientes da serapilheira para o solo foi maior do $N > P > Ca > K > Mg$, durante o ano de avaliação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARES, C. A.; STAPE J. L.; SENTELHAS P. C.; GONÇALVES J. L. M.; SPAROVEK G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ASSMANN, E. **Princípios do estudo de rendimento florestal**. Pergamon Press. ASSIS, F.T. Cultura do eucalipto; melhoramento genético do eucalipto. Nova Iorque. 506p. 1970.
- ASSENHEIMER, A. Benefícios do uso de bio sólidos como substratos na produção de mudas de espécies florestais. **Ambiência**, Guarapuava, 2009.
- BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L. Fertilização e correção do solo para o plantio de eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Eds.) **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: UFV, 1990. p. 127-186.
- BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. de. *Eucalyptus* nutrition and fertilizer regimes in Brazil. In: ATTIWILL, P. M.; ADA-MS, M. A. (Ed.). **Nutrition of Eucalyptus**. Collin-wood: CSIRO, 1996.
- BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. Sugestões de adubação para grandes culturas anuais e perenes: Eucalipto. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. & ALVAREZ, V. V. H., eds. Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Viçosa. **CFSEMG**, 305-307p. 1999.
- BELLOTE, A. F. J.; DEDECEK, R. A.; SILVA, H. D da. Nutrientes minerais, biomassa e deposição de serapilheira em plantio de *Eucalyptus* com diferentes sistemas de manejo de resíduos florestais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 56, p. 31-41. 2008.
- BENSON, D.; McDOUGALL, L. **Ecology of Sydney plant species**: part 6 dicotyledon family Myrtaceae. *Cunninghamia*, Sydney, v. 5, n. 4, p. 809-987, 1998.
- CAIRES, E. F.; KUSMAN, M. T.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; PADILHA, J. M. Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 125-136, 2004.
- CAMILO, N. F. P. **Produtividade do cafeeiro em resposta ao manejo da calagem e gessagem em Latossolo de Cerrado**. 2007. 83 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

CATERINA, G. L. **Curvas de crescimento de *Eucalyptus* spp em plantios de diferentes espaçamentos.** 2017. 84 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2017.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de Calagem e Adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul. 11. ed. Porto Alegre, 2016. 376 p.

CORRÊA, R. S. **Ciclagem de nutrientes em *Eucalyptus dunii* estabelecido no bioma pampa.** 2011. 99 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

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

COSTA, C.C.A.; CAMACHO, R.G.V.; MACEDO, I.D.; SILVA, P.C.M. Análise comparativa da produção de serapilheira: em fragmentos arbóreos e arbustivos em área de catinga na Flona de Açu - RN. **Revista Árvore**, 34: 259-265, 2010.

DAVIS, T. A.; JOHNSON, D. V. **Current utilization and further development of the palmyra palm** (*Borassus flabellifer* L., Arecaceae) **in Tamil Nadu State**, India. *Economic Botany*, v. 41, n. 2, p. 247-266, 1987.

Densiometer©. **Geographic resource solutions.** Arcata, 1989. 1p.

DIAS, L. P. R. **Fósforo e boro na adubação de *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus benthamii* em solos do Planalto Sul Catarinense.** 2016. 158 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2016.

DUTTA, R. K.; AGRAWAL, M.; Litterfall, litter decomposition and nutrient release in five exotic plant species planted on coal mine spoils. **Pedobiologia** 2001; 45(4): 298-312. <http://dx.doi.org/10.1078/0031-4056-00088>.

ERNANI, P. R.; NASCIMENTO, J. A. L.; CAMPOS, M. L.; CAMILLO, R. J. Influência da combinação de fósforo e calcário no rendimento de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 537 - 544, 2000.

ERNANI, Paulo Roberto. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes.** Lages, 2ed. p. 154 – 187, 2016.

FARIA, G. E.; BARROS, N. F.; CUNHA, V. L. P.; MARTINS, I. S.; MARTINS, R. C. C. Avaliação da produtividade, conteúdo e eficiência de utilização de nutrientes em genótipos de *Eucalyptus* spp. no Vale do Jequitinhonha, MG. Santa Maria, **Ciência Florestal**, 2008.

FERREIRA, M.; SANTOS, P.E.T. Melhoramento genético florestal dos *Eucalyptus* no Brasil – breve histórico e perspectivas. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTUS, 1997, Salvador. **Anais**. Colombo: EMBRAPA/CNPQ, 1997, v.1, p.14-34.

FERREIRA, C. A. Nutrição mineral de florestas plantadas: O estado atual e tendências da pesquisa e da prática. In: SÉTIMO CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, **Anais**, Vol. 3. Sociedade Brasileira de Silvicultura, Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais, Curitiba. p. 157-162, 1993.

FINGER, C.A.G. **Fundamentos de biometria florestal**. Santa Maria: CEPEF/FATEC, 1992. 269p

FURTINI NETO, A. E. **Eficiência nutricional, cinética de absorção e frações fosfatadas em *Eucalyptus* spp.** 1994. 99 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.

GIUNTI NETO, C.J.; HAKAMADA, R. E.; OTTO, M. S. G.; SILVA, S. R.; STAPE, J. L. **Calibração de dois métodos indiretos para estimativa do índice de área foliar em plantações de *Eucalyptus***. Sci. For., Piracicaba, v. 43, n. 108, p. 919-930, dez. 2015.

GOLLEY, F. B.; MCGINNIS, J. T.; CLEMENTS, R. G. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de Floresta Tropical Úmida**. Tradução Eurípedes Malavolta. São Paulo: USP, 1978. 256 p.

GONÇALVES, J. L. M. **Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e espécies típicas da Mata Atlântica**. Piracicaba, Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, 1995. 23p. (Documentos Florestais, 15).

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. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2005. p. 1-57.

GRAÇA, M. E. C.; SHIMIZU, J. Y.; TAVARES, F. R. Capacidade de rebrota e de enraizamento de *Eucalyptus benthamii*. Colombo: **Boletim de Pesquisa Florestal**, 1999.

HALL, N.; BROOKER, I. **Camden White Gum: *Eucalyptus benthamii*** Maiden et Cambage. Camberra: Department National of Development Forestry and Timber Bureau, 1973.

HIGA, A. R.; CARVALHO, P. E. R. Sobrevivência e crescimento de doze espécies de eucalipto em Dois Vizinhos, Paraná. In: **Anais do VI Congresso Florestal Brasileiro**; 1990; Campos do Jordão. São Paulo; 1990. p. 459.

HIGA, R. C. V. & PEREIRA, J. C. D. Usos potenciais do *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. Colombo: Embrapa Florestas, 2003 (**Comunicado Técnico no. 100**). 4p.

HIGA, R. C. V.; HIGA, A. R.; TREVISAN, R.; SOUZA M, V. R. de. **Resistência e resiliência a geadas em *Eucalyptus dunnii* Maiden plantados em Campo do Tenente, PR.** Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, n. 40, jan./jun. 2000b p.67-76.

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. de A.; GONÇALVES, A. N. **Propagação vegetativa de *Eucalyptus*: princípios básicos e a sua evolução no Brasil.** Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais - IPEF, 2000. 11 p. (Circular Técnica IPEF, 192).

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório Ibá 2017: Desempenho industrial:** Disponível em: < http://iba.org/images/shared/iba_2017.pdf >. Acesso em: 19 de janeiro de 2018.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório Anual Ibá 2017: Desempenho das árvores plantadas:** Disponível em: < http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017_.pdf >. Acesso em: 19 de janeiro de 2018.

LIMA, J. O. S. **Aplicação de quatro métodos indiretos na medição de densidade do dossel em fragmento de mata nativa, recuperada e floresta de *Eucalyptus urophylla* (S. T. Blake).** 2016. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2016.

MACHADO, S. A. **Mensuração florestal.** UFPR, Curitiba, mai. 2012. Anotações de caderno.

MARTINS, L. G. C.; BARROS, N. F.; SCATOLINI, F. M. **Perda de produtividade de florestas de eucalipto em Minas Gerais causadas pela eficiência de cálcio.** In: XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO – Conquistas e Desafios da Ciência do Solo Brasileira, Gramado-RS, SBCS, 2007. v. 1. p. 168-168.

MORA, A.L.; GARCIA, C.H. **A cultura do Eucalipto no Brasil**. Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2000.

MURPHY, J.; RILEY, J. P. A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. **Anal Chem Acta, Oxford**, v. 27, n. 1, p. 31-36, 1962.

NEIS, L.; PAULINO, H. B.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PINTO, F. A. Gesso agrícola e rendimento de grãos de soja na região do sudoeste de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 409-416, 2010.

NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Nutrição mineral do eucalipto. In: BARROS, N. F. & NOVAIS R. F. eds. **Relação solo eucalipto**. Viçosa – UFV. 25-94p. 1990.

NOVAIS, R. F.; SMITH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV/DPS, 1990. 399p.

PÁDUA, T. R. P.; SILVA, C. A.; MELO, L. C. A. Calagem em Latossolo sob influência de coberturas vegetais: neutralização da acidez. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 30:869-878, 2006.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P. E. T. dos; FERREIRA, C. A. **Eucaliptos indicados para plantio no Estado do Paraná**. Colombo: Embrapa Florestas - CNPF, 2006. (Documentos, 129).

PRITCHETT, W. L. **Properties and management of forest soils**. New York: J. Wiley, 1979. 500 p.

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, 2000. p. 135-166.

RODRIGUEZ, L. C. E. **Gerenciamento da produção florestal**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo. Documentos florestais. Piracicaba, v. 13, p. 1-41.1991.

RODRIGUES, F. A. V.; ALVAREZ, V. H.; BARROS N. F.; SILVA, I. R. da S.; NEVES, J. C. L. Produtividade de eucalipto aos 18 meses de idade, na região do Cerrado, em resposta à aplicação de cálcio, via calcário e gesso agrícola. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 109, p. 67-74, mar. 2016.

SANTANA, R.C.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; LEITE, H.G. & COMERFORD, N.B. Alocação de nutrientes em plantios de eucalipto no Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2008.

SANTAROSA, E.; PENTEADO JÚNIOR, J. F.; GOULART, I. C. G. R. **Transferência de tecnologia florestal: cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa Florestas, 2014. 138 p.

SILVA, M. R.; KLAR, A. E.; PASSOS, J. R. Efeitos do manejo hídrico e da aplicação de potássio nas características morfofisiológicas de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden). **Irriga**, Botucatu, 2004.

SILVEIRA, R. L. V. A.; GAVA, J. L. Nutrição e Adubação Fosfatada em Eucalyptus. In: YAMADA, T. & ABDALLA, S. R. S. **Fósforo na Agricultura Brasileira**. Piracicaba: POTAFOS, 2004. p. 495-530.

SIMONETE, M. A.; CHAVES, D. M.; TEIXEIRA, C. F. A.; MORO, L.; NEVES, C. U. Fornecimento de cálcio para plantas de *Eucalyptus saligna* por meio de aplicação de resíduo industrial lama de cal. **Rev. Bras. Cienc. Solo**, 37 (5), 2013, pp. 1343-1360.

SOBRAL, L. F.; CINTRA, F. L. D.; SMYTH, J. T. Lime and gypsum to improve root depth of orange crop in an Ultisol of the Coastal Tablelands. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, p. 836-839, 2009.

SCOLFORO, J. R. S.; MAESTRI, R. **O manejo de florestas plantadas**. In: SCOLFORO, J. R. S. Manejo Florestal. Lavras: UFLA / FAEPE, 438 p. Cap. 8, p. 315-379, 1998.

SCHUMACHER, M. V. **Aspectos da ciclagem de nutrientes e do microclima em talhões de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden e *Eucalyptus torrelliana* F. Muell.** Piracicaba: Esalq, 1992. 87p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, 1992.

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

SMETHURST, P. J. Forest fertilization: Trends in knowledge and practice compared to agriculture. **Plant and Soil**, v. 335, n. 1-2, p. 83-100, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia Vegetal. 5. ed. Porto Alegre: **Artmed**, 2013.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2ed. Porto Alegre: UFRGS/Departamento de Solos, 1995.

VIEIRA, R. F. A. **Crescimento do eucalipto em idade jovem e movimentação de cálcio e magnésio no solo em resposta à aplicação de calcário e gesso agrícola**. 2013. 72f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2013.

VIEIRA, M.; FERNÁNDEZ, F. R.; RODRÍGUEZ-SOALLEIRO, R. Nutritional Prescriptions for *Eucalyptus* Plantations: Lessons Learned from Spain. **Forests**, v. 7, n. 4, p. 84, 2016.

VIVIAN, M. A. **Aumento da eficiência do processo kraft de polpação a partir de pré-tratamento de cavacos de madeira de eucalipto**. 2015. 125 f. Tese (Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

APÊNDICES

Apêndice A - Teores médios de pH H₂O, pH SMP, MO (%) e Al (cmolc dm⁻³) na linha do plantio, no solo em florestas de *Eucalyptus benthamii*, aos 6, 12 e 18 meses após a aplicação dos tratamentos, localizadas em Palmeira/SC.

LINHA - 3 anos				
Tratamentos	pH H ₂ O	pH SMP	MO (%)	Al (cmolc dm ⁻³)
T1	4,20 ^{NS}	4,07 ^{NS}	4,56 ^{NS}	9,81 ^{NS}
T2	4,22	4,11	4,77	9,88
T3	4,09	4,15	5,06	10,62
T4	4,28	4,11	4,88	10,15
T5	4,21	4,14	5,10	9,78
T6	4,17	4,21	4,66	8,61
T7	4,25	4,12	4,55	9,47
Média	4,20	4,13	4,79	9,76
CV (%)	1,85	1,88	12,50	5,43
Erro Padrão	0,045	0,0439	0,3463	0,3059
LINHA - 3,5 anos				
Tratamentos	pH H ₂ O	pH SMP	MO (%)	Al (cmolc dm ⁻³)
T1	4,17 b	4,13 b	3,26 b	10,06 a
T2	4,22 b	4,11 b	2,97 b	9,92 b
T3	4,97 a	5,05 a	3,49 b	8,91 c
T4	5,16 a	5,01 a	3,50 b	7,67 c
T5	4,78 a	5,12 a	4,20 a	8,30 c
T6	4,48 b	5,03 a	4,27 a	8,12 c
T7	4,20 b	4,16 b	4,13 a	9,62 a
Média	4,56	4,65	3,68	8,94
CV (%)	4,87	2,57	12,94	4,87
Erro Padrão	0,1284	0,0685	0,2755	0,242
LINHA - 4 anos				
Tratamentos	pH H ₂ O	pH SMP	MO (%)	Al (cmolc dm ⁻³)
T1	4,26 ^{NS}	4,07 ^{NS}	2,67 ^{NS}	10,46 ^{NS}
T2	4,30	3,96	2,80	10,10
T3	4,11	4,26	2,72	10,36
T4	4,34	4,06	2,83	10,56
T5	4,29	4,13	3,01	9,72
T6	4,17	4,14	3,39	9,69
T7	4,21	4,20	3,04	9,48
Média	4,24	4,11	2,92	10,05
CV (%)	1,85	1,71	11,35	7,81
Erro Padrão	0,0451	0,0413	0,1915	0,4535

Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

*Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância (p<0,05). Inexistência de letras significa ausência de diferenças estatísticas. NS = não significativo para os níveis testados.

Apêndice B - Teores médios de pH H₂O, pH SMP, MO (%) e Al (cmolc dm⁻³) na entrelinha do plantio, no solo em florestas de *Eucalyptus benthamii*, aos 6, 12 e 18 meses após a aplicação dos tratamentos, localizadas em Palmeira/SC.

ENTRELINHA - 3 anos				
Tratamentos	pH H ₂ O	pH SMP	MO (%)	Al (cmolc dm ⁻³)
T1	4,14 ^{NS}	3,98 ^{NS}	4,75 ^{NS}	10,05 ^{NS}
T2	4,14	3,96	5,23	10,03
T3	4,22	4,15	5,05	9,48
T4	4,17	4,06	4,97	9,51
T5	4,20	4,11	5,43	9,84
T6	4,19	4,04	4,32	9,65
T7	4,13	4,00	5,42	10,38
Média	4,17	4,04	5,03	9,85
CV (%)	1,74	1,55	8,61	11,4
Erro Padrão	0,0419	0,037	0,2497	0,6484
ENTRELINHA - 3,5 anos				
Tratamentos	pH H ₂ O	pH SMP	MO (%)	Al (cmolc dm ⁻³)
T1	4,12 b	4,11 b	4,02	10,50 a
T2	4,21 b	4,09 b	3,69	10,00 a
T3	5,19 a	4,91 a	3,08	10,20 a
T4	5,15 a	5,08 a	4,15	7,66 c
T5	5,13 a	4,97 a	4,45	8,06 c
T6	5,07 a	5,12 a	4,25	8,80 b
T7	4,06 b	4,02 b	4,21	10,3 a
Média	4,70	4,61	3,98	9,36
CV (%)	2,02	3,15	18,06	5,09
Erro Padrão	0,0548	0,0847	0,4149	0,2746
ENTRELINHA - 4 anos				
Tratamentos	pH H ₂ O	pH SMP	MO (%)	Al (cmolc dm ⁻³)
T1	4,17 ^{NS}	4,07 ^{NS}	2,86 ^{NS}	10,64 ^{NS}
T2	4,15	4,09	3,21	10,29
T3	4,24	4,22	2,84	10,15
T4	4,24	4,17	2,93	10,20
T5	4,29	4,16	3,20	10,29
T6	4,23	4,34	2,91	10,05
T7	4,25	4,22	3,53	9,55
Média	4,22	4,18	3,07	10,17
CV (%)	1,62	2,83	15,15	6,87
Erro Padrão	0,0395	0,0672	0,2684	0,4036

Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

*Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância (p<0,05). Inexistência de letras significa ausência de diferenças estatísticas. NS = não significativo para os níveis testados.

Apêndice C - Média de volume (m³) por tratamento, em floresta de *Eucalyptus benthamii*, aos 0, 6, 12 e 18 meses antes e após a aplicação dos tratamentos, localizada em Palmeira/SC.

Tratamentos	v (m ³ /0,1440 ha) 2,5 anos	v (m ³ /0,1440 ha) 3 anos	v (m ³ /0,1440 ha) 3,5 anos	v (m ³ /0,1440 ha) 4 anos
T1	2,3239 ^{NS}	3,0113 ^{NS}	4,3313 ^{NS}	5,9262 ^{NS}
T2	2,2283	2,9028	4,1404	5,5973
T3	2,4503	3,1523	4,3226	5,7553
T4	1,9948	2,6091	3,8049	5,1850
T5	2,5253	3,2518	4,4114	5,9740
T6	2,4531	3,1659	4,4503	5,9694
T7	2,5053	3,1596	4,4318	5,8801
Média	2,3544	3,0361	4,2704	5,7553
CV (%)	9,23	10,21	9,55	10,03
Erro Padrão	0,1254	0,1789	0,2354	0,3333

Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

NS = não significativo para os níveis testados.

Apêndice D - Somatório do volume (m³) por tratamento, em floresta de *Eucalyptus benthamii*, aos 0, 6, 12 e 18 meses, antes e após a aplicação dos tratamentos, localizada em Palmeira/SC.

Tratamentos	v (m ³ /0,1440 ha) 2,5 anos	v (m ³ /0,1440 ha) 3 anos	v (m ³ /0,1440 ha) 3,5 anos	v (m ³ /0,1440 ha) 4 anos
T1	6,97 ^{NS}	9,03 ^{NS}	12,99 ^{NS}	17,78 ^{NS}
T2	6,68	8,71	12,42	16,79
T3	7,35	9,46	12,97	17,27
T4	5,98	7,83	11,41	15,56
T5	7,58	9,76	13,23	17,92
T6	7,36	9,50	13,35	17,91
T7	7,52	9,48	13,30	17,64
TOTAL	49,4	63,8	89,7	120,9

Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

NS = não significativo para os níveis testados.

Apêndice E - Árvores tortas em floresta de *Eucalyptus benthamii*, aos 6 meses, em função de intempéries climáticas que ocorreram após a aplicação dos tratamentos, localizada em Palmeira/SC.



Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

Apêndice F - Árvores quebradas em floresta de *Eucalyptus benthamii*, aos 6 meses, em função de intempéries climáticas que ocorreram após a aplicação dos tratamentos, localizada em Palmeira/SC.



Fonte: Elaborada pela autora, 2018.