

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS - CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
MESTRADO EM MANEJO DO SOLO**

CÍNTIA URBANO NEVES

**CICLAGEM DE NUTRIENTES EM PLANTIOS DE *Eucalyptus dunii*
COM IDADE DE 1, 2 E 3 ANOS NO PLANALTO SUL
CATARINENSE**

**LAGES – SC
2012**

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS - CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
MESTRADO EM MANEJO DO SOLO

CÍNTIA URBANO NEVES

**CICLAGEM DE NUTRIENTES EM PLANTIOS DE *Eucalyptus dunii*
COM IDADE DE 1, 2 E 3 ANOS NO PLANALTO SUL
CATARINENSE**

Dissertação apresentada como requisito
parcial para obtenção do título de mestre
no Curso de Pós-Graduação em Manejo
do Solo da Universidade do Estado de
Santa Catarina – UDESC.

Orientador: PhD. Paulo Roberto Ernani
Co-orientadores: Dra Marcia A. Simonete
PhD. Djalma Miler Chaves

LAGES – SC

2012

CÍNTIA URBANO NEVES

CICLAGEM DE NUTRIENTES EM PLANTIOS DE *Eucalyptus dunii* COM IDADE DE 1, 2 E 3 ANOS NO PLANALTO SUL CATARINENSE

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Aprovado em:

Homologado em:

Pela banca examinadora

Ph.D. Paulo Roberto Ernani
Orientador – UDESC/Lages-SC

Dr. David J. Miquelutti
Coordenador do Curso de Mestrado em Ciência
do Solo - UDESC/Lages-SC

Ph.D. Djalma Miler Chaves
KLABIN/Telêmaco Borba-PR

Dr. Leo Rufato
Coordenador do Programa de Pós Graduação em
Ciências Agrárias – UDESC/Lages-SC

Dra. Márcia Aparecida Simonete
UFPLE – Pelotas-RS

Dr. Cleimon E. A. Dias
Diretor Geral do Centro de Ciências
Agroveterinárias – UDESC/Lages-SC

Lages, Santa Catarina
14 de agosto de 2012

À minha mãe Maria Julia, que além de
meu porto seguro, sempre foi meu
exemplo de vida,
Dedico.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, pelo exemplo de vida, apoio, dedicação e confiança e à minha família.

Aos meus amigos e colegas do Programa de Pós-graduação em Manejo do Solo, por estarem sempre ao meu lado na busca incessante pelo conhecimento, em especial para Andreia, Leandra, Ilton e Luiz, pelas horas de estudos compartilhadas.

Aos amigos e Engenheiros Florestais Letícia, André e Cassiano, pelo apoio e incentivo, pois sem eles este sonho não teria sido alcançado.

Aos professores do Programa de Pós - Graduação em Ciência do Solo CAV-UDESC pelos ensinamentos transmitidos e por minha formação profissional e à Universidade por permitir minha qualificação profissional.

Ao Professor Paulo Roberto Ernani, pela orientação no mestrado e por todos os conhecimentos transmitidos nesses anos de trabalho sob sua orientação.

Aos bolsistas e voluntários do Laboratório de Química e Fertilidade do Solo, em especial Francine, Acácio, Miguel e Leonardo, por todo tempo dedicado ao meu experimento.

À Capes pela concessão da bolsa.

À Klabin S.A. pela oportunidade de parceria neste projeto, pelo suporte, disponibilização da área, e por sua equipe técnica qualificada, em especial ao Leonardo Pires, por ter conduzido as equipes de campo.

À Marcia Simonete e ao Djalma Chaves pelos anos de orientação e amizade, e por dividirem comigo seus conhecimentos na área florestal, e me incentivarem na busca pelos meus sonhos.

A todos que um dia fizeram parte desta caminhada, contribuindo de alguma forma para minha formação pessoal e profissional.

RESUMO

Os reflorestamentos do gênero *Eucalyptus* para celulose, são de rotação curta e alta produtividade, fazendo com que grandes quantidades de nutrientes sejam requeridas. Os plantios florestais geralmente estão concentrados em solos de baixa fertilidade, tornando o processo de ciclagem de nutrientes indispensável à sustentabilidade dos plantios. Sendo assim, torna-se relevante demonstrar a importância da serapilheira no fornecimento de nutrientes para as plantas. O objetivo deste trabalho é entender a dinâmica de nutrientes em plantios de *Eucalyptus dunnii* nos diferentes componentes da planta, visando um manejo racional dos fertilizantes. O experimento foi conduzido a campo sob um Cambissolo Húmico, sendo avaliados plantios de *Eucalyptus dunnii* com 1, 2 e 3 anos, no município de Bocaina do Sul, SC. Foram instaladas três parcelas em cada idade de plantio, onde foram coletadas serapilheira, folhas e solo. A amostragem da serapilheira foi realizada mensalmente durante o ano de 2011, utilizando 11 coletores em cada parcela. As coletas de folhas e de solo foram realizadas nas quatro estações climáticas do ano. O solo foi amostrado nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade. Foram analisados os teores de P, K, Ca e Mg na parte aérea, na serapilheira e no solo. A cada estação climática, também foram mensurados a altura e o diâmetro das plantas (DAP) e calculado o volume de madeira produzido. Os plantios de um, dois e três anos depositaram, respectivamente, 6196, 7415 e 6080 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de serapilheira, sendo 98, 95 e 91% desse total relativo às folhas. Os teores de P, K, Ca e Mg foram superiores nas folhas, cuja ordem e grandeza de valor foi: Ca > K > Mg > P. O aporte de nutrientes nos três plantios seguiu a seguinte ordem e grandeza dos valores Ca > K > Mg > P, sendo o componente constituído pelas folhas o principal contribuinte. A coleta de folhas para diagnose foliar nutricional deverá ser feita, de preferência, nas estações de maior atividade fisiológica, ou seja, na primavera e verão.

Palavras-chave: Ciclagem de nutrientes. Serapilheira. *Eucalyptus dunnii*

ABSTRACT

Nutrient cycling in *Eucalyptus dunni* plantations located in the Southern of Brazil

The Brazilian Eucalyptus plantations have short rotation and high productivity and these characteristics impart to them a large demand for soil available nutrients. The forested areas with Eucalyptus in this region are generally located in low fertility soils. Thus, the nutrient cycling process from the litter is very important to the sustainability of the plantations. The objective of this study was to understand the dynamic of nutrients in different compartments of the plant in plantations of *Eucalyptus dunni*, with the aim to improve the rational use of fertilizers. The field experiments were conducted over an Haplumbrept, in the Bocaina do Sul county, State of Santa Catarina, with plantations of *Eucalyptus dunni* having 1, 2 and 3 years. Three plots were installed at each plantation age, where it was collected litter, leaves and soil. Litter sampling was conducted monthly, during the entire year of 2011. It was used 11 collectors in each plot. Sampling of leaves and soil were collected in the four climatic seasons of the year. Soil was sampled at 0-5, 5-10, 10-20 and 20-40 cm depth. It was determined the levels of P, K, Ca and Mg in the leaves, in the litter and in the soil. In each climatic season, it was also measured height and diameter of the plants (DAP) and then calculated the volume of the wood produced. The planting of one, two and three years deposited, respectively, 6196, 7415 and 6080 kg ha⁻¹ yr⁻¹ of litter, being 98, 95 and 91% of the total constituted by leaves. The levels of P, K, Ca and Mg were higher in the leaves, whose order and magnitude of value was Ca > K > Mg > P. The nutrient input in the three plantations followed the order and magnitude of the values Ca > K > Mg > P, and the compartment formed by the leaves was the main contributor. Sampling of leaves for nutritional chemical analysis should be done preferably in spring and summer, due to the highest physiological activity of the plants.

Keywords: Nutrient cycling. Litter. *Eucalyptus dunni*

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Características do Cambissolo Húmico distrófico nas áreas experimentais de cultivos de <i>Eucalyptus dunnii</i> de um, dois e três anos de idade ¹ | 17 |
| Tabela 2 - Teores de fósforo, potássio, cálcio e magnésio nas folhas de plantios de <i>Eucalyptus dunnii</i> com diferentes idades ao longo das estações do ano (2010/2011), localizados em Bocaina do Sul-SC..... | 24 |
| Tabela 3 - Teores de fósforo e potássio no solo ao longo das estações do ano (2010/2011) em plantios de <i>Eucalyptus dunnii</i> com diferentes idades, localizados em Bocaina do Sul-SC..... | 25 |
| Tabela 4 - Teores de cálcio e magnésio no solo ao longo das estações do ano (2010/2011) em plantios de <i>Eucalyptus dunnii</i> com diferentes idades, localizados em Bocaina do Sul-SC..... | 26 |
| Tabela 5 - Deposição de serapilheira nos componentes constituídos por folhas, ramos e cascas ao longo das estações climáticas do ano 2010/2011 em plantios de <i>Eucalyptus dunnii</i> com diferentes idades, localizados em Bocaina do Sul-SC | 30 |
| Tabela 6- Teor médio anual (dezembro/2010 a novembro/2011) de fósforo, potássio, cálcio e magnésio nos componentes da serapilheira em plantios de <i>Eucalyptus dunnii</i> com diferentes idades, localizados em Bocaina do Sul-SC | 37 |
| Tabela 7 - Aporte anual (dezembro/2010 a novembro/2011) de fósforo, potássio, cálcio e magnésio nos componentes da serapilheira em plantios de <i>Eucalyptus dunnii</i> com diferentes idades, localizados em Bocaina do Sul-SC..... | 39 |
| Tabela 8 - Teores de fósforo nas folhas, ramos e cascas da serapilheira ao longo das estações do ano 2010/2011 em plantios de <i>Eucalyptus dunnii</i> com diferentes idades, localizados em Bocaina do Sul-SC..... | 46 |
| Tabela 9 - Teores de potássio nas folhas, ramos e cascas da serapilheira ao longo das estações do ano 2010/2011 em plantios de <i>Eucalyptus dunnii</i> com diferentes idades, localizados em Bocaina do Sul-SC..... | 47 |

Tabela 10 - Teores de cálcio nas folhas, ramos e cascas da serapilheira ao longo das estações do ano 2010/2011 em plantios de *Eucalyptus dunnii* com diferentes idades, localizados em Bocaina do Sul-SC..... 48

Tabela 11 - Teores de magnésio nas folhas, ramos e cascas da serapilheira ao longo das estações do ano 2010/2011 em plantios de *Eucalyptus dunnii* com diferentes idades, localizados em Bocaina do Sul-SC..... 49

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Coletor de serapilheira (A) e disposição dos coletores (B) instalados nas parcelas dos plantios de um, dois e três anos de <i>Eucalyptus dunnii</i> durante o período de avaliação experimental. | 18 |
| Figura 2 - Teores de fósforo (A), potássio (B), cálcio (C) e magnésio (D) nas folhas, e temperatura média ao longo das quatro estações, de dezembro de 2010 a novembro de 2011, em plantios de <i>Eucalyptus dunnii</i> , localizados em Bocaina do Sul-SC. | 27 |
| Figura 3 - Deposição total de serapilheira (folhas + ramos + cascas) e variação da temperatura média (A) e de precipitação pluviométrica média (B) ao longo das estações do ano 2010/2011 em plantios de <i>Eucalyptus dunnii</i> , localizados em Bocaina do Sul-SC. | 32 |
| Figura 4 - Precipitação media mensal ao longo das estações do ano de dezembro de 2010 a novembro de 2011, na região de localização dos plantios de <i>Eucalyptus dunnii</i> , em Bocaina-SC. Fonte: Estação Metereológica da Epagri Lages (2011)..... | 45 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 12 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO | 13 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS | 16 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 20 |
| 4.1 Crescimento das árvores de <i>Eucalyptus dunnii</i> ao longo das estações..... | 20 |
| 4.2 Teor dos nutrientes na parte aérea | 21 |
| 4.3 Deposição de Serapilheira ao longo das estações..... | 28 |
| 4.4 Teor dos nutrientes na serapilheira de <i>Eucalyptus dunnii</i> | 33 |
| 5 CONCLUSÕES..... | 40 |
| 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 41 |
| 7 ANEXOS | 45 |

1 INTRODUÇÃO

Os reflorestamentos com gênero *Eucalyptus* para celulose são de rotação curta e alta produtividade, fazendo com que grandes quantidades de nutrientes sejam requeridas. Os plantios florestais geralmente estão concentrados em solos de baixa fertilidade, tornando o processo de ciclagem de nutrientes indispensável à sustentabilidade dos plantios.

É importante acompanhar o desenvolvimento nutricional da planta durante a rotação, avaliando a disponibilidade de nutrientes, tanto na planta quanto no solo, para poder entender a dinâmica dos nutrientes nos diversos componentes da serapilheira. Nas regiões tropicais e subtropicais, é fundamental que se tenha conhecimentos acerca da dinâmica dos nutrientes nos diversos componentes de um ecossistema florestal, para que se possa adotar um manejo que venha assegurar a sustentabilidade do mesmo, (SCHUMACHER, 1998).

À medida que os componentes folhas, ramos, cascas vão sendo incorporados à serapilheira e sofrem o processo de decomposição, ocorre a liberação desses nutrientes ao solo e, consequentemente, disponibilização para as plantas. Assim a quantificação dos nutrientes da biomassa e a ciclagem, permitem avaliar a magnitude dos impactos causados pela intervenção antrópica ou por fenômenos naturais, tornando possível, por meio de estudos de ciclagem denutrientes, a quantificação das saídas ou perdas de nutrientes do ecossistema (OKI, 2002).

A quantidade de nutrientes fornecida ao solo pela deposição da serapilheira e o acúmulo de nutrientes na biomassa varia de um elemento para o outro, sendo afetada pelos diferentes níveis de fertilidade do solo, pelas características nutricionais de cada espécie e a pela idade da floresta (SCHUMACHER, 1992). A menor dependência dos nutrientes disponíveis no solo ocorre após o fechamento das copas. A partir desse momento, a ciclagem de nutrientes atende grande parte da demanda de nutrientes. (KOLM & POGGIANI)

O estudo de ciclagem se justifica por si só, devido ao alto custo dos fertilizantes minerais, principalmente quando se trata de fósforo. Entender a dinâmica dos nutrientes nesses povoamentos contribui para o correto manejo nutricional. O objetivo deste

trabalho é entender a dinâmica de nutrientes em plantios de *Eucalyptus dunnii* no diferentes componentes visando um manejo racionalizado dos recursos naturais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Os fatores que afetam a forma e a ciclagem de nutrientes estão intimamente ligados às condições climáticas e fenológicas, bem como aos aspectos ambientais, variando de espécie para espécie (SCHUMACHER, 1992; POGGIANI e SCHUMACHER, 2000).

Em geral, observa-se um aumento da deposição da serapilheira até a idade em que as árvores atingem a maturidade ou fecham as suas copas. Após esse ponto pode ocorrer ligeiro decréscimo ou estabilização (BRAY e GHORAN, 1964).

A produção de serapilheira e a devolução de nutrientes em ecossistemas florestais constituem a via mais importante do ciclo biogeoquímico (relação dos nutrientes no esquema solo-planta-solo). Esse ciclo caracteriza-se, no primeiro estádio, pela absorção de nutrientes pelas raízes e por sua distribuição pelas diferentes partes da planta, sendo a taxa de absorção de nutrientes maior no período em que as árvores se encontram em estádio juvenil, o que corresponde ao período de maior produtividade dentro do processo de sucessão (KIMMINS, 1987). Após esse período, os nutrientes são transferidos novamente para o solo, pela deposição de serapilheira, lixiviação de folhas, ramos e troncos e pela ação da chuva, (POGGIANI & SCHUMACHER, 2000).

A acumulação de serapilheira é variável de acordo com o ecossistema considerado e seu estádio na sucessão (DELITTI, 1989).

Segundo PRITCHETT (1990), a absorção dos nutrientes pelas árvores é influenciada pela espécie, pela cobertura do dossel e pelas condições edafoclimáticas. Em princípio, a absorção anual de nutrientes é da mesma ordem da apresentada pelas culturas agrícolas, mas como a maior parte dos nutrientes absorvidos é devolvida para o solo florestal, quantidades relativamente pequenas são retidas no acréscimo anual da biomassa arbórea.

A quantidade de nutrientes em um ecossistema florestal é representada pelo somatório dos nutrientes contidos nos diferentes componentes da biomassa arbórea, vegetação do sub-bosque, serapilheira e solo (POGGIANI, 1992). Potencialmente, outras perdas podem ocorrer em virtude da erosão ou da lixiviação após a retirada das árvores, quando o solo permanece descoberto.

O acúmulo de nutrientes da biomassa arbórea, segundo SCHUMACHER (1992), varia de elemento para elemento, em função dos diferentes níveis de fertilidade do solo, das características nutricionais de cada espécie e da idade da floresta.

A ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais, plantados ou naturais, tem sido amplamente estudada com o intuito de se obter maior conhecimento da dinâmica dos nutrientes nestes ambientes, não só para o entendimento do funcionamento dos ecossistemas, mas também buscando informações para o estabelecimento de práticas de manejo florestal para recuperação de áreas degradadas e manutenção da produtividade de sítios degradados em recuperação (SOUZA; DAVIDE, 2001).

A vegetação devolve nutrientes ao solo por meio da circulação de matéria, que é representada pela deposição de serapilheira, galhos grossos e troncos e pela morte de raízes, principalmente as finas (VOGT; GRIER; VOGT, 1986). A serapilheira é a principal via de transferência de carbono, nitrogênio, fósforo e cálcio; o potássio é devolvido principalmente por meio da precipitação, e o magnésio, é variável entre diferentes florestas (COLE & RAPP, 1980).

De acordo com CUEVAS E MEDINA (1986), a quantidade e qualidade de nutrientes fornecidos ao solo, pela deposição da serapilheira, é variável, sendo dependente, principalmente, das espécies que compõem a formação florestal e da disponibilidade de nutrientes no solo.

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

A serapilheira, por ser a principal via de transferência de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e cálcio, é utilizada para comparar a eficiência de utilização de nutrientes, em diferentes florestas. A fração constituída pelas folhas da serapilheira, por apresentar pequena variação em sua distribuição espacial, em seu conteúdo de nutrientes, e por ser a responsável pela maior parte da transferência anual de nutrientes ao solo, torna-se a mais adequada para comparação entre ecossistemas florestais.

Para VITAL et al. (2004), a transferência de nutrientes para o solo (N, P, K, Ca e Mg) acompanha a tendência de deposição da serapilheira. Também se observa que, em climas mais secos e com temperaturas mais elevadas, ocorre uma maior formação de serapilheira. Já a decomposição ocorre com maior rapidez e com uma disponibilização

mais imediata dos nutrientes para as plantas nos locais onde ocorrem as maiores precipitações. (SELLE, 2007).

De acordo com SOUZA (2001), mais relevante do que a simples acumulação quantitativa é o processo de mineralização do material orgânico responsável pela liberação dos nutrientes para o solo.

Nas regiões tropicais e subtropicais, é fundamental que se tenha conhecimentos acerca da dinâmica dos nutrientes nos diversos componentes de um ecossistema florestal, para que se possa adotar um manejo que venha assegurar a sustentabilidade dos mesmos (SCHUMACHER, 1996).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de campo foi instalado em novembro de 2010, sob um Cambissolo Húmico distrófico com textura média, localizado na Fazenda Guarujá, de propriedade da Klabin S.A., no município de Bocaina do Sul, SC. As características químicas desse solo são descritas na Tabela 1.

Foram avaliados, durante o período de um ano, plantios de *Eucaliptus dunnii maiden* com um, dois e três anos de idade, sendo que em cada idade de plantio foram instaladas 3 parcelas de 20 x 30 m. As coordenadas UTM dos três plantios, são, respectivamente: 600762 e 693731, 599829 e 693772, e 599556 e 693676, localizadas numa altitude média de 877 m acima do nível médio do mar. O Clima do local é classificado como mesotérmico úmido, Cfb na Classificação Climática de Köppen (Santa Catarina, 1986).

A área onde o experimento foi instalado encontra-se no segundo ciclo de plantio, cujo ciclo anterior tinha *Pinus taeda*, o qual foi cortado aos 17 anos. Antes dos plantios de eucalipto, em janeiro de 2009, fevereiro de 2008 e dezembro de 2007, respectivamente, foi realizado o preparo do solo com subsolagem, a uma profundidade em torno de 45 cm, utilizando trator de esteira. No momento da subsolagem aplicou-se 200 kg ha⁻¹ de fosfato natural reativo, Gafsa. Em todos os plantios foi utilizado o espaçamento de 2,5 x 2,5m.

Os plantios de eucaliptos foram fertilizados aos quinze dias após o plantio, com a adição de 150g por planta do adubo da fórmula 06-30-06. O fertilizante foi aplicado em duas pequenas covas laterais, de aproximadamente 5 cm de diâmetro, a 10 cm de profundidade e a 10 cm distante da planta, sendo aplicado metade da dose em cada cova. Aos três e aos seis meses após os plantios foram realizadas adubações de cobertura, com aplicações de 200 g do adubo da fórmula 15-05-30, na superfície do solo e na projeção da copa de todas as plantas. O controle da plantas espontâneas foi feito por meio do uso do herbicida pós-emergente (**Scout**), e o controle de formiga foi efetuado com iscas granuladas (**Sulfuramida**).

Em meados das estações: primavera, verão, outono e inverno, ou seja, nos meses de novembro de 2010, fevereiro, maio e agosto de 2011, respectivamente, foram coletadas amostras de folhas e de solo e foram realizadas medições dendométricas em

cada parcela de todos os plantios. A amostragem foi efetuada em aproximadamente 120 árvores de cada ciclo. Mensalmente, a partir de novembro de 2010, foram coletadas amostras da serapilheira, por meio de coletores.

Para a amostragem das folhas, foram selecionadas dez árvores próximas aos coletores de serapilheira. Coletaram-se folhas recém-maduras, no terço médio da copa de cada árvore, nos quatro quadrantes. As folhas foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 60°C até peso constante, moídas, submetidas à digestão sulfúrica, com posterior determinação dos teores de fósforo, potássio, cálcio e magnésio.

No solo, foram amostradas as camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade. Após secagem em estufa de circulação forçada de ar a 60°C, por 48h, elas foram moídas, e determinados as quantidades extraíveis de fósforo e potássio, pelo método de Mehlich-1, e de cálcio e magnésio. As quantificações desses nutrientes, tanto no solo quanto no tecido vegetal, foram feitas de acordo com a metodologia proposta por TEDESCO et al. (1995).

As medições dendométricas incluíram o diâmetro médio na altura do peito (DAP - altura de 1,30 m) e a altura total, as quais foram posteriormente utilizadas para a quantificação do volume de madeira produzido pelas árvores.

Tabela 1 - Características do Cambissolo Húmico nas áreas experimentais de cultivos de *Eucalyptus dunnii* de um, dois e três anos de idade¹.

| Profundidade cm | pH _{água} | Argila % | MO | P mg dm ⁻³ | K | Ca | Mg cmol _c dm ⁻³ | Al | CTC |
|----------------------|--------------------|-------------|-----|--------------------------|----|------|--|------|-------|
| Plantio de um ano | | | | | | | | | |
| 0 – 20 | 4,2 | 25 | 4,4 | 0,4 | 76 | 0,94 | 0,66 | 9,34 | 11,13 |
| 20 -40 | 4,3 | 30 | 2,6 | 0,4 | 55 | 0,47 | 0,14 | 9,32 | 10,07 |
| Plantio de dois anos | | | | | | | | | |
| 0 – 20 | 4,1 | 20 | 3,1 | 0,4 | 88 | 0,72 | 0,29 | 10,7 | 11,90 |
| 20 -40 | 4,0 | 27 | 2,2 | 2,6 | 81 | 0,52 | 0,19 | 11,2 | 12,10 |
| Plantio de três anos | | | | | | | | | |
| 0 – 20 | 3,8 | 18 | 3,9 | 0,8 | 33 | 0,07 | 0,12 | 10,8 | 11,09 |
| 20 -40 | 4,0 | 21 | 3,5 | 1,1 | 29 | 0,17 | 0,08 | 10,0 | 10,33 |

¹Análises de solo realizadas segundo metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

A produção de serapilheira foi avaliada nos três plantios de eucalipto. Para tanto, em novembro de 2010 foram instalados 11 coletores em cada parcela, com dimensões 50 x 50 x 10 cm, a uma altura de 50 cm do solo, distribuídos em formato de “x”, como mostram as fotos 1 A e 1 B. Mensalmente, de dezembro de 2011 a novembro de 2012, foram coletadas serapilheiras depositadas nos coletores. Após a coleta, elas foram levadas para o laboratório, onde foram separadas em três componentes: folhas, casca e galhos, sendo a seguir colocadas para secar em estufa de circulação forçada de ar a 60°C até peso constante. Na sequência, foi quantificado o peso de matéria seca mensal de cada componente e calculadas as quantidades totais de matéria seca de folhas, casca e galhos, assim como o total de serapilheira. Os materiais dos diferentes componentes de serapilheira (folhas, casca e ramos) foram moídos e submetidos à análise para determinação dos teores de fósforo, potássio, cálcio e magnésio. De posse da massa seca e da composição química das diversas frações, foi estimada a quantidade mensal de cada nutriente contido na serapilheira de um hectare.

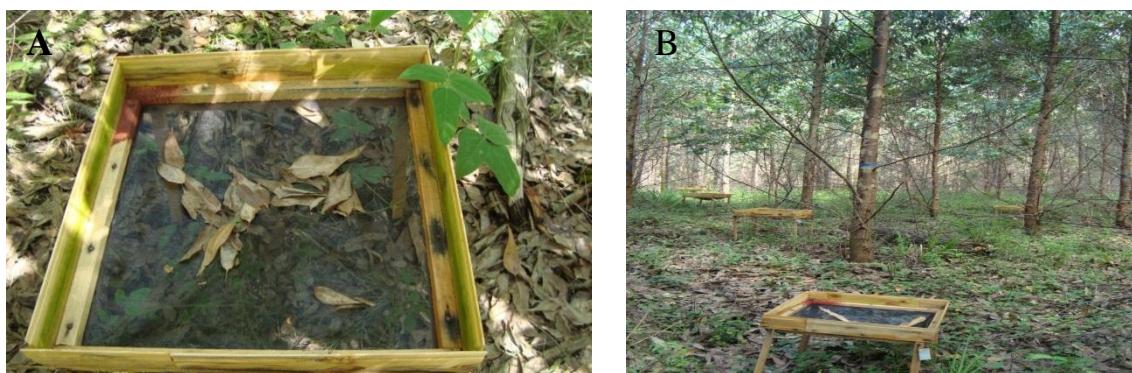


Figura 1 - Coletor de serapilheira (A) e disposição dos coletores (B) instalados nas parcelas dos plantios de um, dois e três anos de *Eucalyptus dunnii* durante o período de avaliação experimental.

As análises de tecido vegetal e de solo foram realizadas no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo do Centro de Ciências Agroveterinárias da UDESC, conforme metodologia descrita por TEDESCO et al. (1995).

Para auxiliar na interpretação dos resultados obtidos, foram utilizados dados meteorológicos de temperatura (média, máxima e mínima), e de precipitação (diária e mensal). Esses dados foram coletados na estação meteorológica da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), localizada no município de Lages, cujas coordenadas geográficas são 27°48'27" de latitude e 50°19'44" de longitude com altitude de 938 m acima do nível médio do mar.

Os dados analíticos do solo, dendrométricos, de matéria seca e da quantidade de nutrientes foram submetidos à análise estatística utilizando o aplicativo “Sisvar”. Quando houve significância estatística, procedeu-se a comparação das médias por meio do teste Tukey a 5% de significância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Crescimento das árvores de *Eucalyptus dunnii* ao longo das estações

Houve efeito significativo das estações no aumento em altura, DAP e volume das árvores nas três idades plantios (Tabela 2). Houve diferença significativa na altura e volume de madeira entre as três idade de plantio dentro de cada estação avaliada. Isto já era esperado uma vez que se trata de plantios novos onde ocorre rápido desenvolvimento, principalmente em altura.

As estações de maior crescimento em altura nos plantios foram o verão e o outono, onde se constatou incrementos de aproximadamente 26,7 e 25,7%, respectivamente, no plantio de um ano, enquanto que no inverno foi de apenas cerca de 1,4%. Para os plantios de dois e três anos os incrementos nas estações de verão, outono e inverno foram de aproximadamente 23,4, 10,8 e 1,7% e 9,8, 10,9 e 0,3%, respectivamente.

Para o DAP, os plantios de um e dois anos praticamente não diferenciaram dentro de cada estação, diferenciando do plantio de três anos. Já dentro de cada plantio, a estação que promoveu maior DAP foi o verão, com incrementos para os plantios de um, dois e três anos que corresponderam a 256,5, 239,1 e 239,4%, respectivamente. No outono os incrementos foram bem menores que no verão, correspondendo a 8,6, 8,7 e 2,9%, respectivamente. Já no inverno, se constatou o menor incremento no DAP que correspondeu a apenas 4,3, 3,0 e 1,1%, para os respectivos plantios.

O verão promoveu maior crescimento em altura e DAP das arvores, consequentemente apresentou maior diferença de volume de madeira produzido entre as estações, os quais corresponderam a um aumento de 43,9, 28,23; 16,76%, para os plantios de um dois e três anos respectivamente, enquanto que o verão promoveu incrementos que corresponderam, respectivamente, a 30,1; 18,01 e 10,16%.

Tabela 2- Medidas de altura e de diâmetro médio a altura do peito (DAP) e estimativa do volume de madeira em plantios de *Eucalyptus dunnii* com diferentes idades, ao longo das estações do ano, de novembro de 2010 a agosto de 2011, localizados em Bocaina do Sul-SC

| Estações do ano | Plantios | | |
|----------------------------------|----------|----------|----------|
| | 1 ano | 2 anos | 3 anos |
| Altura (m) | | | |
| Primavera | 5,95 Cc | 7,96 Bc | 10,31 Ab |
| Verão | 7,54 Cb | 9,82 Bb | 11,32 Aa |
| Outono | 9,48 Cab | 10,88 Ba | 12,55 Aa |
| Inverno | 9,61 Ca | 11,07 Ba | 12,59 Aa |
| DAP (cm) | | | |
| Primavera | 2,46 Bc | 2,74 Abc | 3,25 Ac |
| Verão | 8,77 Bb | 9,29 Bb | 11,03 Ab |
| Outono | 9,52 Ba | 10,1 Ba | 11,35 Aa |
| Inverno | 9,93Ba | 10,4 Ba | 11,47 Aa |
| Volume ($m^3 \text{ ha}^{-1}$) | | | |
| Primavera | 3,6 Ac | 7,2 Ac | 10,7 Ac |
| Verão | 43,7 Cb | 85,0 Bb | 118,1 Ab |
| Outono | 62,9 Ca | 109,1 Ba | 137,9 Aa |
| Inverno | 68,8 Ca | 117,1 Ba | 142,9 Aa |

Médias seguidas de letras distintas minúsculas na vertical, dentro de cada variável dendométrica e maiúsculas na horizontal, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

4.2 Teor dos nutrientes na parte aérea

O teor de fósforo nas folhas das plantas de *Eucalyptus dunnii* foi, em geral, semelhante entre os anos de plantios e dentro de cada estação de crescimento anual. A exceção ocorreu nas folhas das estações de verão e primavera, no plantio de três anos, onde o teor foi menor do que nos demais. Comparando-se os teores de P ao longo das estações, dentro de cada ano de plantio, observou-se que, em geral, os valores no inverno (0,8, 1,0 e 1,0 g kg^{-1} , para os respectivos plantios de um dois e três anos)

seguidos daqueles no outono (1,3 1,6 1,5 g kg⁻¹, respectivamente) foram significativamente menores em relação aos valores encontrados na primavera e no verão (Tabela 3).

Para os teores de potássio nas folhas, não foi constatada diferença significativa entre os plantios dentro de cada estação climática. Entretanto, quando comparado aos teores dentro de cada plantio ao longo das estações, todos os plantios apresentaram menor teor de potássio no inverno, cujos valores foram de 5,0, 6,9 e 7,8 g kg⁻¹, respectivamente para os plantios de um, dois e três anos. Nas demais estações, o teor não diferiu dentro de cada plantio, variando de 9,7 a 13,3 g kg⁻¹ no plantio de um ano e de 10,2 a 15,7 g kg⁻¹ no plantio de dois anos, e de 10,5 a 15,3 g kg⁻¹ no plantio de três anos (Tabela 3).

De forma semelhante ao potássio, o teor de cálcio nas folhas entre os plantios dentro de cada estação do ano não apresentou variação significativa. No entanto, para o teor dentro de cada plantio ao longo das estações, apenas o plantio de um ano apresentou variação significativa, onde no outono observou-se maior teor (7,5 g kg⁻¹) em relação às demais estações, as quais não diferenciaram entre si e apresentaram teor variando de 4,9 a 5,4 g kg⁻¹ (Tabela 3).

O teor de magnésio nos três plantios apresentou valores que variaram de 0,8 a 2,1 g kg⁻¹. Em geral, o teor foi maior no plantio de três anos dentro de cada estação do ano, em relação aos plantios de um e dois anos. Na comparação entre as estações dentro de cada plantio, o maior teor de Mg foi encontrado no verão, para os três plantios.

Para o *Eucalyptus dunnii*, BOARDMAN et al. (1996) relatam que as faixas adequadas de teores dos nutrientes nas folhas são: 1,1 a 2,2 g kg⁻¹ para P, 8 a 15 g kg⁻¹ para K, 4 a 8 g kg⁻¹ para Ca, e 1,8 a 2,8 g kg⁻¹ para Mg. Por outro lado, BELLOTE & SILVA (2000), em estudo de revisão de trabalhos existentes na literatura, mencionam que as faixas adequadas de teores dos nutrientes nas folhas de *Eucalyptus* devem estar entre: 0,9 a 1,4 g kg⁻¹ para P, 7,5 a 8,3 g kg⁻¹ para K, 3,8 a 6,0 g kg⁻¹ para Ca, e 2,6 a 6,2 g kg⁻¹ para Mg. Deste modo, os teores de P no inverno nas folhas do plantio de um ano, os de K no inverno nos plantios de um e dois anos, os de Ca na primavera no plantio de três anos, e praticamente todos os valores de Mg em todos os plantios (exceto no de três anos, no verão e outono) não se encontram na faixa adequada.

Em relação à época de amostragem, BELLOTE & SILVA (2000) relatam que as flutuações climáticas sazonais são as que mais influenciam as variações dos teores de nutrientes minerais nas folhas. Segundo eles, nos períodos de maior temperatura e maior

umidade no solo são encontrados, para os macronutrientes, os maiores teores nas folhas e as menores variações na concentração de nutrientes entre repetições dentro de um mesmo tratamento.

Como a precipitação na região de localização do experimento manteve-se bem distribuída ao longo das estações, variando de 590 a 670 mm (Figura 3), a temperatura média atmosférica tornou-se o fator determinante na concentração dos nutrientes neste estudo, sendo que nas estações com temperaturas média mais elevadas ocorreram os maiores teores de P, K e, em geral, de Mg nas folhas (Figura 2 - A, B C e D). Isso pode ser explicado pela maior atividade fisiológica das árvores nos períodos mais quentes, onde a inexistência de falta de água no solo favoreceu a absorção dos nutrientes, bem como pela intensa atividade microbiana devido as temperaturas mais altas, pois a cada 10°C em temperatura tem-se a duplicação da velocidade da reação no sistema.

A ordem relativa do teor médio anual de nutrientes nas folhas para os plantios de um e dois anos foi a seguinte: K > Ca > P > Mg; porém, no plantio de três anos foi K > Ca > Mg > P (Tabela 2). De acordo com GONÇALVES (1992) o teor de macronutrientes nas folhas segue a ordem: N > K > Ca > Mg > P > S .

A inversão da ordem de Mg por P no plantio de três anos pode estar ligada ao fato dos plantios de um e dois anos ainda estarem sob o efeito residual da adubação fosfatada adicionada por ocasião do preparo do solo, plantio e de cobertura. Nessas ocasiões foram aplicados 200 kg ha⁻¹ de fosfato natural de Gafsa e, posteriormente, 150 g/planta do fertilizante 06-30-06 e 200 g/planta do fertilizante 15-05-30, em cobertura, aos 3 e 6 meses após plantio, respectivamente. Nas estações mais quentes (verão e primavera), o teor de P nas folhas do plantio de três anos foi menor em relação aos plantios de um e dois anos.

Tabela 3 - Teores de fósforo, potássio, cálcio e magnésio nas folhas de plantios de *Eucalyptus dunnii* com diferentes idades ao longo das estações do ano, de novembro 2010 a agosto 2011, localizados em Bocaina do Sul-SC.

| Estações do ano | Plantios | | |
|--------------------------------|----------|---------|---------|
| | 1 ano | 2 anos | 3 anos |
| Fósforo (g kg ⁻¹) | | | |
| Verão | 2,0 Ab | 2,1 Aa | 1,6 Bab |
| Outono | 1,3 Ac | 1,6 Ab | 1,5 Ab |
| Inverno | 0,8 Ad | 1,0 Ac | 1,0 Ac |
| Primavera | 2,1 Aa | 2,1 Aa | 1,7 Ba |
| Potássio (g kg ⁻¹) | | | |
| Verão | 13,3Aa | 15,7 Aa | 15,3 Aa |
| Outono | 9,7 Aa | 10,2Aa | 10,5 Aa |
| Inverno | 5,0 Ab | 6,9 Ab | 7,8 Ab |
| Primavera | 11,8Aa | 15,0 Aa | 13,7 Aa |
| Cálcio (g kg ⁻¹) | | | |
| Verão | 5,4 Ab | 4,9 Aa | 3,9 Aa |
| Outono | 7,5 Aa | 6,6 Aa | 5,1 Aa |
| Inverno | 5,3 Ab | 5,3 Aa | 4,1 Aa |
| Primavera | 4,9 Ab | 5,5 Aa | 3,4 Aa |
| Magnésio (g kg ⁻¹) | | | |
| Verão | 1,6 Ba | 1,5 Ba | 2,1 Aa |
| Outono | 1,5 Aa | 1,2 Bb | 1,9 Ab |
| Inverno | 1,0 Bb | 0,8 Bc | 1,6 Ab |
| Primavera | 1,0 Bb | 1,0 Bcb | 1,5 Ab |

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, dentro de cada nutriente, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Os teores de fósforo (Tabela 4), cálcio e magnésio (Tabela 5) no solo, em geral, não diferiram significativamente entre os plantios, ao longo das estações climáticas. Portanto, a concentração desse nutriente não sofreu as influências climáticas sazonais das estações do ano. Para o potássio (Tabela 4), o teor no solo do plantio de três anos foi

menor nas duas profundidades, dentro das estações do outono, inverno e primavera, em relação aos plantios de um e dois anos.

Segundo os limites de interpretação de teores de nutrientes disponíveis no solo, na camada de 0-20 cm, estabelecidos pela Comissão de Fertilidade do Solo RS/SC (2004), o teor de fósforo, em geral, manteve-se dentro da classe “média”. O potássio, por outro lado, varia de médio para o plantio de três anos, a alto, nos plantios de dois e um ano. Os teores de cálcio e magnésio no solo mantiveram-se dentro da classe classificada como “baixa”.

Tabela 4 - Teores de fósforo e potássio no solo ao longo das estações do ano, de novembro 2010 a agosto 2011 em plantios de *Eucalyptus dunnii* com diferentes, localizados em Bocaina do Sul-SC.

| Estações do ano | Plantios | | |
|--|----------|---------|---------|
| | 1 ano | 2 anos | 3 anos |
| Fósforo (mg dm ⁻³) | | | |
| Profundidade de 0 – 20 cm | | | |
| Verão | 6,8 Aa | 12,2 Aa | 10,6 Aa |
| Outono | 5,6 Aa | 5,1 Aa | 6,1 Aa |
| Inverno | 7,8 Aa | 10,0 Aa | 4,0 Ba |
| Primavera | 8,1 Aa | 7,1 Aa | 7,0 Aa |
| Profundidade de 20 – 40 cm | | | |
| Verão | 5,7 Aa | 6,1 Aa | 5,6 Aa |
| Outono | 4,7 Aa | 3,7 Aa | 9,6 Aa |
| Inverno | 6,1 Aa | 6,1 Aa | 2,8 Ba |
| Primavera | 3,9 Aa | 6,8 Ba | 3,6 Aa |
| Potássio (cmol _c dm ⁻³) | | | |
| Profundidade de 0 – 20 cm | | | |
| Verão | 70 Aa | 66 Aa | 67 Aa |
| Outono | 58 ABa | 73 Aa | 36 Bb |
| Inverno | 72 Aa | 57 Ba | 54 Bab |
| Primavera | 78 Aa | 74 Aa | 39 Bb |
| Profundidade de 20 – 40 cm | | | |
| Verão | 75 Aa | 52 Aab | 56 Aa |
| Outono | 52 Bb | 63 Aab | 46 Ba |
| Inverno | 57 Aab | 43 Bb | 49 Ba |
| Primavera | 72 Aab | 69 Aa | 36 Ba |

*Início em dezembro/2010. Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, dentro de cada profundidade, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 5 - Teores de cálcio e magnésio no solo ao longo das estações do ano de novembro 2010 a agosto 2011 em plantios de *Eucalyptus dunnii* com diferentes, localizados em Bocaina do Sul-SC.

| Estações do ano | Plantios | | |
|--|----------|---------|---------|
| | 1 ano | 2 anos | 3 anos |
| Cálcio ($\text{cmol}_{\text{c}} \text{dm}^{-3}$) | | | |
| Profundidade de 0 – 20 cm | | | |
| Verão | 0,95 ABa | 1,08 Aa | 0,60 Ba |
| Outono | 0,58 Aa | 0,91 Aa | 0,42 Aa |
| Inverno | 0,59 Aa | 0,50 Aa | 0,39 Aa |
| Primavera | 0,45 Aa | 0,97 Aa | 0,44 Aa |
| Profundidade de 20 – 40 cm | | | |
| Verão | 0,87 ABA | 0,69 Aa | 0,29 Ba |
| Outono | 0,31 Aa | 0,41 Aa | 0,27 Aa |
| Inverno | 0,55 Aa | 0,37 Aa | 0,37 Aa |
| Primavera | 0,39 Aa | 0,84 Aa | 0,41 Aa |
| Magnésio ($\text{cmol}_{\text{c}} \text{dm}^{-3}$) | | | |
| Profundidade de 0 – 20 cm | | | |
| Verão | 0,39 Aa | 0,44 Aa | 0,34 Aa |
| Outono | 0,37 ABa | 0,54 Aa | 0,29 Ba |
| Inverno | 0,44 Aa | 0,36 Aa | 0,29 Aa |
| Primavera | 0,42 Aa | 0,39 Aa | 0,29 Aa |
| Profundidade de 20 – 40 cm | | | |
| Verão | 0,37 Aa | 0,28 Aa | 0,16 Aa |
| Outono | 0,16 ABa | 0,25 Aa | 0,14 Ba |
| Inverno | 0,41 Aa | 0,21 Aa | 0,28 Aa |
| Primavera | 0,38 Aa | 0,33 Aa | 0,29 Aa |

*Início em dezembro/2010. Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, dentro de cada profundidade, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

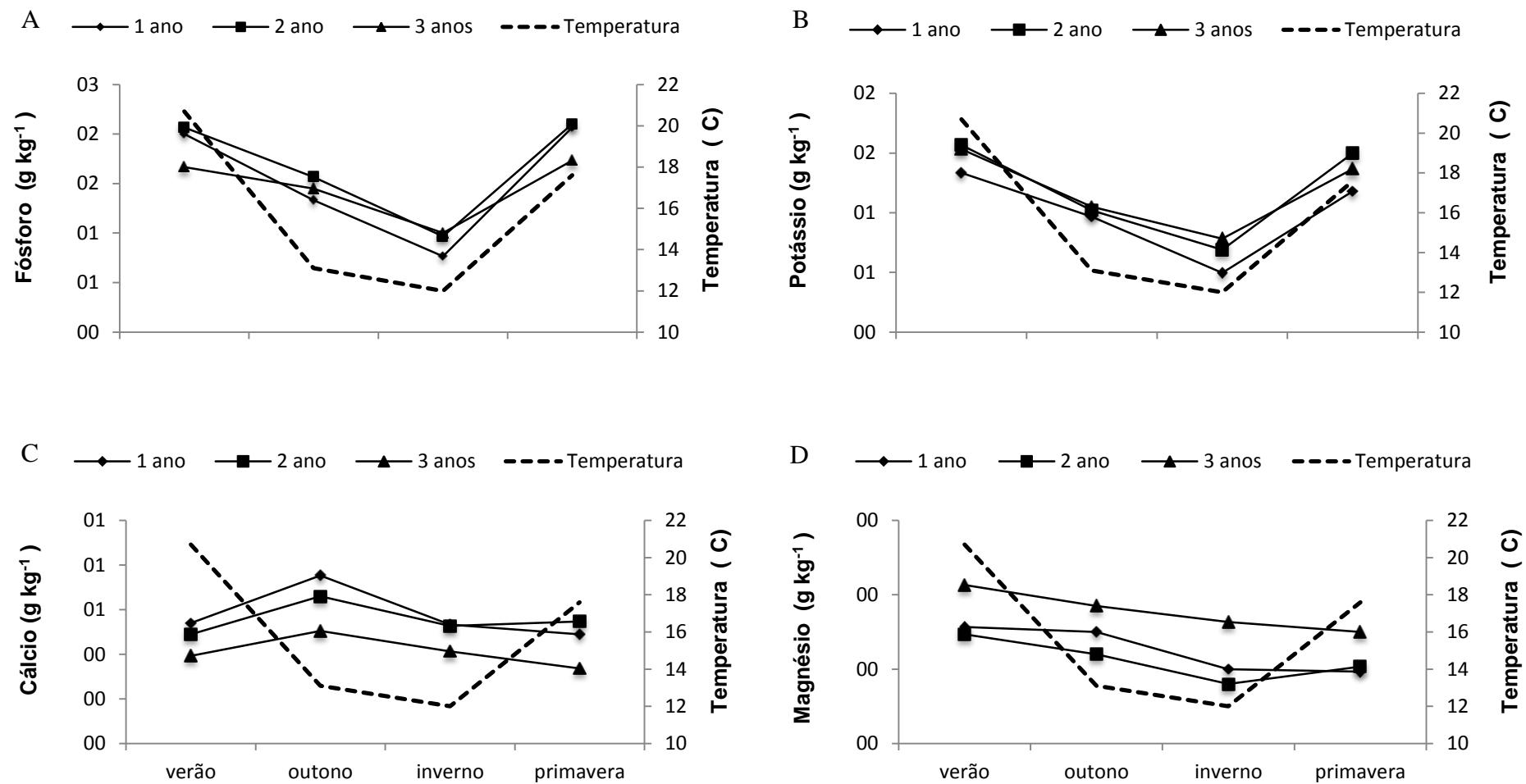


Figura 2 - Teores de fósforo (A), potássio (B), cálcio (C) e magnésio (D) nas folhas, e temperatura média ao longo das quatro estações, de dezembro de 2010 a novembro de 2011, em plantios de *Eucalyptus dunnii*, localizados em Bocaina do Sul-SC.

4.3 Deposição de serapilheira ao longo das estações

A deposição de cada componente que constitui a serapilheira, em cada plantio, apresentou, em geral, variações ao longo das quatro estações do ano avaliado 2010/1011 (Tabela 6).

No plantio de um ano, a deposição de folhas foi significativamente maior no verão (2141 kg ha^{-1}) do que no inverno (1113 kg ha^{-1}), este não tendo se diferenciado da primavera e do outono. Para os ramos, não houve diferença significativa na deposição ao longo das estações climáticas, cujas quantidades variaram de 3 a 33 kg ha^{-1} . Para o componente constituído pela casca, as maiores deposições ocorreram no inverno e no outono (8 e 11 kg ha^{-1} , respectivamente) em relação ao verão e à primavera (0 e 1 kg ha^{-1} , respectivamente).

O plantio de dois anos apresentou comportamento semelhante ao plantio de um ano com relação à deposição de folhas, sendo que no verão a quantidade foi de 2236 kg ha^{-1} e no inverno foi de 969 kg ha^{-1} . Para os ramos, houve diferença significativa em sua deposição ao longo das estações, onde a maior quantidade foi constatada no inverno (109 kg ha^{-1}) e a menor no verão (21 kg ha^{-1}); nas estações de outono e primavera, as deposições de ramos foram intermediárias. As maiores deposições de casca ocorrem nas estações outono e inverno (74 e 46 kg ha^{-1} , respectivamente) e as menores no verão e primavera (1 e 9 kg ha^{-1} , respectivamente).

No plantio de três anos, a deposição de folhas na serapilheira ao longo das estações apresentou maior variação em relação aos demais plantios. A ordem decrescente de deposição ocorreu no verão (2192 kg ha^{-1}), seguido do outono (1159 kg ha^{-1}) e do inverno (601 kg ha^{-1}); na primavera, a deposição foi intermediaria às demais estações climáticas (1580 kg ha^{-1}), não diferindo significativamente da deposição ocorrida no verão e no outono. A deposição de ramos foi significativamente maior na primavera (123 kg ha^{-1}) em relação ao verão (26 kg ha^{-1}), tendo havido deposições de quantidades intermediárias no outono e inverno, as quais não diferiram das estações de maior e menor deposição. A deposição de casca apresentou comportamento semelhante ao verificado nos plantios nos plantios mais novos, onde as maiores deposições foram constatadas no outono e inverno (104 e 59 kg ha^{-1} , respectivamente) e as menores, no verão e primavera (32 e 26 kg ha^{-1} , respectivamente).

De uma maneira geral, portanto, as maiores deposições de folha na serapilheira ocorreram no verão e na primavera, enquanto que para a casca, isso aconteceu no

outono e no inverno. A deposição de ramos, por outro lado, variou muito ao longo das estações climáticas.

Na comparação de produção de serapilheira por componente (folhas, ramos e cascas) entre plantios e dentro de cada estação climática (Tabela 6), a deposição de folhas não diferenciou significativamente entre os anos de plantios em praticamente todas as estações, exceto para a primavera, onde o plantio de um ano apresentou menor deposição (1431 kg ha^{-1}) em relação ao plantio de dois anos (2213 kg ha^{-1}), não diferindo do de três anos (1580 kg ha^{-1}). Para os componentes constituídos por ramos e cascas, o plantio de um ano apresentou, em geral, menor deposição em relação aos plantios de dois e três anos, os quais praticamente não diferenciaram entre si na maioria das estações climáticas. No verão, os três plantios depositaram quantidades estatisticamente semelhantes.

Os plantios de um, dois e três anos depositaram um total de 6196, 7415 e 6080 $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de serapilheira, respectivamente, sendo que o componente constituído pelas folhas foi o que mais contribui para essas quantidades (Tabela 6). A contribuição média deste componente na serapilheira total para os plantios de um, dois e três anos foi de 98, 95 e 91%, respectivamente. Para os componentes constituídos por ramos e cascas, as contribuições foram respectivamente de 1,6; 3,2 e 5,4% e de 0,4, 1,8 e 3,6%. Segundo BRAY & GOHRAN (1964), as serapilheiras das diferentes florestas, em geral, são constituídas por 60 a 80 % de folhas, de 1 a 15 % por ramos, e de 1 a 25 % por cascas das árvores.

Conforme observado, há uma tendência na redução da contribuição das folhas e um aumento na contribuição dos ramos e da casca na serapilheira com o aumento da idade dos plantios. Isto pode ser explicado pela diminuição da proporção de biomassa foliar nas árvores com o aumento da idade do povoamento (SILVA et al., 2004) e aumento na queda de ramos (galhos) e cascas.

Tabela 6 - Deposição de serapilheira nos componentes constituídos por folhas, ramos e cascas ao longo das estações climáticas do ano, de novembro de 2010 a agosto 2011 em plantios de *Eucalyptus dunnii* com diferentes, localizados em Bocaina do Sul-SC.

| Estações do ano | Produção de serapilheira por componente (kg ha ⁻¹) | | | | | | | | |
|--------------------|--|-------|-------|-------------------|--------|-------|-------------------|---------|--------|
| | Folha | Ramo | Casca | Folha | Ramo | Casca | Folha | Ramo | Casca |
| | Plantio de 1 ano | | | Plantio de 2 anos | | | Plantio de 3 anos | | |
| Verão* | 2141 Aa | 3 Aa | 0 Ab | 2236 Aa | 21 Ab | 1 Ab | 2192 Aa | 26 Ab | 32 Ab |
| Outono | 1392 Aab | 37 Aa | 8 Ba | 1639 Aab | 44 Aab | 74 Aa | 1159 Abc | 84 Aab | |
| | | | | | | | | | Cvvvbb |
| | | | | | | | | | bbbbbv |
| | | | | | | | | | bbv |
| | | | | | | | | | bvi104 |
| | | | | | | | | | Aa |
| Inverno | 1113 Ab | 26 Ba | 11 Ba | 969 Ab | 109 Aa | 46 Aa | 601 Ac | 92 ABab | 59 Aab |
| Primavera | 1431 Bab | 33 Ba | 1 Bb | 2213 Aa | 55 Bab | 9 Ab | 1580 Bab | 123 Aa | 26 Ab |
| Total | 6077 | 99 | 20 | 6196 | 7056 | 229 | 130 | 7415 | 5534 |
| | | | | | | | | | 325 |
| | | | | | | | | | 221 |
| | | | | | | | | | 6080 |

*Início em dezembro/2010. Médias seguidas de letras distintas, maiúscula na horizontal, dentro de cada componente e entre plantios, e minúscula na vertical, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

A deposição total de serapilheira (folhas + ramos + cascas) entre plantios dentro de cada estação do ano foi semelhante na maioria das estações, sendo que apenas na primavera os plantios apresentaram diferença significativa (Figura 3). Nesta estação, a maior deposição foi verificada para o plantio de dois anos (2277 kg ha^{-1}) e a menor deposição para o plantio de um ano (1475 kg ha^{-1}), sendo que no plantio de três anos a deposição de serapilheira foi intermediaria (1729 kg ha^{-1}) não diferenciando dos demais plantios.

A deposição total de serapilheira (folhas + ramos + cascas) individualmente em cada plantio variou ao longo das estações do ano (Figura 3). Os plantios de um e dois anos apresentaram as maiores deposições no verão (2144 e 2258 kg ha^{-1} , respectivamente), no outono (1437 e 1757 kg ha^{-1} , respectivamente) e na primavera (1475 e 2277 , respectivamente), as quais não diferiram significativamente entre si dentro de cada plantio. No inverno, por outro lado, ocorreu a menor deposição para os dois plantios (1150 e 1124 kg ha^{-1} , respectivamente). Para o plantio de três anos, as maiores deposições foram constatadas no verão (2250 kg ha^{-1}) e na primavera (1729 kg ha^{-1}) e as menores deposições no outono e no inverno (1347 e 752 kg ha^{-1} , respectivamente).

O aumento de deposição de serapilheira ao longo das estações do ano, em todos os plantios, acompanhou o aumento da temperatura média (Figura 3A). No verão e na primavera (com temperaturas médias de $20,7$ e $17,6^{\circ}\text{C}$, respectivamente), houve maior deposição, enquanto que no outono e inverno (com temperaturas médias de $13,1$ e $12,0^{\circ}\text{C}$, respectivamente) ocorreu, em geral, menor deposição. Este efeito não foi aparentemente influenciado pela precipitação pluviométrica (Figura 3B). A maior precipitação pluviométrica foi constatada no inverno (670 mm) e a menor no outono (590 mm), o que proporcionou uma diferença máxima de apenas 80 mm . No verão e na primavera, as precipitações apresentaram valores intermediários, de 657 e 635 mm , respectivamente. Isto era presumível, uma vez que na região do Planalto Catarinense, a sazonalidade climática se deve principalmente à variação de temperatura, pois a distribuição da precipitação é aproximadamente homogênea ao longo do ano (dados da Epagri Lages 2010/2011).

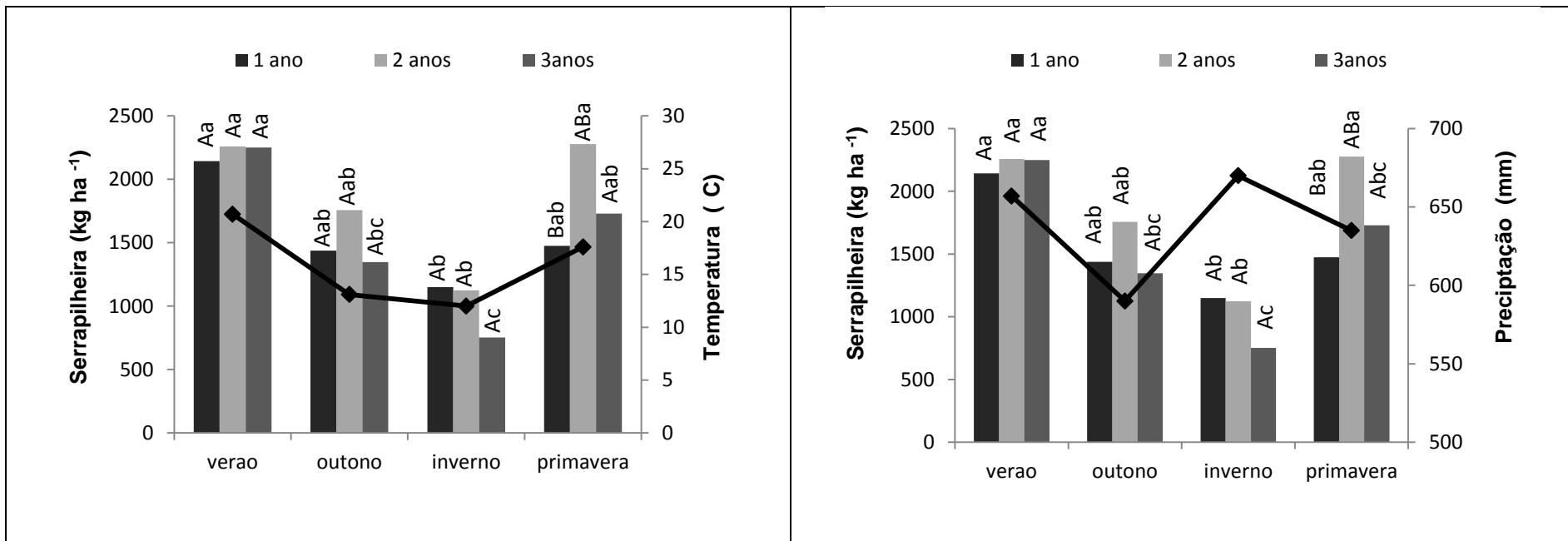


Figura 3 - Deposição total de serapilheira (folhas + ramos + cascas) e variação da temperatura média (A) e de precipitação pluviométrica média (B) ao longo das estações do ano 2010/2011 em plantios de *Eucalyptus dunnii*, localizados em Bocaina do Sul-SC.

As maiores deposições de serapilheira, em geral, estão associadas às estações de maior crescimento vegetativo, as quais se associam com o aumento da temperatura média das estações do ano. Deste modo, maiores deposições decorrem da constante troca de folhas proporcionada pelo crescimento e sombreamento. Segundo TURNER & LAMBERT (1983), o aumento na deposição de serapilheira correlaciona-se positivamente com incrementos na biomassa foliar e na área basal. Em estudo de ciclagem de nutrientes realizado em plantio de *Eucalyptus dunnii*, em um Latossolo Vermelho Distrófico típico, localizado em Bagé-RS, cujo monitoramento seguiu dos 15 aos 27 meses de idade, o período de maior deposição de serapilheira foi constatado a partir do inicio do período de crescimento vegetativo e do fechamento do dossel (CORRÊA, 2011).

4.4 Teor dos nutrientes na serapilheira de *Eucalyptus dunnii*

Os teores dos nutrientes P, K, Ca e Mg contidos nos diferentes componentes da serapilheira dentro de cada estação climática para os diferentes plantios encontram-se nas Tabelas 9, 10, 11 e 12 do Anexo

Em geral, em todos os plantios, o maior teor de P nas folhas de serrapilheira ocorreu no inverno e na primavera, entretanto, nos componentes constituídos por ramos e cascas praticamente não houve variação significativa (Anexo, Tabela 9).

O teor de K nas folhas da serrapilheira foi maior no outono e no inverno, sendo que nos ramos não diferenciou significativamente ao longo das estações nos diferentes plantios. O Potássio nos ramos, no plantio de um ano, foi menor no verão enquanto que no plantio de dois essa estação apresentou o maior teor (Anexo, Tabela10).

O teor de Ca nas folhas, nos três anos de plantio, foi maior no verão. Nesta mesma estação climática, o teor de Ca na casca dos plantios de um e dois anos foi o menor nesta estação. Nos ramos, não houve diferença significativa entre as estações (Anexo, Tabela 11).

O teor de Mg nas folhas da serapilheira geralmente foi maior no outono do que nas demais estações climáticas, em todos os plantios. Nos componentes constituídos por ramos e cascas, o teor de Mg praticamente não diferenciou significativa ao logo das estações, em todos os plantios, exceto no plantio de dois anos cujo teor de Mg na casca, foi o menor no verão (Anexo, Tabela 12).

VITAL et al. (2004) observaram que em climas mais secos e com temperaturas mais elevadas, ocorre maior formação de serapilheira. Por outro lado, SELLE (2007), avaliando a influencia da precipitação pluviométrica observou que em locais onde ocorreram as maiores precipitações a decomposição ocorreu com maior rapidez, o que resultou numa disponibilização mais imediata dos nutrientes para as plantas.

LAMB (1976) estudou as variações dos teores de nutrientes em *E. deglupta*, comparando as períodos chuvosos e de seca, em função da época de amostragem e posição das folhas nos ramos, constatou que a variação dos teores nas folhas foi muito pequena.

Em um estudo com *E. grandis*, KOLM & POGGIANI (2003) verificaram que a maior deposição de serapilheira ocorreu no período mais quente e chuvoso do ano, enquanto que o período de menor deposição de serapilheira ocorreu na época fria e seca. Estes mesmos resultados também foram observados por CARPANEZZI (1980), em plantações de *E. saligna* com 5 anos, por POGGIANI (1985), em plantios de *E. saligna* aos 7 e 10 anos de idade, por SCHUMACHER (1992), para *E. grandis* com 7 anos, e também por TURNER e LAMBERT (1983), em plantios de *E. grandis* com 27 anos, na Austrália. POGGIANI (1985) e SCHUMACHER (1992) também constataram a maior deposição de serapilheira durante as estações de maior temperatura ambiental.

O teor médio anual no período 2010/2011 de nutrientes P, K, Ca e Mg nos diferentes componentes da serapilheira, para os três anos de plantio, estão apresentados na Tabela 7. Comparando-se os teores médios anuais de P entre plantios e dentro de cada componente da serapilheira (folha, ramo e casca), observou-se que o plantio de um ano apresentou teores médios significativamente maiores (0,83, 0,24 e 0,25 g kg⁻¹, respectivamente) em relação ao plantio de três anos (0,62, 0,14 e 0,21 g kg⁻¹, respectivamente), não diferindo significativamente do plantio de dois anos, tanto nas folhas quanto na casca.

Para os teores médios de K, foi constatada que o plantio de dois anos apresentou maiores teores nas folhas (3,91 g kg⁻¹), nos ramos (3,13 g kg⁻¹) e nas cascas (0,95 g kg⁻¹) em relação ao plantio de três anos (2,65, 1,65 e 0,66 g kg⁻¹, respectivamente), não diferindo significativamente do plantio de um ano nos componentes constituídos por folhas (3,63 g kg⁻¹) e cascas (0,89 g kg⁻¹). Sendo os maiores teores encontrados nas folhas, teores intermediários na casca e os menores teores nos ramos.

Os teores médios de Ca mostraram-se bastante variáveis entre os plantios em cada componente. Nas folhas, os teores diferenciaram significativamente entre os três

plantios, e o maior teor foi constatado no plantio de um ano ($13,78 \text{ g kg}^{-1}$), seguido do plantio de dois anos ($12,41 \text{ g kg}^{-1}$) e por fim do plantio de três anos ($7,54 \text{ g kg}^{-1}$). Para o componente ramo, o plantio de um e de dois anos apresentaram maiores teores ($7,98$ e $8,70 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente) em relação ao teor de Ca no plantio de três anos ($5,64 \text{ g kg}^{-1}$). Nas cascas, o plantio de dois anos foi o que apresentou maior teor médio de Ca ($3,98 \text{ g kg}^{-1}$) em relação aos plantios de um e de três anos ($3,58$ e $3,43 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente), os quais não diferiram entre si.

O plantio de três anos apresentou os teores médios de Mg significativamente superiores em todos os componentes (folha = $1,21 \text{ g kg}^{-1}$, ramo = $0,77 \text{ g kg}^{-1}$ e casca = $1,11 \text{ g kg}^{-1}$) em relação ao plantio de dois anos ($0,84$, $0,49$ e $0,78 \text{ g kg}^{-1}$, para os respectivos componentes), não diferenciando do plantio de um ano no tocante a folhas e ramos.

Para os teores de fósforo, BELLOTE et al. (1980), estudando *E. grandis*, encontraram acúmulo estimado de $0,23 \text{ g kg}^{-1}$ no caule. HAAG et al. (1963), estudando a mesma espécie, observaram valores de $0,37 \text{ g kg}^{-1}$ de P no caule. Para o *E. viminalis*, LUBRANO (1970) encontrou teores de $0,39 \text{ g kg}^{-1}$ de P caule.

Com relação ao K, BELLOTE et al. (1979) observaram $3,90 \text{ g kg}^{-1}$ de ramo ativo e $2,21 \text{ g kg}^{-1}$ de caule. HAAG et al. (1963), encontraram em *E. grandis* com a mesma idade, teores de $5,72 \text{ g kg}^{-1}$ em ramo ativo e $5,07 \text{ g kg}^{-1}$ no caule.

Para cálcio, BELLOTE (1979) encontrou a quantidade de $6,86 \text{ g kg}^{-1}$ de ramos ativos, e HAAG et al. (1963) quantificou $10,60 \text{ g kg}^{-1}$ de ramo em plantas com a mesma idade. Para o magnésio, este mesmo autor mostra o aumento do acúmulo com o aumento da idade, sendo $1,16 \text{ g kg}^{-1}$ de ramo.

Para os três plantios, o componente constituído pelas folhas da serapilheira foi o que apresentou os maiores teores médios anual dos nutrientes P, K, Ca e Mg, sendo que a casca foi o componente com menores teores de K e Mg (Tabela 7). Deste modo, o teor médio de P nos plantios de um, dois e três anos apresentou a seguinte ordem: folha > ramo = casca. Para os teores médios de K e Ca, a ordem nos três plantios foi: folha > ramo > casca. Já para os teores de Mg, o plantio de uma ano apresentou a ordem: folha > ramo = casca; nos plantios de dois e três anos, a ordem foi folha = casca > ramo. Entretanto, SCHUMACHER (1992) relata que, em geral, o acúmulo de nutrientes nos tecidos apresenta a seguinte ordem: folhas > casca > ramos > lenho.

Estas ordens estão de acordo com o encontrado por CORRÊA (2010), em plantios de *E. Dunnii*, no Rio Grande do Sul, por COELHO (1983), estudando diferentes

espécies de *Eucalyptus*, por PRITCHETT (1990), em florestas decíduas, nos Estados Unidos, por WOOD et al. (1977), em florestas de *Platanus occidentalis*, e por SILVA et al. (1983), em povoamentos de *E. grandis*.

SILVA et al. (1983) observaram, em *E. grandis*, que os nutrientes se concentram de forma decrescente, nas folhas, ramos, casca e lenho e relata que dentro dos diferentes componentes de uma mesma árvore, podem-se observar diferenças nos teores e conteúdos de nutrientes, de acordo com sua função bioquímica. BELLOTE (1979) encontrou maiores teores de nutrientes nas folhas, com exceção do cálcio, cobre e manganês. RENNIE (1955) relata que a casca é o componente que detém maior quantidade de cálcio.

A ordem dos teores médios, anual, e a grandeza dos valores dos nutrientes dentro dos componentes constituídos por folha e ramos nos três plantios estudados, em geral, foi Ca > K > Mg > P. Já para o componente formado por ramos, ocorreu uma inversão entre o K e Mg no plantio de três anos; para os demais plantios (um e dois anos), a ordem seguiu a mesma encontrada para as folhas (Tabela 7). De acordo com HAAG (1985), a tendência de concentração de nutrientes na serapilheira de sistemas florestais naturais é bastante similar ao de florestas implantadas, ou seja, o nitrogênio é o nutriente em maior concentração, seguido pelo cálcio, potássio, magnésio e fósforo. Esta ordem foi verificada principalmente para os plantios de um e três anos deste estudo.

Tabela 7- Teor médio anual (dezembro/2010 a novembro/2011) de fósforo, potássio, cálcio e magnésio nos componentes da serapilheira em plantios de *Eucalyptus dunnii* com diferentes idades, localizados em Bocaina do Sul-SC.

| Componentes da serapilheira | Idade dos plantios | | |
|--------------------------------|--------------------|----------|---------|
| | 1 ano | 2 anos | 3 anos |
| Fósforo (g kg ⁻¹) | | | |
| Folha | 0,83 Aa | 0,89 Aa | 0,62 Ba |
| Ramo | 0,24 Ab | 0,18 Bb | 0,14 Bb |
| Casca* | 0,25 Ab | 0,28 Ab | 0,21 Bb |
| Potássio (g kg ⁻¹) | | | |
| Folha | 3,63 Aa | 3,91 Aa | 2,65 Ba |
| Ramo | 2,40 Bb | 3,13 Ab | 1,65 Cb |
| Casca | 0,89 Ac | 0,95 Ac | 0,66 Bc |
| Cálcio (g kg ⁻¹) | | | |
| Folha | 13,78 Aa | 12,41 Ba | 7,54 Ca |
| Ramo | 7,98 Ab | 8,70 Ab | 5,64 Bb |
| Casca* | 3,58 Bc | 3,98 Ac | 3,43 Bc |
| Magnésio (g kg ⁻¹) | | | |
| Folha | 1,20 Aa | 0,84 Ba | 1,21 Aa |
| Ramo | 0,70 Ab | 0,49 Bb | 0,77 Ab |
| Casca* | 0,69 Bb | 0,78 Ba | 1,11 Aa |

*O teor médio anual de nutrientes para a fração casca contabiliza somente os meses com deposição desta fração. Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, dentro de cada nutriente, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%

Comparando-se os teores dos nutrientes nas folhas das árvores dos três plantios (Tabela 2) com as folhas da serapilheira (Anexo, Tabelas 9, 10, 11,12), constata-se que os teores de P e K foram bem menores neste último, enquanto que para o cálcio ocorreu grande aumento. Esta inversão dos teores dos nutrientes pode ser explicada pelo fato de que os nutrientes ligados a compostos orgânicos, como N, P e S, podem ser prontamente translocados. Maior dificuldade aparece no caso de metais pesados e dos íons alcalino terrosos, especialmente de cálcio. Estes últimos acumulam-se firmemente nas folhas, o que marca o fim da rota de translocação pelo xilema. Assim, com o envelhecimento, os elementos Ca, S e os outros elementos que se movem com menos facilidade acumulam-se nas folhas. Por outro lado, os elementos mais móveis como N, P e, sobretudo o K, são mais concentrados nas folhas jovens e a concentração deles declina à medida que as folhas amadurecem e envelhecem (LARCHER, 1986).

A ordem e grandeza dos valores do aporte de nutrientes nos plantios de um e três anos foi Ca > K > Mg > P. Já para o plantio de dois anos esta ordem foi invertida, onde o Mg obteve aporte levemente superior ao de P (Tabela 8).

O aporte anual de P via serapilheira para os plantios de um, dois e três anos foram aproximadamente de 5,1, 6,4 e 3,5 kg ha⁻¹, respectivamente. O plantio de dois anos depositou, em média, 45% mais fósforo em relação ao plantio de três anos. Para o aporte anual de K nos plantios de um (22,3 kg ha⁻¹) dois (28,4 kg ha⁻¹) e três anos (15,3 kg ha⁻¹), observou-se comportamento semelhante ao do P, onde o plantio de dois anos depositou 46% mais K em relação ao plantio de três anos. Já para o aporte anual de Ca, as deposições foram de aproximadamente 85, 90 e 162 kg ha⁻¹, para os plantios de um, dois e três anos, respectivamente, o plantio de três anos depositou cerca de 48% a mais em relação ao plantio de um ano. Quanto ao Mg, o aporte foi semelhante para os plantios de um (7,37 kg ha⁻¹) dois (6,14 kg ha⁻¹) e três anos (7,21 kg ha⁻¹) (Tabela 8).

Em função das quantidades de aporte de nutrientes via serapilheira aqui relatados, verifica-se que a deposição de serapilheira é de fundamental importância na manutenção da capacidade produtiva dos solos, principalmente nos de baixa fertilidade.

O aporte dos nutrientes P, K, Ca e Mg ocorreu, sobretudo, devido às folhas, que representou uma média de 99, 97 e 95% no aporte anual de nutrientes, nos respectivos plantios de um, dois e três anos. A maior contribuição das folhas no aporte dos nutrientes pode ser explicada em grande parte pela contribuição delas na serapilheira (98, 95 e 91%, respectivamente para os plantios de um, dois e três anos) e em parte pelos maiores teores destes nutrientes, geralmente encontrados neste componente. Após o componente constituído pelas folhas, o aporte seguiu a ordem ramo > casca (Tabela 8). De forma concordante, CORRÊA (2011) encontrou em *E. dunni* a seguinte ordem: folha > miscelânea > galho grosso, com exceção para Ca, em que a ordem foi alterada para folha > galho grosso > miscelânea. CUNHA et al. (2005) também avaliaram a concentração de macronutrientes na serapilheira depositada em *E. grandis* e encontraram resultados semelhantes.

Tabela 8 - Aporte anual (dezembro/2010 a novembro/2011) de fósforo, potássio, cálcio e magnésio nos componentes da serapilheira em plantios de *Eucalyptus dunnii* com diferentes idades, localizados em Bocaina do Sul-SC*.

| Componentes da serapilheira | Idade dos plantios | | |
|---------------------------------|--------------------|---------------|----------------|
| | 1 ano | 2 anos | 3 anos |
| Fósforo (kg ha ⁻¹) | | | |
| Folha | 5,04 (99,4% **) | 6,28 (98,8%) | 3,43 (97,4%) |
| Ramo | 0,02 (0,5%) | 0,04 (0,6%) | 0,05 (1,3%) |
| Casca | 0,01 (0,1%) | 0,04 (0,6%) | 0,05 (1,3%) |
| Aporte total | 5,07 | 6,36 | 3,53 |
| Potássio (kg ha ⁻¹) | | | |
| Folha | 22,06 (98,8%) | 27,59 (97,0%) | 14,66 (95,6%) |
| Ramo | 0,24 (1,1%) | 0,72 (2,5%) | 0,54 (3,5%) |
| Casca | 0,02 (0,1%) | 0,12 (0,5%) | 0,15 (0,9%) |
| Aporte total | 22,32 | 28,43 | 15,35 |
| Cálcio (kg ha ⁻¹) | | | |
| Folha | 83,74 (99,0%) | 87,56 (97,2%) | 153,00 (94,2%) |
| Ramo | 0,79 (0,9%) | 1,99 (2,2%) | 6,71 (4,1%) |
| Casca | 0,07 (0,1%) | 0,51 (0,6%) | 2,77 (1,7%) |
| Aporte total | 84,60 | 90,07 | 162,49 |
| Magnésio (kg ha ⁻¹) | | | |
| Folha | 7,29 (98,9%) | 5,93 (96,5%) | 6,70 (93,1%) |
| Ramo | 0,07 (0,9%) | 0,11 (1,8%) | 0,26 (3,5%) |
| Casca | 0,01 (0,2%) | 0,10 (1,7%) | 0,25 (3,4%) |
| Aporte total | 7,37 | 6,14 | 7,21 |

*Valores obtidos a partir dos dados de deposição de serapilheira por componente exibidos na Tabela 2 e dos teores médios anual de nutrientes da Tabela 3 e. ** % em relação ao aporte total de serapilheira da Tabela 6.

5 CONCLUSÕES

A coleta de folhas para diagnose foliar deverá ser feita, de preferência, nas estações de maior atividade fisiológica - primavera e verão.

Os plantios de um, dois e três anos depositaram, respectivamente, 6196, 7415 e 6080 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de serapilheira, sendo 98, 95 e 91% relativo ao componente constituído pelas folhas.

Os teores de P, K, Ca e Mg foram superiores nas folhas, cuja ordem e grandeza de valor foi: Ca > K > Mg > P.

O aporte de nutrientes nos três plantios seguiu ordem e grandeza dos valores Ca > K > Mg > P, sendo o componente constituído pelas folhas o principal contribuinte.

Os teores de P, K, Ca e Mg nas folhas decresceram significativamente no Inverno.

O verão foi a estação de maior crescimento das árvores.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BELLOTE, A. F. J.; SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P.; OLIVEIRA, G. D. de. **Extração e exportação de nutrientes pelo *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden em função da idade: 2 – micronutrientes.** IPEF. Piracicaba: n.20, p. 27-45, 1980.

BOARDMANN, R.; CROMER, R. N.; LAMBERT, M. J.; WEB, M. J. **Forest Plantations.** In: REUTER, D. J.; ROBINSON, J. B. (Eds.). Plant Analysis: an Interpretation Manual. Melbourne, CSIRO Publishing, 1996. p.505-572.

BRAY , R.J.; GORHAM, E. **Litter production in forests of the world.** Advances in Ecological Research, v. 2, p 101-157, 1964. LARCHER, W.E. **Ecofisiologia Vegetal.** São Paulo: EPU, 1986. 319 p.

CARPANEZZI, A.A. **Deposição de material orgânico e nutrientes em uma floresta natural e em uma plantação de eucaliptos no interior do estado de São Paulo.** São Paulo, 1980. 115p. Tese (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo.

COLE, D. W.; RAPP, M. **Elemental cycling in forested ecosystems.** In: Reichle, D. E. Ed. Dynamic properties of forest ecosystems. Cambridge: Cambridge University, 1980. p. 341 – 409.

COELHO, L. C.; SILVA, H. D.; POGGIANI, Fábio. **Biomassa, concentração e conteúdo de nutrientes em cinco espécies de *eucalyptus* plantadas em solos de baixa fertilidade.** Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, n. 6/7, p. 9-25, Jun./Dez. 1983.

COMISÃO DE FERTILIDADE DO SOLO-RS/SC. **Manual de Adubação e Calagem para o Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** Porto Alegre, RS, 2004, 394p.

CORRÊA, S. R. **Ciclagem de nutrientes em *Eucalyptus dunni* estabelecido no Bioma Pampa.** Tese de Doutorado, Pós-Graduação em Engenharia Florestal/UFSM, 2011. 99p.

CUEVAS, E.; MEDINA, E. **Nutrient dynamics within Amazonian forest ecosystems.** In: nutrient flux in fine litter fall and efficiency of nutrient utilization. Decologia, v. 68, p. 446 –472, 1986.

CUNHA, G.M.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; COSTA, G.S. **Ciclagem de nutrientes em *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden no norte fluminense.** R. Árvore, 29(3), 353- 363, 2005.

DELITTI, W.B.C. **Ciclagem de nutrientes minerais em matas ciliares.** In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1989, São Paulo. Anais... São Paulo: Fundação Cargil, Secretaria do Meio Ambiente, Instituto de Botânica, 1989. p.88-98.

FERREIRA, D.F. **Sisvar:** versão 4.2. Lavras: UFLA, 2003.

GONÇALVES, J. L. M. ; KAGEYAMA, P. Y. ; FREIXEDAS, V. M. ; GONÇALVES, J. C. ; GERES, W. L. A. . **Capacidade de absorção e eficiência nutricional de algumas espécies arbóreas tropicais.** Revista do Instituto Florestal, São Paulo, v. 4, n.2, p. 463-469, 1992.

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

KIMMINS, J. P. **Forest ecology.** New York: Collier Macmillan Canada, 1987; São Paulo: Ed. UNESP, 1993. 184 p.

KOLM, L.; POGGIANI, F. **Ciclagem de nutrientes em povoamentos de Eucalyptus grandis submetidos a pratica de desbastes progressivos.** Scientia Forestalis, n. 63, p. 79-93, 2003.

LAMB, D. **Variations in the foliar concentrations of macro and micro elements in a fast growing tropical eucalypt.** Plant and soil, 45(2): 477-92, 1976.

LARCHER, W.E. **Ecofisiologia Vegetal.** São Paulo: EPU, 1986. 319 p.

LUBRANO, L. **Investigations on the nutrient requirements of some Eucalyptus species.** MERCOSUL: O AMBIENTE DA FLORESTA, 1996, Santa Maria, RS. Anais... Santa Maria: UFSM, CEPEF, 1996. p.65-77. 167p.

OKI, V. K. **Impactos da colheita de *Pinus taeda* sobre o balanço hídrico, a qualidade da água em microbacias.** 2002. 71 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

POGGIANI, F. **Alterações dos ciclos biogeoquímicos em florestas.** In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, 1992, São Paulo, SP. Anais... São Paulo : Revistado Instituto Florestal, 1992. v.3, p.734-739. 982p.

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

PRITCHETT, W.L. **Suelos forestales: propiedades, conservación y mejoramiento.** Mexico : John Wiley and Sons, 1990. 634p. Pubblicazione del Centro di perimentazione Agricola e Forestale, Roma, 11(1)

RENNIE, P.S. **The uptake of nutrients by mature forest growth. Plant and Soil.** The Hague, 7:49-95, 1955.

SANTA CATARINA. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. Sub-chefia de Estatística, Geografia e Informática. Atlas de Santa Catarina. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 1986. 173p.

SCHUMACHER, M. V.; HOPPE, J. M. **A floresta e a água**. Porto Alegre: Pallotti, 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 torelliana* F. Muell.** Piracicaba: Esalq, 1992. 87p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, 1992.

SELLE, G. L. **Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais**. Biosci. J., Uberlândia, v. 23, n. 4, p. 29-39, Oct./Dec. 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 componentes aéreos de *Eucalyptus benthamii***. Boletim Pesquisa Florestal, 49, 83-95, 2004.

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**. Rev. Cerne, Lavras, v. 7, n. 1, p. 101-113. 2001

TEDESCO, M.J.; GINELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995. 174p.

TURNER, J.; LAMBERT, M.J. **Nutrient cycling within a 27-years-old *Eucalyptus grandis* plantation in New South Wales**. Forest ecology and management, v.6, n.2, p.155-168, 1983.

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

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

VOGT, K. A.; GRIER, C. C. VOGT, D. J. **Production, turnover, and nutrient dynamics of above and belowground detritus of world forest**. Advances in Ecological Research, v. 15, p. 303 – 377, 1986.

WOOD, B.W.; WITTWE, R.F. & CARPENTER, S.B. **Nutrient element accumulation and distribution in an intensively cultured american is more plantations**. Plant and Soil, The Hague, 48(2):417-33, 1977.

7 ANEXOS

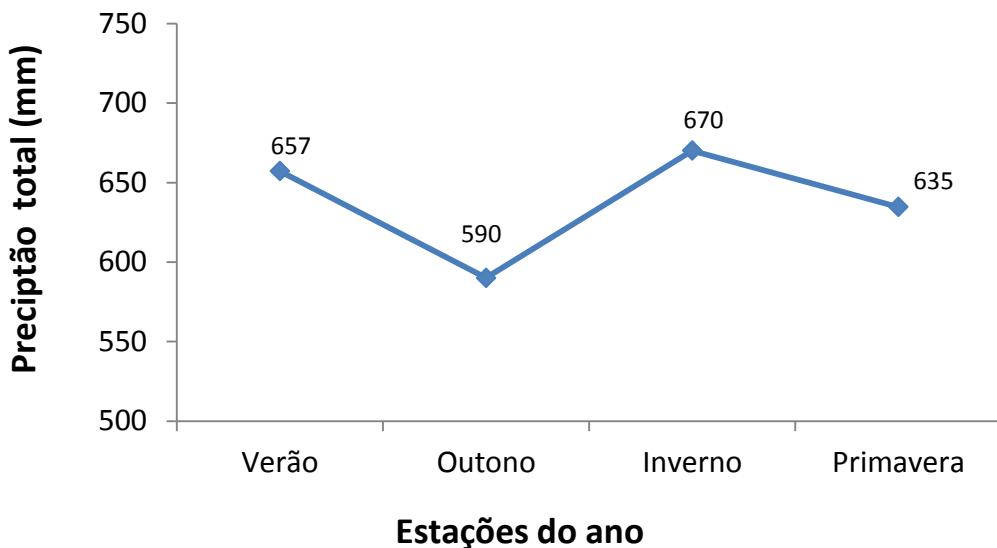


Figura 4 - Precipitação media mensal ao longo das estações do ano de dezembro de 2010 a novembro de 2011, na região de localização dos plantios de *Eucalyptus dunnii*, em Bocaina-SC. Fonte: Estação Metereológica da Epagri Lages (2011).

Tabela 9- Teores de fósforo nas folhas, ramos e cascas da serapilheira ao longo das estações do ano, de dezembro de 2010 a novembro de 2011 em plantios de *Eucalyptus dunnii* com diferentes idades, localizados em Bocaina do Sul-SC.

| Plantio (ano) | Idade do | Estações do ano* | | | |
|--|----------|------------------|----------|---------|-----------|
| | | Verão | Outono | Inverno | Primavera |
| Componente folha (g kg ⁻¹) | | | | | |
| 1 | 0,5Ba | 0,9Aa | 1,0 Aab | 0,9 Aa | |
| 2 | 0,6 Ca | 0,9Ba | 1,2 Aa | 0,9 Aa | |
| 3 | 0,5Ba | 0,5Bb | 0,9Ab | 0,8 Aa | |
| Componente ramo (g kg ⁻¹) | | | | | |
| 1 | 0,3Aa | 0,2Aa | 0,2Aa | 0,2Aa | |
| 2 | 0,1Ab | 0,1Aa | 0,2Aa | 0,3Aa | |
| 3 | 0,2Ab | 0,1Aa | 0,1Aa | 0,2Aa | |
| Componente casca (g kg ⁻¹) | | | | | |
| 1 | 0,5 Aa | 0,2 Aa | 0,4 Aa | 0,3 Aab | |
| 2 | 0,6 Aa | 0,2 Ba | 0,3 ABab | 0,3 Aa | |
| 3 | 0,5 Aa | 0,2 Aa | 0,2Ab | 0,2 Ab | |

*Início em dezembro/2010. Médias seguidas de letras distintas, minúscula na vertical, dentro de cada componente da serapilheira, e maiúscula na horizontal, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 10 - Teores de potássio nas folhas, ramos e cascas da serapilheira ao longo das estações do ano, de dezembro de 2010 a novembro de 2011, em plantios de *Eucalyptus dunnii* com diferentes idades, localizados em Bocaina do Sul-SC.

| Idade do Plantio (ano) | Estações do ano* | | | |
|--|------------------|--------|---------|-----------|
| | Verão | Outono | Inverno | Primavera |
| Componente folha (g kg ⁻¹) | | | | |
| 1 | 2,2Ba | 5,2 Aa | 4,3Aab | 2,3Ba |
| 2 | 2,9Ba | 4,7 Aa | 4,6 Aa | 3,2ABA |
| 3 | 2,2Aa | 3,1Ab | 3,1Ab | 2,1Aa |
| Componente ramo (g kg ⁻¹) | | | | |
| 1 | 2,3Aa | 2,4Aa | 2,2Aab | 3,0Aab |
| 2 | 2,6Aa | 3,2Aa | 3,6Aa | 3,3Aa |
| 3 | 1,5Aa | 1,9Aa | 1,8Ab | 1,3Ab |
| Componente casca (g kg ⁻¹) | | | | |
| 1 | 0,7Ba | 1,0Aa | 1,1 Aa | 0,9 ABa |
| 2 | 3,6Aa | 1,2Ba | 1,1Ba | 1,0Ba |
| 3 | 0,2Aa | 0,7Aa | 0,7Aa | 0,5Aa |

*Início em dezembro/2010. Médias seguidas de letras distintas, minúscula na vertical, dentro de cada componente da serapilheira, e maiúscula na horizontal, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 2 - Teores de cálcio nas folhas, ramos e cascas da serapilheira ao longo das estações do ano, de dezembro de 2010 a novembro de 2011 em plantios de *Eucalyptus dunnii* com diferentes idades, localizados em Bocaina do Sul-SC.

| Idade do Plantio (ano) | Estações do ano* | | | |
|--|------------------|---------|---------|-----------|
| | Verão | Outono | Inverno | Primavera |
| Componente folha (g kg ⁻¹) | | | | |
| 1 | 16,9 Aa | 13,9 Ba | 11,6 Ba | 12,3 Ba |
| 2 | 15,6 Aa | 12,2Ba | 10,5 Ba | 10,8 Ba |
| 3 | 8,8Ab | 8,0ABb | 6,4 Bb | 6,7 ABb |
| Componente ramo (g kg ⁻¹) | | | | |
| 1 | 9,9 Aa | 8,0 Ab | 8,0 Aab | 7,7Aab |
| 2 | 9,2 Aba | 11,3 Aa | 8,4 Ba | 8,3 Ba |
| 3 | 6,3 Aa | 5,4 Ab | 5,8 Ab | 5,2 Ab |
| Componente casca (g kg ⁻¹) | | | | |
| 1 | 2,3 Ba | 3,5 ABa | 4,5 Aa | 2,9 ABb |
| 2 | 2,7 Ca | 3,9 Ba | 3,9Ba | 4,9 Aa |
| 3 | 3,1 Aa | 3,3 Aa | 3,6 Aa | 3,9 Ab |

*Início em dezembro/2010. Médias seguidas de letras distintas, minúscula na vertical, dentro de cada componente da serapilheira, e maiúscula na horizontal, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 12 - Teores de magnésio nas folhas, ramos e cascas da serapilheira ao longo das estações do ano, de dezembro de 2010 a novembro de 2011, em plantios de *Eucalyptus dunnii* com diferentes idades, localizados em Bocaina do Sul-SC.

| Idade do Plantio (ano) | Estações do ano* | | | |
|--|------------------|---------|---------|-----------|
| | Verão | Outono | Inverno | Primavera |
| Componente folha (g kg ⁻¹) | | | | |
| 1 | 0,9 Ca | 1,5 Aa | 1,3 Ba | 1,1 BCb |
| 2 | 0,6 Bb | 1,0Ab | 1,0 Ab | 0,8 Abc |
| 3 | 1,1 Ba | 1,2 ABb | 1,2 ABa | 1,4 Aa |
| Componente ramo (g kg ⁻¹) | | | | |
| 1 | 0,7 Aab | 0,9 Aa | 0,7 Aab | 0,7 Aa |
| 2 | 0,5 Ab | 0,4 Ab | 0,5 Ab | 0,6 Aa |
| 3 | 0,8 Aa | 0,6 Aab | 0,8 Aa | 0,8 Aa |
| Componente casca (g kg ⁻¹) | | | | |
| 1 | 0,5 Ab | 0,8 Ab | 0,8 Ab | 0,4 Ab |
| 2 | 0,4 Bb | 1,0 Aab | 1,1 Aab | 0,7 ABab |
| 3 | 1,1 Aa | 1,2 Aa | 1,2 Aa | 0,9 Aa |

*Início em dezembro/2010. Médias seguidas de letras distintas, minúscula na vertical, dentro de cada componente da serapilheira, e maiúscula na horizontal, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.