

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

**CICLAGEM DE NUTRIENTES EM *Eucalyptus dunnii*
ESTABELECIDO NO BIOMA PAMPA**

TESE DE DOUTORADO

Robson Schaff Corrêa

Santa Maria, RS, Brasil

2011

**CICLAGEM DE NUTRIENTES EM *Eucalyptus dunnii*
ESTABELECIDO NO BIOMA PAMPA**

Robson Schaff Corrêa

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Silvicultura, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de

Doutor em Engenharia Florestal

Orientador: Prof. Dr. nat. techn. Mauro Valdir Schumacher

Santa Maria, RS, Brasil

2011

C824c Corrêa, Robson Schaff

Ciclagem de nutrientes em *Eucalyptus dunnii* estabelecido no bioma pampa / por Robson Schaff Corrêa. – 2011.

99 p. : il. ; 31 cm.

Inclui anexos.

Orientador: Mauro Valdir Schumacher.

Coorientador: Solon Jonas Longhi, Dalvan José Reinert.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2011.

1. Engenharia Florestal 2. Nutrição florestal 3. Serapilheira
4. *Eucalyptus dunnii* 5. Deposição atmosférica global 6.
Escorrimento pelo tronco 7. Gotejamento pela copa 8.
Precipitação global I. Schumacher, Mauro Valdir II. Longhi,
Solon Jonas III. Reinert, Dalvan José IV. Título.

CDU 631.81

Ficha catalográfica elaborada por Simone G. Maisonave – CRB 10/1733
Biblioteca Central da UFSM

© 2011

Todos os direitos autorais reservados a Robson Schaff Corrêa. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito do autor.

Endereço: Laboratório de Ecologia Florestal, Sala 5268, Prédio 44, CCR, UFSM, Av. Roraima, n. 1000, Bairro Camobi, Santa Maria, RS. CEP: 97105-900

Fone (0xx)55 3220 8641; Fax (0xx)55 3220 8444; E-mail: schaffcorrea@yahoo.com.br

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal**

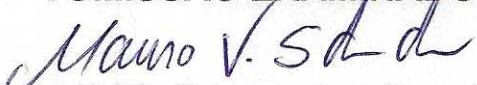
**A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Tese de Doutorado**

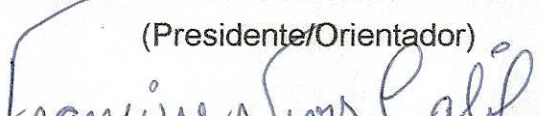
**CICLAGEM DE NUTRIENTES EM *Eucalyptus dunnii* ESTABELECIDO
NO BIOMA PAMPA**

elaborada por
Robson Schaff Corrêa

Como requisito parcial para obtenção do grau de
Doutor em Engenharia Florestal

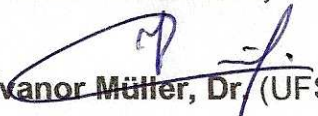
COMISSÃO EXAMINADORA


Mauro Valdir Schumacher, Dr. nat. techn.
(Presidente/Orientador)


Francine Neves Calil, Dr^a. (UFG)


Hamilton Luiz Munari Vogel, Dr. (UNIPAMPA)


Flávio Luiz Foletto Eltz, Dr. (UFSM)


Ivanor Müller, Dr. (UFSM)

Santa Maria, 15 de julho de 2011

À minha esposa

À minha família

Dedico este trabalho

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. nat. techn. Mauro Valdir Schumacher, pelo aceite, compromisso e tempo despendido na orientação, além de oportunizar diversas atividades para o crescimento pessoal e profissional;

À UFSM e ao PPGEF, por fornecerem apoio a todas as atividades relativas ao doutorado;

À CAPES, pela bolsa concedida;

À Stora Enso S/A, por oportunizar-me a atividade de pesquisa;

Aos acadêmicos do Laboratório de Ecologia Florestal, Simone, Clarissa, Caroline, Carline, Gabriel, Joel, Ana Cássia, Tayna, Thaís, Miguel e Maxiel e ao Eng. Ftal. Edenílson Liberalesso, quer pela ajuda na instalação, nas coletas, no processamento, quer pela amizade;

Aos acadêmicos Camila e Dione, sem os quais o trabalho teria sido demasiado árduo;

Aos pós-graduandos e colegas de LABEFLO, Eng. Ftais. Vicente Guilherme Lopes, Márcio Viera, Eduardo Kneipp Londero, Rudi Witschoreck, Julio Cesar Medeiros e Lien Beulch, pelas ajudas diversas e pela amizade;

Aos funcionários do LABEFLO, Biólogo Vitor Hugo Braga dos Santos, Químico Cristiano Kasdorf Giesbrecht e Carina Dala Costa;

À secretária do PPGEF, Filósofa Cerlene da Silva Machado (Tita), por todo o apoio e o auxílio despendidos;

A toda minha família, por além de tudo, a compreensão;

À minha esposa Melina, por apoiar-me sem hesitar; e

A todos que, de alguma forma, tenham contribuído ou não tenham sido citados.

RESUMO

Tese de Doutorado

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

Universidade Federal de Santa Maria

CICLAGEM DE NUTRIENTES EM *Eucalyptus dunnii* ESTABELECIDO NO BIOMA PAMPA

AUTOR: ROBSON SCHAFF CORRÊA

ORIENTADOR: MAURO VALDIR SCHUMACHER

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 15 de julho de 2011.

O objetivo deste trabalho foi avaliar aspectos da ciclagem de nutrientes em *Eucalyptus dunnii* através do monitoramento de um povoamento durante o período de um ano, começando quando as árvores estavam com 16,5 meses de idade, no município de Alegrete, Rio Grande do Sul, em área pertencente à empresa Stora Enso S/A,. Foi avaliada, mensalmente, a deposição atmosférica dentro e fora do plantio, através de coletores de água da precipitação, e a deposição de serapilheira. A precipitação dentro do povoamento foi feita através de 12 coletores de precipitação interna e 12 coletores de solução decorrente do escoamento pelo tronco. Já a precipitação global foi avaliada por dois coletores de precipitação instalados fora do povoamento e sem interferência do dossel. Para a amostragem da deposição de serapilheira foram instalados 16 coletores de 0,5 m² de área útil para avaliação das frações folhas e miscelânea (casca, material reprodutivo e galhos finos – diâmetro menor ou igual a 5 mm), além da instalação de 16 áreas de coleta de galhos grossos (diâmetro maior que 5 mm). Tanto os coletores de precipitação dentro do plantio, quanto a deposição de serapilheira foram avaliadas em quatro parcelas. Precipitação e serapilheira foram avaliadas quanto à quantidade, à concentração de elementos e ao aporte dos mesmos. A precipitação global foi de 1586 mm ano⁻¹, com 7% de interceptação pelo povoamento. A precipitação interna correspondeu a 98% da precipitação efetiva, sendo os 2% restantes relativos ao escoamento pelo tronco. A concentração de íons, na precipitação global, foi baixa, condizente com áreas rurais de regiões não industrializadas. Ocorreu maior aporte de elementos após a interação da precipitação global com o dossel florestal. Foram depositados 4,1 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de serapilheira, sendo 93% de folhas, 6% de miscelânea e 1% de galhos grossos. A concentração de macro e micronutrientes foi, para a maioria dos elementos, encontrada na fração folhas. A devolução de nutrientes foi maior via deposição de serapilheira, com exceção para o macronutriente S.

Palavras-chave: Escoamento pelo tronco. Gotejamento pela copa. Precipitação global. Deposição atmosférica global. Nutrição florestal. Serapilheira.

ABSTRACT

Tese de Doutorado

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

Universidade Federal de Santa Maria

NUTRIENTS CYCLING IN *Eucalyptus dunnii* PLANTED IN PAMPA BIOME

AUTHOR: ROBSON SCHAFF CORRÊA

ADVISER: MAURO VALDIR SCHUMACHER

Date and Place of Defense: Santa Maria, July 15th, 2011.

The goal of this study was to evaluate aspects of nutrients cycling in *Eucalyptus dunnii* by monitoring a stand throughout a year. This took place in Alegrete town, Rio Grande do Sul state, South Brazil, in an area of Stora Enso S/A, starting when stand was 16.5 months old. It was evaluated monthly rainfall and litterfall. Rainwater inside the stand was collected in 12 throughfall collectors and 12 stemflow collectors. The bulk precipitation was evaluated by two rainwater collectors located outside the stand. Assessing the litterfall, 16 collectors with 0.5 m² area were installed for the evaluation of leaves and miscellaneous (bark, reproductive material and branches - diameter less than or equal to 5 mm) fractions, plus the installation of 16 areas to collect thick branches (diameter greater than 5 mm). Rainwater and litterfall collectors were disposed in 4 blocks. Precipitation and litterfall were assessed for quantity, concentration of nutrients and input of these nutrients. Rainfall was 1586 mm y⁻¹, with 7% interception by the stand. Throughfall accounted for 98% of effective precipitation, and the remaining 2% was stemflow. The concentration of ions in bulk precipitation was low, consistent with the rural areas of non-industrialized regions. Higher inputs occurred after the interaction of bulk precipitation with the forest canopy. It was fell 4.1 Mg ha⁻¹ y⁻¹ litterfall, where leaves corresponded to 93%, 6% of miscellaneous and 1% of thick branches. The higher concentration of macro and micronutrients was in general found in leaves fraction. The nutrient input was higher to litterfall, except for the macronutrient S.

Key words: Stemflow. Throughfall. Rainfall. Bulk Deposition. Forest nutrition. Litterfall.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Evolução da área plantada com eucalipto no Estado do Rio Grande do Sul.16
- Tabela 2 – Atributos físicos e químicos (média \pm desvio padrão) do Latossolo Vermelho Distrófico típico em área de monitoramento de um plantio de *Eucalyptus dunnii* localizado em Alegrete, RS, em fevereiro de 2010...29
- Tabela 3 – Variáveis obtidas através de inventário florestal (média \pm desvio padrão) realizado ao início e ao final de um período de um ano de monitoramento realizado em plantio de *Eucalyptus dunnii* localizado em Alegrete, RS.30
- Tabela 4 – Valores (média \pm desvio padrão) de precipitação global (PG), escoamento pelo tronco (ET), precipitação interna (PI), precipitação efetiva (PE) e interceptação (INT) ao longo de um ano de monitoramento realizado em plantio de *Eucalyptus dunnii* localizado em Alegrete, RS.40
- Tabela 5 – Coeficiente de correlação simples (valor^{significância}) entre os valores médios mensais, em mm, de precipitação global (PG), escoamento pelo tronco (ET), precipitação interna (PI), precipitação efetiva (PE) e interceptação (INT – em mm e %) em um ano de monitoramento em plantio de *Eucalyptus dunnii*, em Alegrete, RS.....41
- Tabela 6 – Valores médios anuais (média \pm desvio padrão) de pH e concentração de íons na solução aquosa resultante do escoamento pelo tronco (ET), precipitação interna (PI), precipitação efetiva (PE) e precipitação global (PG) ao longo de um ano de monitoramento realizado em plantio de *Eucalyptus dunnii* em Alegrete, RS.43
- Tabela 7 – Aporte anual de íons na solução aquosa resultante do escoamento pelo tronco (ET), precipitação interna (PI), precipitação efetiva (PE) e precipitação global (PG) ao longo de um ano de monitoramento realizado em plantio de *Eucalyptus dunnii* em Alegrete, RS.46

Tabela 8 – Deposição de serapilheira e de suas frações (média ± desvio padrão) ao longo de um ano de monitoramento realizado em plantio de <i>Eucalyptus dunnii</i> localizado em Alegrete, RS.....	48
Tabela 9 – Correlação de Pearson (valor ^{significância}) entre variáveis climáticas e deposição das frações folha, miscelânea, galho grosso e de serapilheira ao longo de um ano de monitoramento realizado em plantio de <i>Eucalyptus dunnii</i> localizado em Alegrete, RS.	50
Tabela 10 – Concentração média anual e aporte anual de macronutrientes na serapilheira e nas frações folha (F), miscelânea (M) e galho grosso (GG) ao longo de um ano de monitoramento em <i>Eucalyptus dunnii</i> localizado em Alegrete, RS.	53
Tabela 11 – Concentração média anual e aporte anual de micronutrientes na serapilheira (S) e nas frações folha (F), miscelânea (M) e galho grosso (GG) ao longo de um ano de monitoramento em <i>Eucalyptus dunnii</i> em Alegrete, RS.	56
Tabela 12 – Aporte dos macronutrientes N, P e K (média ± desvio padrão; kg ha ⁻¹) via deposição de serapilheira (DS) e precipitação efetiva (PE) ao longo de um ano de monitoramento realizado em plantio de <i>Eucalyptus dunnii</i> localizado em Alegrete, RS.	58
Tabela 13 – Aporte dos macronutrientes Ca, Mg e S (média ± desvio padrão) via deposição de serapilheira (DS) e precipitação efetiva (PE) ao longo de um ano de monitoramento realizado em plantio de <i>Eucalyptus dunnii</i> localizado em Alegrete, RS.	59

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Esquema da dinâmica de nutrientes em um ecossistema florestal.....25
- Figura 2 – Aspecto de parcela utilizada para monitoramento de deposição de serapilheira e da precipitação em plantio de *Eucalyptus dunnii* localizado em Alegrete, RS.....32
- Figura 3 – Aspecto de coletores de precipitação utilizados no monitoramento da precipitação em plantio de *Eucalyptus dunnii* localizado em Alegrete, RS.33
- Figura 4 – Aspecto de um coletor das frações folha e miscelânea de serapilheira (esquerda) e de uma área para coleta de galhos grossos (direita) utilizados no monitoramento da deposição de serapilheira em *Eucalyptus dunnii* em Alegrete, RS.35
- Figura 5 – Variação mensal da precipitação global (PG) e da temperatura média (T_{méd}) ao longo de um ano de monitoramento realizado em plantio de *Eucalyptus dunnii* localizado em Alegrete, RS.51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A – Área da Parcela

Al – Alumínio trocável

B – Boro

Ca – Cálcio

Cl – Cloreto

cm – Centímetro

Cu – Cobre

DAP – Diâmetro à Altura do Peito (1,3 m)

DP – Desvio Padrão

ET – Escorrimento pelo Tronco

F – Fração Folhas

Fe – Ferro

g – Área Basal da Árvore

G – Área Basal da Parcela

GF – Galhos Finos

GG – Fração Galhos Grossos

ha – Hectare

K – Potássio

L – Litro

M – Fração Miscelânea

m – Metro

Mg – Magnésio ou Megagrama (mesmo que tonelada), ver contexto

mg – Miligrama

Mn – Manganês

MOS – Matéria Orgânica do Solo

N – Nitrogênio

Na – Sódio

NH_4^+ – Amônio

NO_2^- – Nitrito

NO_3^- – Nitrato

P – Fósforo

PE – Precipitação Efetiva

PG – Precipitação Global

PI – Precipitação Interna

PO_4^- – Fosfato

S – Enxofre

SO_4^- – Sulfato

Zn – Zinco

LISTA DE ANEXOS

- Anexo A – Contraste entre aspectos da precipitação em plantios florestais, reportados em outros trabalhos científicos, com dados de precipitação ao longo de um ano de monitoramento realizado em plantio de *Eucalyptus dunnii* localizado em Alegrete, RS.71
- Anexo B – Valores de pH e concentração dos íons Cl, Na, K, Mg e Ca (média ± desvio padrão) na precipitação global, precipitação interna, precipitação efetiva e escoamento pelo tronco ao longo de um ano de monitoramento realizado em plantio de *Eucalyptus dunnii* localizado em Alegrete, RS...72
- Anexo C – Valores de concentração de N como NH_4^+ , NO_2^- e NO_3^- , P como PO_4^{3-} e S como SO_4^{2-} (média ± desvio padrão) na precipitação global, precipitação interna, precipitação efetiva e escoamento pelo tronco ao longo de um ano de monitoramento realizado em plantio de *Eucalyptus dunnii* localizado em Alegrete, RS.76
- Anexo D – Valores de aporte dos íons Cl, Na, K, Mg e Ca (média ± desvio padrão) na precipitação global, precipitação interna, precipitação efetiva e escoamento pelo tronco ao longo de um ano de monitoramento realizado em plantio de *Eucalyptus dunnii* localizado em Alegrete, RS.80
- Anexo E – Valores de aporte de N como NH_4^+ , NO_2^- e NO_3^- , P como PO_4^{3-} e S como SO_4^{2-} (média ± desvio padrão) na precipitação global, precipitação interna, precipitação efetiva e escoamento pelo tronco ao longo de um ano de monitoramento realizado em plantio de *Eucalyptus dunnii* localizado em Alegrete, RS.....84
- Anexo F – Concentração e aporte de macronutrientes nas frações folha (F), miscelânea (M), galhos grossos (GG) e serapilheira (média ± desvio padrão) ao longo de um ano de monitoramento realizado em plantio de *Eucalyptus dunnii* localizado em Alegrete, RS.88
- Anexo G – Concentração e aporte de micronutrientes nas frações folha (F), miscelânea (M), galhos grossos (GG) e serapilheira (média ± desvio

padrão) ao longo de um ano de monitoramento de um plantio de *Eucalyptus dunnii* localizado em Alegrete, RS.94

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1 A espécie <i>Eucalyptus dunnii</i>	19
2.2 A região do Bioma Pampa no Estado do Rio Grande do Sul	20
2.3 Hidrometeorologia	21
2.4 Ciclagem de nutrientes	24
3 MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1 Características da região e da área de estudo	27
3.2 Povoamento	28
3.3 Instalação a campo e coletas	31
3.3.1 Deposição atmosférica	32
3.3.1.1 Precipitação interna no eucalipto	32
3.3.1.2 Escorrimento pelo tronco.....	33
3.3.1.3 Precipitação global	34
3.3.2 Serapilheira	34
3.4 Determinações analíticas	36
3.4.1 Tecido vegetal	36
3.4.2 Solução aquosa.....	36
3.5 Tratamento de dados e análises estatísticas	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1 Deposição atmosférica	39
4.1.1 Precipitação.....	39
4.1.2 Características químicas da água nas diferentes formas de precipitação.....	42
4.1.3 Aporte de íons	44
4.2 Deposição de serapilheira	47
4.2.1 Produção	47
4.2.2 Concentração e aporte de macronutrientes	52
4.2.3 Concentração e aporte de micronutrientes.....	55
4.3 Aporte de macronutrientes via precipitação e deposição de serapilheira ...	57
5 CONCLUSÕES	61
6 RECOMENDAÇÕES	62
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
ANEXOS	70

1 INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro diferencia-se da maioria de outros negócios que são realizados no país; mormente pelo complexo contexto macroambiental, extremamente coercitivo, no qual as empresas florestais estão situadas e que geram restrições, limitações, coações, ameaças e contingências para a sua sobrevivência e o seu desenvolvimento (Machado et al., 2008). No atual cenário socioeconômico, político e ambiental brasileiro, muitos são os desafios a serem enfrentados pelas empresas florestais, já que a produção florestal é entendida como parte da gestão ambiental, diminuindo a competitividade das empresas do setor, que não podem utilizar toda a potencialidade do recurso florestal brasileiro para garantir respostas sociais e econômicas satisfatórias (Machado et al., 2008). Embora tais respostas possuam expressividade, estão, com certeza, muito aquém do potencial natural, podendo crescer significativamente (Machado et al., 2008).

O Estado do Rio Grande do Sul (RS) contava com uma significativa área de plantações florestais já em 2000, com aproximadamente de 253 mil hectares (ha) de pinus e eucalipto (SBS, 2010). No entanto, em meados de 2005, iniciaram-se novos plantios no RS, em locais onde não havia, até então, expressiva área com silvicultura, como em regiões do Bioma Pampa. Este novo ciclo resultou num aumento médio anual de 11% na área plantada com eucalipto (Tabela 1).

Tabela 1 – Evolução da área plantada com eucalipto no Estado do Rio Grande do Sul.

Índice	Ano							Média
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
Área (mil ha)	153	180	184	222	277	272	273	-
Evolução (%)	-	18	2	21	25	-2	0	11

Fonte: ABRAF (2009, 2011).

A expansão na área plantada com eucalipto foi resultado de um conjunto de

fatores, destacando-se o rápido crescimento em ciclo de curta rotação, a alta produtividade florestal e a expansão e o direcionamento de novos investimentos por parte de empresas de segmentos que utilizam a madeira como matéria prima em seus processos industriais; em particular, o segmento de celulose e papel, que tem sido a alavanca do crescimento da área plantada com eucalipto (ABRAF, 2010). Em 2010, a área plantada com eucalipto era de aproximadamente 4,8 milhões ha no Brasil, representando cerca de 73% da área florestal plantada; neste contexto, o RS representava 6% da área nacional coberta com plantações de eucalipto que, neste estado, ocupavam ao redor de 273 mil hectares ou 62% da área plantada com pinus e eucalipto (ABRAF, 2011).

Esta nova fase, por sua vez, motivou a criação do Zoneamento Ambiental para a Atividade de Silvicultura no RS, que trata, entre outros pontos, de orientar a atividade de silvicultura visando à conservação ambiental (CONSEMA, 2009).

Na instalação do plantio, objeto do presente estudo, foi expedida Licença de Instalação pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler – RS (FEPAM, 2008), órgão responsável pelo licenciamento ambiental no estado. Neste documento, dentre todas as condições e as restrições enumeradas, foi estabelecido o monitoramento da conservação dos recursos naturais, sendo, um dos estudos, o plano de monitoramento de águas superficiais e subterrâneas.

Além desta proposta, necessita-se aumentar o entendimento acerca da ciclagem de nutrientes que acontece ao longo da rotação dos povoamentos plantados em solos cuja rocha matriz é o arenito Botucatu. Esta ciclagem de nutrientes refere-se à transferência dos minerais acumulados na biomassa vegetal para o solo, adicionados, principalmente, através da queda de resíduos da parte aérea que formará a serapilheira (Kramer e Kozlowski, 1960; Fassebender, 1993; Gama-Rodrigues, 1997; Barbosa, 2000).

Devido a estes dois pontos, monitoramento de águas e ciclagem de serapilheira, elaborou-se o projeto de pesquisa “Ciclagem de nutrientes em povoamento de *Eucalyptus dunnii* estabelecido em solo sujeito a arenização no Sul do Brasil”. Neste projeto, são avaliadas a deposição e a concentração de nutrientes na serapilheira, a perda de massa e a concentração de nutrientes em *litterbags*, a massa e a concentração de nutrientes na manta (serapilheira depositada sobre o

solo), o volume e a concentração de nutrientes na água da precipitação dentro e fora do povoamento florestal.

Também estão em fase de planejamento outros trabalhos dentro deste mesmo enfoque: um deles visa quantificar a biomassa e os nutrientes e outro se propõe a monitorar a concentração de nutrientes na solução do solo. Além disso, está em fase de execução outro trabalho para monitorar a qualidade da água que deixa a bacia hidrográfica com plantação de eucalipto.

Todos os trabalhos deste projeto têm duração prevista de, pelo menos, uma rotação de eucalipto, e visam, portanto, ao monitoramento constante das variáveis anteriormente descritas. Foram utilizados, para elaboração desta Tese, dados do primeiro ano de monitoramento da deposição de serapilheira e precipitação, descritos, em detalhe, no item “Material e Métodos”.

Assim, o presente estudo teve como objetivos gerais o monitoramento da precipitação atmosférica global e da deposição de serapilheira em um plantio de *Eucalyptus dunnii* Maiden.

Já como objetivos específicos estão:

- Em relação à precipitação:
 - A quantificação do volume,
 - a determinação do pH e das concentrações de N-NH_4^+ , N-NO_2^- , N-NO_3^- , P-PO_4^{3-} , S-SO_4^{2-} , K, Ca, Mg, Cl e Na e
 - a quantidade aportada via precipitação global (PG), precipitação interna (PI), escoamento pelo tronco (ET) e precipitação efetiva (PE) dos íons acima descritos.
- Em relação à serapilheira:
 - A quantificação da deposição,
 - a determinação das concentrações de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn e
 - a devolução dos nutrientes acima descritos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A espécie *Eucalyptus dunnii*

Eucalyptus dunnii é uma espécie que, na Austrália, pode comumente superar os 40 m de altura, ocorrendo em uma área restrita do nordeste de Nova Gales do Sul e ao Sul de *Queensland* e que pode ser encontrada em sítios úmidos e férteis, com precipitação anual superior a 1000 mm (Turnbull e Pryor, 1984). Possui a vantagem de ser uma espécie tolerante à geada, porém há insuficiência de sementes, dificultando a expansão de plantios (Turnbull e Pryor, 1984). Pelas características denotadas na origem, é potencialmente apta para o Sul do Brasil, suportando até -5°C, contudo a produção de sementes restringe o seu uso (Mora e Garcia, 2000).

Benson e Hager (1993), ao estudarem povoamentos nativos de *E. dunnii*, confirmaram que a espécie de rápido crescimento vegeta solos férteis, com pH superficial entre 6,5 e 7,0 e é sensível ao fogo. No entanto Silva, I.R. et al. (2004) encontraram os menores decréscimos no crescimento radicular de mudas de *E. dunnii* e *E. saligna* expostas a diferentes atividades de Al^{3+} , quando em comparação com *E. grandis*, *E. cloeziana*, *E. globulus* e *E. urophylla*.

Avaliações realizadas em *E. dunnii* aos 10 anos mostram que a espécie tem índices de sítio maiores em solos com textura gradacional e menores em solos com mudança textural, já solos uniformes foram intermediários, pois contemplam tanto solos bem, quanto mal drenados ou mesmo estruturados ou com estrutura fraca (Grant et al., 2010). Neste mesmo estudo, observaram-se maiores índices de sítio com incremento da capacidade de armazenamento de água no solo e na precipitação (Grant et al., 2010).

Maior eficiência de utilização de N, P e Mg foi verificada na produção de biomassa de casca para *E. dunnii* em relação a *E. grandis*, *E. saligna*, *E. propinqua* e *E. robusta*; as demais espécies foram mais eficientes no emprego de nutrientes para outros compartimentos do que *E. dunnii* (Silva et al., 1983b).

2.2 A região do Bioma Pampa no Estado do Rio Grande do Sul

Lindman descreveu o pampa como de extensão imensa e de mesmas condições físicas, de natureza monótona, feia e em duríssimas condições de vida, traduzindo um cunho de desolação, sendo uma região que caracteriza grandes áreas na América do Sul, realidade muito diferente da grande variedade de regiões e formações vegetais da Europa (Lindman e Ferri, 1974). Apesar disso, Lindman também afirmou que, embora o número de formações vegetais fosse pequeno, a riqueza florística era notadamente opulenta e talvez o seu relato tenha dado início à polêmica nomenclatura dos campos sul-rio-grandenses, reportada por Marchiori (2004), quando refere que, por sinonímia, europeus chamariam estas planícies ora de urzes, ora de estepes.

A campanha do Sudoeste do Rio Grande do Sul possui predominância absoluta de campo gramináceo, no entanto, ele não constitui, de modo algum, uma fisionomia uniforme, assim também se podem visualizar as formações de mata virgem, capões, mata arbustiva, cordões de galeria, mata palustre, vegetação dos tabuleiros, vassourais e parque espinilho (Rambo, 2000). O campo propriamente dito é constituído pelas famílias Graminaceae, Compositae e Leguminosae e, pelas diferenciações de solo, de modo que não é possível uma descrição exata, no entanto, como principais aspectos, pode-se mencionar o topo plano de tabuleiros com tapete campestre baixíssimo e paupérrimo em espécies; no dorso das coxilhas, é uniforme e mormente cerrado; nos flancos, é rasgado pelos sulcos das enxurradas e os valos dos cursos de água; baixadas pequenas entre coxilhas e baixadas de grandes várzeas dos grandes rios é alto, bastante fechado, entremeado de arbustos e grupos de árvores, com transição para mata palustre e juncal pantanoso; sendo as paisagens mais legítimas situadas no interior de um triângulo formado pelas cidades de Quaraí, Alegrete e Uruguaiana, onde é completamente nivelado e plano, revestido com gramas rasteiras e em touceira, expressão das mais clássicas desta vegetação (Rambo, 2000).

O que Lindman hipotetizava, Rambo (2000) asseverou categoricamente: a vegetação do Rio Grande do Sul tende para o mato, no entanto, não se pode afirmar

isto para a campanha, onde o clima florestal está bastante atenuado, além de que o rebaixamento muito nivelado do terreno impede a erosão de vales profundos e a consequente acumulação de solo fértil e, desse modo, o afloramento desta região, se é que um dia venha a ocorrer em todo o terreno, ficaria em vigor e densidade abaixo do encontrado no planalto.

De acordo com Marchiori (2002), a região, onde o presente estudo foi realizado, encontra-se numa área referenciada pelo projeto RADAMBRASIL como Região da Savana Estépica e reveste terrenos areníticos e solos distróficos lixiviados e compreende as formações Gramíneo-lenhosa, Parque e Arbórea Aberta. A formação Gramíneo-lenhosa destaca-se pela tomentosidade e dá à paisagem um tom acinzentado; a formação Parque corresponde às áreas de relevo dissecado, como em divisores de água e a formação Arbórea Aberta, por seu turno, ocupa área pequena e solos litólicos rasos, com árvores de origem chaquenha espaçadas sobre tapete gramíneo-lenhoso contínuo (Marchiori, 2002).

2.3 Hidrometeorologia

O ciclo hidrológico é um fenômeno global de circulação fechada de água entre a superfície terrestre, representada por oceanos e continentes, e a atmosfera, que possui uma diversidade de condições físicas, mas que somente uma fina camada com oito a 16 km de espessura, chamada troposfera, concentra a maioria dos fenômenos meteorológicos e possui cerca de 90% da umidade atmosférica (Silveira, 1993). Toda a água contida na atmosfera constitui uma fase do ciclo hidrológico, que ocorre no sentido superfície-atmosfera pelo fluxo devido à evapotranspiração e, no sentido inverso, em face das precipitações. Ressalta-se que todo o ciclo hidrológico é impulsionado pela energia solar, pela gravidade e pela rotação terrestre (Silveira, 1993).

A principal via de transferência de água da atmosfera para a superfície terrestre é a precipitação na forma de chuva, que necessariamente não atinge os mesmos volumes evaporados num determinado local (Silveira, 1993). A chuva é formada quando nuvens, com significativa presença de vapor de água e núcleos de condensação (poeira ou gelo), formam gotas com tamanho e peso suficientes para

superarem o movimento ascendente de colunas de ar e turbulência (Silveira, 1993).

O ar atmosférico, além de gases, possui partículas de 0,01 a 1 micron de diversas origens, como argilosas, orgânicas (pólen), químicas e sais marinhos, e é este material particulado que funciona como núcleos de condensação, onde ocorre, com facilidade, a condensação do vapor (Bertoni e Tucci, 1993). As partículas de sal procedentes do mar, cristais de gelo e produtos de combustão contendo ácidos nítrico e sulfúrico são os núcleos mais ativos (Bertoni e Tucci, 1993). Gotículas presentes em nuvens possuem diâmetros desde 0,01 até 0,03 mm, espaçadas em cerca de 1 mm entre si; já as gotas de chuva possuem diâmetros de 0,5 a 2,0 mm com densidade espacial de 0,1 a 1 gota por litro, podendo atingir até cerca de 5,5 mm (Bertoni e Tucci, 1993).

A aquisição de dados de chuva de boa qualidade é bastante difícil, mesmo sendo a medição e os aparelhos simples, pois antes de criticar ou analisar a consistência dos dados deve-se conhecer os métodos de aquisição, os aparelhos usados, os lugares de instalação e a personalidade dos observadores (Chevallier, 1993). Apesar das tentativas de homogeneização internacional realizadas pela Organização Meteorológica Mundial, existem diversas formas de instalação de pluviômetros e pluviógrafos, em geral entre 1 m e 1,5 m acima da superfície do solo e afastados mais de duas vezes a diferença de altura entre o aparelho e um obstáculo que possa interferir na medição (Chevallier, 1993). Além disso, a área de coleta também não é homogeneizada, encontrando-se áreas de 100, 200, 314, 400 ou 1000 cm², no entanto, o resultado não depende da área, conforme destaca Chevallier (1993). Quando, por motivos especiais, a frequência de visita ao pluviômetro for menor (decadiária, mensal e mesmo anual), prevê-se um volume maior do recipiente coletor e usa-se uma camada de óleo em seu interior para evitar perdas por evaporação (Chevallier, 1993).

A precipitação que atinge o dossel florestal não chega uniformemente à superfície do solo, pois, a precipitação interceptada pelas copas das árvores é redistribuída como precipitação interna, forma onde a água atinge ou não copa e que precipita como gota, ou como escoamento pelo tronco, forma onde a água que atinge o solo é proveniente do fluxo através do tronco (Kimmins, 1987). O escoamento pelo tronco varia grandemente e existem casos em que não se deve

desprez -lo; sendo que a sua quantidade depende, al m da precipita o, da rugosidade da casca, da idade das  rvores, das esp cies, assim como do  ngulo de ramifica o e espa amento do povoamento (Kimmins, 1987; Molchanov, 1971). A penetra o da precipita o, devido ao escoamento pelo tronco, concentra a  gua pr xima   base da  rvore (Kimmins, 1987) e aumenta o fornecimento de  gua  s ra zes profundas, localizadas abaixo do tronco e sob a zona central da copa (Molchanov, 1971).

O processo de intercepta o depende de v rios fatores como a caracter stica da precipita o e as condi oes clim ticas, o tipo e a densidade da vegeta o e o per odo do ano; sendo que, neste processo, as principais caracter sticas da precipita o s o a intensidade, o volume precipitado e a chuva antecedente (Tucci, 1993). O tipo de vegeta o, por sua vez, indica a capacidade de cada folha em reter gotas de  gua e a densidade de folhas aponta o volume retido em uma dada superf cie da bacia (Tucci, 1993). As folhas geralmente interceptam a maior parte da precipita o, mas a disposi o contribui significativamente para tal (Tucci, 1993). Regi es com maior varia o clim tica e diferentes fases do ciclo vegetativo apresentam grandes varia oes na quantidade de folhas ao longo do ano (Tucci, 1993). Com o aumento da intensidade da precipita o, diminui a intercepta o (Tucci, 1993; Molchanov, 1971). Numa floresta, o regime h drico pode ser regulado pela composi o, pela forma e pela densidade do povoamento (Molchanov, 1971).

O processo de intercepta o pode ser quantificado atrav s da equa o da continuidade do sistema de intercepta o, $S_i = P - T - C$, onde S_i   a precipita o interceptada, P   a precipita o, T   a precipita o que atravessa a vegeta o e C   a parcela que escorre pelo tronco (Tucci, 1993). Na f rmula citada, a medi o da precipita o, que atravessa a vegeta o,   obtida por drenagem especial colocada abaixo das  rvores e distribu da de forma a representar a variabilidade espacial. Em florestas altas,   poss vel, inclusive, utilizar pluvi metros com o mesmo padr o da medi o da precipita o e, em gramados e vegeta o rasteira, a quantifica o   muito dif cil; j  a medi o do escoamento pelos troncos   vi vel somente para vegeta o com troncos de razo vel magnitude e, em geral, representa uma pequena parcela do total da precipita o (de 1 a 15%); que, em muitos casos, est  dentro da faixa de erros de amostragem de outras vari veis (Tucci, 1993).

A manta, formada por restos de folhas, ramos, flores, frutos, cascas e plantas mortas, desempenha importante papel hidrológico, atuando como filtro e esponja da água proveniente da precipitação e que penetra no solo (Molchanov, 1971). Aspectos qualiquantitativos da manta devem ser considerados neste processo, assim como todo o processo de umedecimento da manta, como é o caso do tempo de precipitação ou da saturação (Molchanov, 1971).

2.4 Ciclagem de nutrientes

A ciclagem de nutrientes refere-se à transferência dos minerais acumulados na biomassa vegetal para o solo, adicionados, principalmente, através da queda de resíduos da parte aérea que formará a serapilheira (liteira) e de sua posterior decomposição, sendo reabsorvidos pela planta ou por outros organismos do sistema (Kramer e Kozlowski, 1960; Fassebender, 1993; Gama-Rodrigues, 1997; Barbosa, 2000).

A partir da compartimentalização da biomassa acumulada nos diferentes estratos e a quantificação de nutrientes que se movimentam entre os seus compartimentos, através da produção de serapilheira, sua decomposição, sua lixiviação, entre outros, é possível entender a ciclagem dos nutrientes e a manutenção da capacidade produtiva de uma floresta (Poggiani e Schumacher, 2005).

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).

Num ecossistema florestal, nativo ou mesmo de uma plantação, a quantidade de nutrientes é determinada pelo conteúdo destes nos diferentes compartimentos das árvores (folhas, ramos, cascas e madeira, etc.), subosque, solo e animais (Schumacher, 1992). 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).

Os principais mecanismos responsáveis pela transferência de nutrientes da biomassa de espécies arbóreas para o solo são a lavagem da vegetação pela chuva, que extrai substâncias minerais e orgânicas das estruturas da parte aérea, e a decomposição da biomassa morta, que inclui a serapilheira, troncos e galhos caídos e raízes mortas (Sanchez, 1976; Gonzalez e Gallardo, 1986). A manutenção do estoque de nutrientes minerais no solo, bem como a produtividade dos ecossistemas florestais está ligada diretamente ao processo de ciclagem de nutrientes (Figura 1).

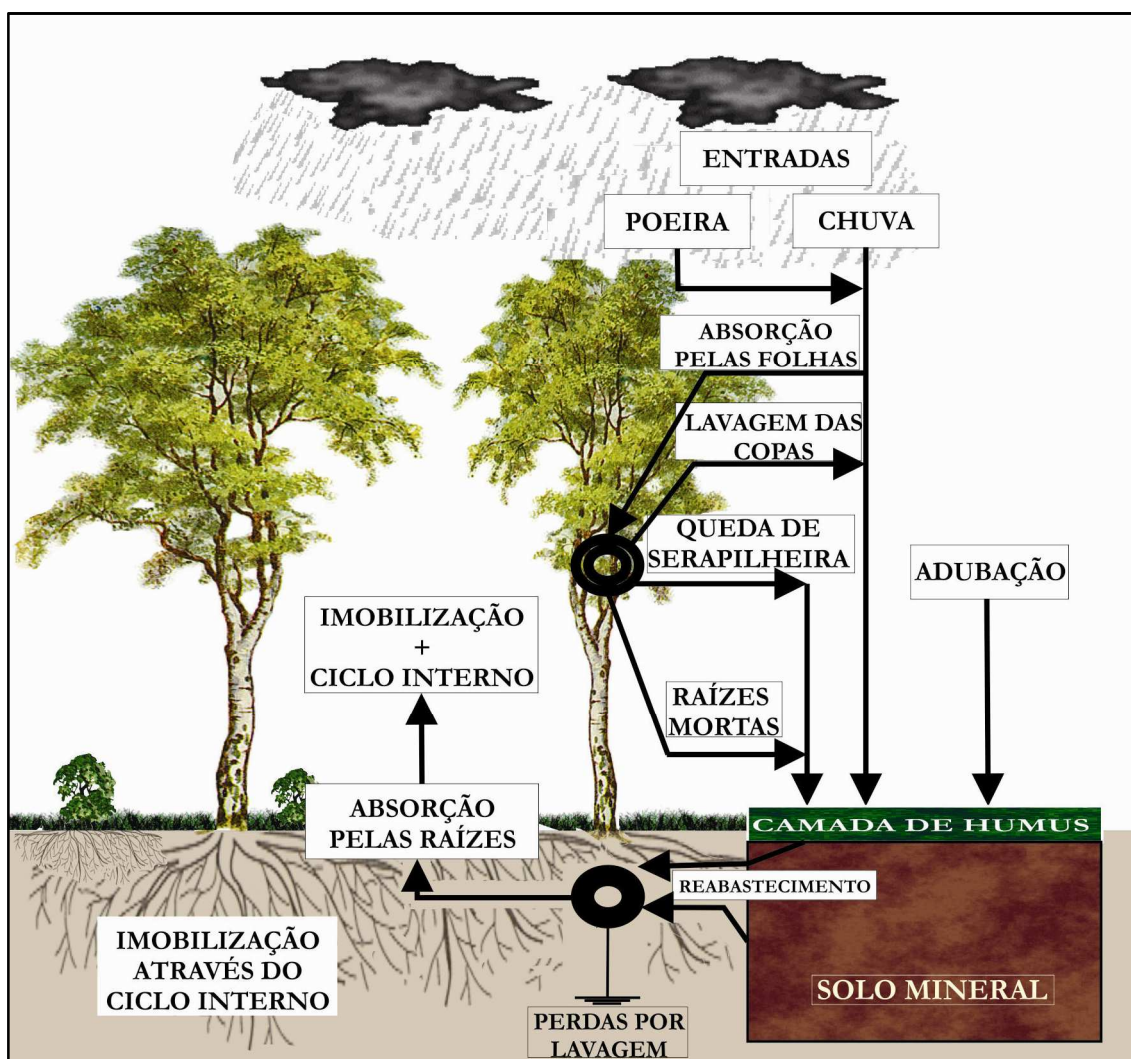


Figura 1 – Esquema da dinâmica de nutrientes em um ecossistema florestal.

Fonte: Adaptado de Miller (1984); Montagem: Lopes, V.G.

De acordo com Switzer e Nelson (1972), o processo de ciclagem de nutrientes nos ecossistemas florestais pode ser caracterizado em três tipos:

I. **Ciclo geoquímico:** refere-se à troca (entradas e saídas) de elementos minerais entre os diversos ecossistemas. Conforme Poggiani e Schumacher (1997), neste ciclo, as maiores perdas de nutrientes são ocasionadas pelos processos de erosão e lixiviação pela água de drenagem, fogo, processos de desnitrificação e, principalmente, pela colheita florestal. Já os ganhos relacionam-se às entradas atmosféricas (precipitação e poeira), fixação biológica de nitrogênio, intemperismo do material de origem e fertilização (Pritchett e Fisher, 1987).

II. **Ciclo biogeoquímico:** aquele que se estabelece nas relações entre o solo e a planta. De acordo com Odum (2004), todos os elementos químicos, essenciais ou não, tendem a circular na biosfera segundo vias características, do ambiente para os organismos e destes para o ambiente. Estes ciclos mais ou menos fechados são conhecidos por *ciclos biogeoquímicos*, nos quais podem se representar dois compartimentos, o reservatório de depósito – componente maior e de ciclo lento, geralmente não biológico – e o reservatório de troca ou ciclo – porção menor e mais ativa por causa da rápida relação de trocas entre organismos e ambiente imediato (Odum, 2004).

III. **Ciclo bioquímico:** consiste na translocação de nutrientes, dentro da planta, dos tecidos velhos aos novos, onde os processos de divisão celular e crescimento são mais ativos; é importante para a manutenção dos nutrientes de maior mobilidade como N, P, K e Mg e de menor importância para nutrientes como Ca, S e micronutrientes pouco móveis (Poggiani e Schumacher, 2005).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Características da região e da área de estudo

Em conformidade com a classificação climática proposta por Maluf (2000), o clima da região de estudo é subtemperado úmido, em que os verões podem apresentar período de seca, com temperatura média anual de 18,6°C e precipitação média anual de 1.574 mm.

A caracterização biótica da região de estudo foi feita através do Estudo de Impacto Ambiental (Silviconsult Engenharia, 2007a). Na região do experimento, a pecuária de corte é a principal atividade econômica e vem sendo manejada, na grande maioria das propriedades, com uma pressão de pastejo muito além da capacidade de suporte dos campos que se desenvolvem sobre solos arenosos (Silviconsult Engenharia, 2007a). A região é caracterizada por campos degradados e regenerados, porém áreas agrícolas também estão presentes, havendo focos de arenização em algumas fazendas (Silviconsult Engenharia, 2007a).

A região apresenta relevo plano a ondulado, com formação de coxilhas, afloramentos rochosos, campos úmidos, banhados e solos arenosos, sejam eles preservados ou degradados, por vezes, atingindo grandes extensões (Silviconsult Engenharia, 2007a). Há presença de capões de eucalipto nos areais degradados e em alguns afloramentos rochosos (Silviconsult Engenharia, 2007a). A flora original dos campos, em parte, está afetada pela agricultura ou pelo pastoreio excessivo, apresentando-se, todavia, natural ou regenerada em determinados locais (Silviconsult Engenharia, 2007a). Nas áreas de campos e areais naturais, foi assinalada a presença de extensos campos de butiazais (*Butia lallemantii*), com diversas espécies de nanofanerófitas associadas, principalmente das famílias Asteraceae e Myrtaceae (Silviconsult Engenharia, 2007a). Os campos úmidos estão preservados, enquanto os banhados foram usados, em sua maior parte, para a cultura de arroz (Silviconsult Engenharia, 2007a). A presença de espécies exóticas/introduzidas, como a braquiária (*Brachiaria* sp.) e o capim-annoni

(*Eragrostis* spp.) é frequente, a primeira presente em extensas áreas campestres e arenizadas, a segunda, principalmente próximo aos capões de eucalipto, poteiros e beira de estradas (Silviconsult Engenharia, 2007a).

Especificamente, próximo ao local de estudo, havia áreas de campo alterado/degradado em regeneração, afloramentos rochosos, floresta de encosta e banhado (Silviconsult Engenharia, 2007a). Já no talhão, onde o plantio foi feito, havia campo alterado/degradado pela agricultura e pelo pastoreio, sendo que raramente apresentava focos de arenização e tinha a sua fisionomia marcada pela presença de um grande número de nanofanerófitas, em especial das famílias Myrtaceae e Compositae, sendo que o estrato inferior apresentava grande diversidade de espécies de Gramineae, Compositae, Verbenaceae, Leguminosae e Acanthaceae, já no estrato médio, destacavam-se Euphorbiaceae, Compositae e Gramineae. Nos banhados, predominavam Cyperaceae, Gramineae, Umbelliferae, Scrophulariaceae, Compositae, Onagraceae, Utriculariaceae, Eriocaulaceae e Orchidaceae, com estrato superior composto por indivíduos de *Cephalanthus glabratus* “sarandi-branco” (Rubiaceae), *Erythrina crista-galli* “corticeira-do-banhado” e *Aechynomene paniculata* (Fabaceae), além de *Hibiscus* sp. (Malvaceae), *Lessingianthus glabratus*, *L. rubricaulis* (Asteraceae) e *Mandevilla pohliana* (Apocynaceae) (Silviconsult Engenharia, 2007a).

3.2 Povoamento

O plantio de *Eucalyptus dunnii*, objeto deste estudo, foi plantada com espaçamento entre plantas de 2,0 m x 3,5 m e localizava-se próximo às coordenadas geográficas 29° 47' S e 55° 17' O, na Fazenda Sesmaria Santo Inácio, de propriedade da Empresa Stora Enso S/A, no município de Alegrete, RS.

Em relação ao solo, o povoamento localizava-se em um Latossolo Vermelho Distrófico típico (Silviconsult Engenharia, 2007b; Embrapa, 2006). Os atributos químicos e físicos, ao início do monitoramento, foram avaliados através da coleta de solo de três trincheiras e em cinco profundidades – 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm (Tabela 2).

Tabela 2 – Atributos físicos e químicos (média \pm desvio padrão) do Latossolo Vermelho Distrófico típico em área de monitoramento de um plantio de *Eucalyptus dunnii* localizado em Alegrete, RS, em fevereiro de 2010.

Atributo	Camada (cm)				
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
DS – g cm ⁻³	1,52 \pm 0,07	1,58 \pm 0,04	1,53 \pm 0,03	1,49 \pm 0,07	1,43 \pm 0,05
AG – %	33 \pm 2	31 \pm 1	29 \pm 1	28 \pm 2	27 \pm 2
AF – %	46 \pm 2	46 \pm 3	43 \pm 4	41 \pm 5	37 \pm 3
Silte – %	7 \pm 0	6 \pm 1	7 \pm 3	8 \pm 2	10 \pm 3
Argila – %	15 \pm 3	17 \pm 1	21 \pm 6	23 \pm 5	26 \pm 3
MOS – %	1,00 \pm 0,15	0,91 \pm 0,10	0,85 \pm 0,07	0,78 \pm 0,07	0,72 \pm 0,06
pH (1:2,5 _{água})	4,74 \pm 0,06	4,84 \pm 0,05	4,96 \pm 0,03	4,98 \pm 0,01	5,00 \pm 0,07
Al – cmol _c dm ⁻³	1,99 \pm 0,14	1,95 \pm 0,14	1,91 \pm 0,32	2,03 \pm 0,21	1,75 \pm 0,25
Ca – cmol _c dm ⁻³	0,46 \pm 0,27	0,79 \pm 0,17	1,21 \pm 0,12	1,84 \pm 0,44	1,88 \pm 0,06
Mg – cmol _c dm ⁻³	0,33 \pm 0,10	0,24 \pm 0,06	0,27 \pm 0,02	0,34 \pm 0,06	0,40 \pm 0,01
P – mg dm ⁻³	1,87 \pm 0,09	1,60 \pm 0,16	1,49 \pm 0,09	1,49 \pm 0,19	1,54 \pm 0,19
K – mg dm ⁻³	20,33 \pm 5,51	12,00 \pm 3,61	9,67 \pm 2,31	8,33 \pm 1,53	8,33 \pm 1,15
t – cmol _c dm ⁻³	2,83 \pm 0,46	3,01 \pm 0,38	3,42 \pm 0,45	4,22 \pm 0,66	4,04 \pm 0,30
T – cmol _c dm ⁻³	8,96 \pm 1,36	9,59 \pm 1,23	10,11 \pm 2,02	10,78 \pm 2,52	10,95 \pm 1,72
V%	9,07 \pm 3,11	10,99 \pm 1,20	15,15 \pm 1,89	20,51 \pm 1,96	21,22 \pm 2,57
m%	71,30 \pm 9,81	65,04 \pm 3,87	55,73 \pm 2,01	48,38 \pm 3,35	43,17 \pm 2,89
S – mg dm ⁻³	2,71 \pm 0,48	5,09 \pm 2,62	3,36 \pm 0,59	4,16 \pm 1,19	6,12 \pm 2,80
B – mg dm ⁻³	0,35 \pm 0,07	0,42 \pm 0,12	0,47 \pm 0,04	0,43 \pm 0,07	0,43 \pm 0,08
Cu – mg dm ⁻³	2,29 \pm 0,40	2,14 \pm 0,07	2,20 \pm 0,21	2,23 \pm 0,14	2,01 \pm 0,21
Zn – mg dm ⁻³	0,57 \pm 0,09	0,35 \pm 0,02	0,24 \pm 0,01	0,23 \pm 0,11	0,29 \pm 0,17

Onde: DS = densidade do solo; AG = areia grossa (2-0,2 mm); AF = areia fina (0,2-0,05 mm); Silte (0,05-0,002 mm); Argila (<0,002 mm); MOS = matéria orgânica; t = CTC_{efetiva}; T = CTC_{pH7}.

O solo apresentou textura arenosa, variando de franco-arenosa, com média de 77% de areia na profundidade de 0-40 cm, passando para franco-argilo-arenosa,

com média de 69% de areia nas camadas de 40-100 cm (Santos et al., 2005). Apresentou, ainda, baixa MOS; pH muito baixo; teores de Ca e Mg baixos; teores de K e P muito baixos; teor de S médio nas camadas de 0-20, 40-60 e 60-80 cm de profundidade e alto teor de S nas camadas de 20-40 e 80-100 cm de profundidade; CTCpH7 média; V% muito baixa; m% alta; teores de B, Cu e Zn (este último apenas para a camada de 0-20 cm) altos e teores médios de Zn nas camadas de 20-100cm; segundo interpretação sugerida por SBCS-CQFS (2004).

As operações de implantação seguiram tratamentos silviculturais normalmente aplicados a plantios florestais de rápido crescimento, como controle de formigas, aplicação de herbicida em área total, subsolagem (50 cm de profundidade) e fosfatagem em linha, irrigação, adubação de arranque e cobertura e capinas na linha e na entrelinha. Foram aplicados 300 kg ha⁻¹ de Fosfato Natural Gafsa em linha no preparo do solo, aos 15 dias foram aplicados 140 kg ha⁻¹ de NPK 06-30-06 + 0,3% B e aos 40 e 90 dias foram aplicados 120 kg ha⁻¹ de NPK 22-01-18 + 0,3% B + 0,2% Cu.

Foram realizados inventários florestais aos 15 e aos 27 meses de idade, respectivamente, um mês e meio antes do início e um mês e meio antes do término do monitoramento (Tabela 3).

Tabela 3 – Variáveis obtidas através de inventário florestal (média ± desvio padrão) realizado ao início e ao final de um período de um ano de monitoramento realizado em plantio de *Eucalyptus dunnii* localizado em Alegrete, RS.

Variável	Idade (meses)	
	15	27
Árvores/ha	1345±217	1280±146
Falhas/ha	83±217	149±146
DAP (cm)	4,7±1,8	9,0±3,0
Altura (m)	4,5±1,0	8,7±2,1
Volume cilíndrico (m ³ ha ⁻¹)	13±2	87±16

Onde: DAP = diâmetro à altura do peito (1,3 m da superfície do solo).

Neste período, o povoamento apresentou aumento no número de falhas e as árvores praticamente dobraram as dimensões médias de DAP e altura. Valores próximos aos do presente estudo foram reportados por Thomas et al. (2009), que avaliaram um teste de progênie em duas regiões distintas da Austrália e verificaram dimensões variando de 5 cm de DAP e 5 m de altura até 12 cm de DAP e 13 m de altura, ambas aos 3 anos

No decorrer do período de tempo de avaliação (um ano) ocorreu incremento do volume por hectare em mais de seis vezes. Apesar disto, o volume cilíndrico individual, de cerca de $0,055 \text{ m}^3 \text{ árvore}^{-1}$, esteve abaixo do volume projetado a partir de dados de Ferrari et al. (2005), de cerca de $0,08 \text{ m}^3 \text{ árvore}^{-1}$ para a idade de 2 anos. Projetou-se um incremento médio anual do povoamento (IMA) de $22,0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ao final do período de avaliação, na idade de dois anos e três meses. Esta produtividade em volume não está satisfazendo as projeções iniciais para o povoamento, nem mesmo irá atingir o IMA de $24,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ aos 9 anos de idade, valor dentre a média para *E. dunnii* na região leste do Uruguai (Hernández et al., 2009). O baixo desenvolvimento volumétrico do povoamento foi influenciado pela baixa fertilidade do solo.

3.3 Instalação a campo e coletas

Os dados deste estudo referem-se ao primeiro ano de dados gerados pelo projeto, que se iniciou quando o povoamento estava com 16,5 meses de idade (referente ao mês de abril de 2010) e terminou quando o plantio tinha 28,5 meses de idade (referente ao mês de março de 2011).

Foram demarcadas quatro parcelas medindo 20 m x 21 m em um talhão de *E. dunnii*. Em cada parcela, avaliou-se a deposição de serapilheira através da distribuição de coletores de madeira, para o monitoramento das frações folhas e miscelânea (material reprodutivo, casca e galhos finos – galhos com diâmetro menor ou igual a 0,5 cm de diâmetro), e da demarcação de áreas, para coleta de galhos grossos (galhos com diâmetro superior a 0,5 cm). Nestas mesmas parcelas também foi monitorada a precipitação, através de coletores de precipitação interna (PI) e de coletores da solução aquosa resultante do escoamento pelo tronco (ET),

esquemáticamente mostrados na Figura 2.

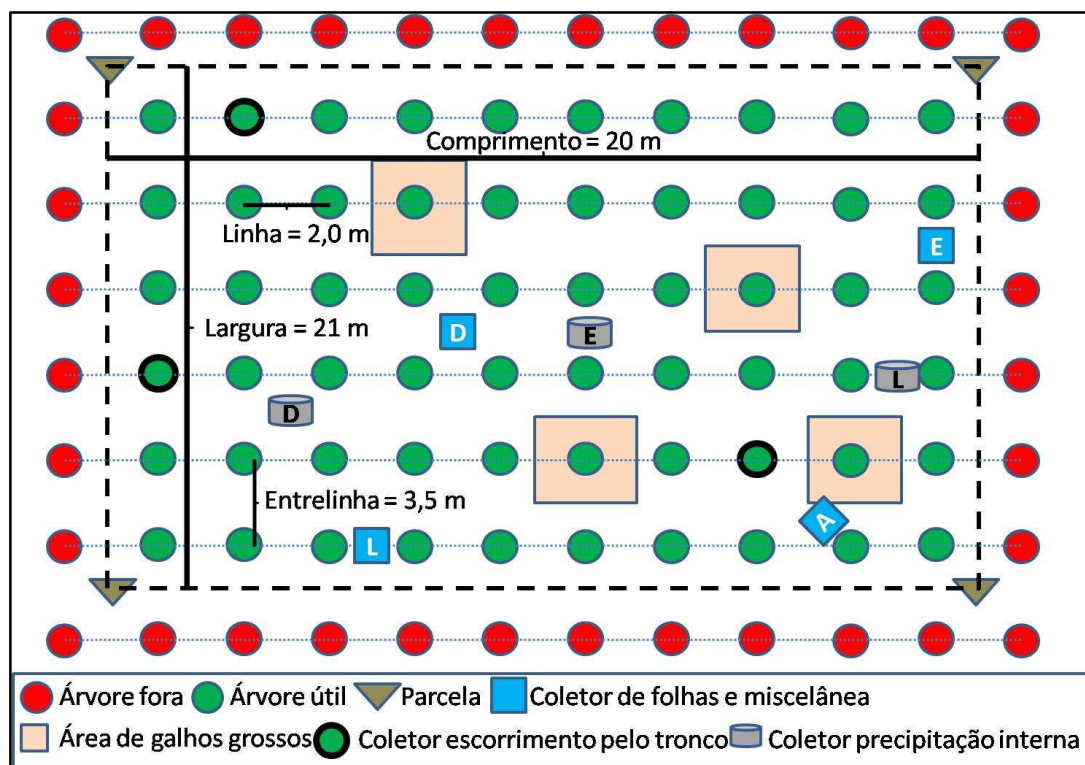


Figura 2 – Aspecto de parcela utilizada para monitoramento de deposição de serapilheira e da precipitação em plantio de *Eucalyptus dunnii* localizado em Alegrete, RS.

Onde: A = próximo ao tronco de uma árvore, D = diagonal, E = entrelinha e L = linha referem-se ao posicionamento dos coletores.

3.3.1 Deposição atmosférica

3.3.1.1 Precipitação interna no eucalipto

Em cada uma das quatro parcelas retangulares, foram instalados três coletores para a quantificação da precipitação interna com localização nas posições linha, entrelinha e diagonal, totalizando 12 coletores para precipitação interna. Os coletores foram compostos basicamente por um recipiente de armazenagem com capacidade de 5 L, uma mangueira e um funil com 16 cm de diâmetro interno (Figura 3); cuja borda estava situada a uma altura de 1 m da superfície do solo.



Figura 3 – Aspecto de coletores de precipitação utilizados no monitoramento da precipitação em plantio de *Eucalyptus dunnii* localizado em Alegrete, RS.

Onde: À esquerda = coletor de precipitação interna; ao centro = coletor da solução do escoamento pelo tronco; à direita = coletor de precipitação global.

As coletas foram realizadas quinzenalmente e mensurava-se, através de proveta graduada, o volume precipitado individualmente em cada coletor, e, na sequência, coletava-se uma amostra homogênea. Em cada coleta, foi realizada a limpeza dos coletores, utilizando-se água destilada e esponja e, aproximadamente a cada mês, eram trocados os frascos coletores por outros previamente limpos em laboratório, usando-se Extran[®] (detergente para uso laboratorial).

Em cada parcela, foram feitas análises químicas em uma única amostra, a qual foi formada através da amostragem composta proporcional ao volume da água coletada em cada um dos três coletores, de precipitação interna ou escoamento pelo tronco, para uma mesma quinzena.

3.3.1.2 Escoamento pelo tronco

Um total de três coletores foi instalado para o armazenamento da solução resultante do escoamento pelo tronco, no seguinte arranjo: um em uma árvore que se apresentava próxima ao DAP médio, outro foi posto em árvore de DAP médio mais um desvio padrão e outro, por fim, em árvores com DAP médio menos um

desvio padrão. Os coletores constavam de funil, mangueira e recipiente coletor com capacidade para estoque de 60 L, montados com o auxílio de espuma de poliuretano e cola de silicone (Figura 3).

Na precipitação interna, as coletas ocorreram quinzenalmente e mensurava-se, através de balde graduado, o volume precipitado individualmente em cada coletor, retirando-se uma amostra homogênea. Em cada coleta, procedeu-se à limpeza dos coletores, empregando-se água destilada e esponja.

De cada parcela, foram realizadas análises químicas em uma única amostra, a qual foi formada através da amostragem composta proporcional ao volume da água coletada em cada um dos três coletores para uma mesma quinzena.

3.3.1.3 Precipitação global

Foram instalados dois coletores de precipitação global, situados cerca de 40 m do plantio e com aproximadamente 10 m de distância entre si.

As coletas foram procedidas quinzenalmente e mensurava-se, através de proveta graduada, o volume precipitado em cada coletor individualmente, retirando-se uma amostra homogênea para posterior análise química no Laboratório de Ecologia Florestal. Em cada coleta, fez-se a limpeza dos coletores, utilizando-se água destilada e esponja e, aproximadamente a cada mês, eram trocados os frascos coletores por outros previamente limpos em laboratório, usando-se Extran[®].

Os coletores para precipitação global eram idênticos aos de precipitação interna e constavam de funil com 16 centímetros de diâmetro, mangueira e recipiente coletor com capacidade para armazenar 5 L, instalados com altura de 1,5 m em relação à superfície do solo (Figura 3).

3.3.2 Serapilheira

As coletas das frações folhas e miscelânea (galhos finos – menores ou iguais a 0,5 cm de diâmetro; casca e material reprodutivo) de serapilheira foram realizadas

quinzenalmente em coletores formados por uma moldura de madeira com 0,5 m² de área útil e com fundo de sombrite com malha de 2 mm (Figura 4).

Os coletores foram instalados em quatro parcelas, medindo 20 m x 21 m, as mesmas utilizadas para avaliação da precipitação. Nestas parcelas, foram alocados quatro coletores nas posições linha, entrelinha, diagonal e encostado no tronco de uma das árvores. Cada coletor foi instalado próximo a uma árvore de DAP médio, com distância de aproximadamente 50 cm da superfície do solo.



Figura 4 – Aspecto de um coletor das frações folha e miscelânea de serapilheira (esquerda) e de uma área para coleta de galhos grossos (direita) utilizados no monitoramento da deposição de serapilheira em *Eucalyptus dunnii* em Alegrete, RS.

Além destes coletores, também foram instaladas, em cada uma das quatro parcelas, quatro áreas para a coleta de galhos grossos (diâmetro maior que 0,5 cm), com área útil de 7 m², de acordo com o espaçamento de 2,0 m x 3,5 m (Figura 4). Nas quatro áreas, duas localizavam-se com uma árvore de DAP médio ao centro; uma com árvore de DAP médio mais um desvio padrão ao centro e outra tinha, ao centro, uma árvore de DAP médio menos um desvio padrão.

As amostras coletadas foram devidamente identificadas, acondicionadas e levadas para o Laboratório de Ecologia Florestal da UFSM, onde foram limpas (no caso de galhos grossos) e separadas as frações folhas e miscelânea. Após a separação, o material foi colocado em estufa de circulação e renovação de ar a 70°C até atingir peso constante. Na sequência, o material foi pesado em balança de

precisão ($\pm 0,01$ g) e moído em moinho tipo Willey para realização das análises químicas.

3.4 Determinações analíticas

Todas as análises de tecido vegetal e água foram realizadas no Laboratório de Ecologia Florestal da UFSM, segundo metodologia descrita a seguir.

3.4.1 Tecido vegetal

A metodologia de análise de amostras de tecido vegetal foi adaptada de Tedesco et al. (1995) e Miyazawa et al. (1999), aplicando-se a digestão sulfúrica (com $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$) e determinação pelo método Kjeldahl em aparelho Büchi modelo Autokjeldahl K-370 para o nutriente nitrogênio (N); já para fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) foi feita digestão nítrico-perclórica (com $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$ na razão 3:1), sendo que Ca, Mg, Fe, Zn, Mn e Cu foram determinados pelo método de espectrofotometria de absorção atômica em aparelho Perkin Elmer modelo Analyst 200; assim como K, pelo método de fotometria de chama em aparelho Digimed modelo DM-62, enquanto P, pelo método de espectrofotometria em aparelho Unico modelo 2100 e S, pelo método de turbidimetria em aparelho Unico modelo 2100. Para boro (B), foi feita digestão seca e determinação em espectrofotometria em aparelho Unico 2100.

3.4.2 Solução aquosa

Na análise de todas as amostras de água foram determinados o pH, com pHmetro contendo eletrodo de vidro (Metrohm 827 pH LAB), com posterior filtragem, com filtro de poros de $0,45 \mu\text{m}$ para determinação dos ânions (nitrito - NO_2^- , nitrato - NO_3^- , fosfato - PO_4^- , sulfato - SO_4^- - e cloreto - Cl^-) e dos cátions (amônio - NH_4^+ ,

sódio - Na, potássio - K, cálcio - Ca - e magnésio - Mg), através de cromatografia iônica (Metrohm 861 Advanced Compac IC); todos segundo APHA (1998).

3.5 Tratamento de dados e análises estatísticas

Para os valores individuais de precipitação em cada coletor, foram adotadas a expressão $pp = \frac{v}{a}$ para precipitação interna e precipitação global e a expressão $pp = \frac{v}{g} \times \frac{G}{A}$ para o escoamento pelo tronco; onde pp é a precipitação (mm), v é o volume coletado (L), a é a área do coletor (m^2), g é a área basal da árvore (m^2), G é a área basal da parcela (m^2) e A é a área da parcela (m^2) (Preuhsler et al., 2006).

No cálculo da média quinzenal de cada parcela para precipitação interna e escoamento pelo tronco, fez-se a média aritmética dos valores de cada um dos coletores, considerando-se os dados resultantes dos procedimentos já mencionados. O valor mensal resultou da soma dos valores quinzenais. A soma dos valores de precipitação interna e escoamento pelo tronco resultou na precipitação efetiva (PE), ou seja, a precipitação que chega ao solo florestal após atravessar o dossel.

Para a determinação analítica nas precipitações coletadas no escoamento pelo tronco e na precipitação interna, foram feitas amostras compostas, ponderadas pela precipitação acumulada para a parcela; já para a precipitação global, as determinações foram feitas individualmente. A concentração média mensal para a precipitação interna, escoamento pelo tronco e precipitação global deu-se pela ponderação das concentrações pelas respectivas precipitações quinzenais e a ponderação das concentrações da precipitação interna e escoamento pelo tronco, com respectivos valores das precipitações, resultando na concentração da precipitação efetiva.

A multiplicação dos valores médios de precipitação e dos valores médios de concentração dos elementos analisados, após todos os ajustes já citados, resultou na quantidade de nutriente depositado na área.

Quanto à deposição de serapilheira, embora a coleta fosse quinzenal, aguardava-se a última coleta do mês para a união das amostras de cada posição de

coletor das frações folha (F) e miscelânea (M) e área de coleta de galhos grossos (GG). Para cada coletor ou área, estimava-se o valor de deposição de serapilheira, dividindo-se a massa de tecido vegetal coletado (kg) pela respectiva área (ha). Para estimar o valor médio de serapilheira depositado em cada parcela, foi feita a média aritmética da deposição, seja em coletores para folha e miscelânea ou área de coleta para galho grosso.

A determinação das concentrações dos nutrientes, para cada fração, em cada parcela, foi feita pela união de uma mesma fração de todos os locais de coleta, seja coletor ou área. O aporte dos nutrientes foi calculado multiplicando-se a concentração dos nutrientes pela deposição, em cada fração.

Todos os resultados foram analisados de acordo com o delineamento blocos completos ao acaso, e, em caso de diferença estatística significativa, foram analisados segundo o teste de Tukey, ambos ao nível de 5% de probabilidade de erro. Também foram realizados testes de correlação de Pearson entre variáveis de precipitação e entre variáveis meteorológicas (precipitação e temperatura) com a deposição de serapilheira e das frações de serapilheira. Os dados meteorológicos de temperatura foram obtidos de Agritempo (2011), que disponibilizou valores médios mensais das temperaturas mínimas e máximas da Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática de Alegrete-RS, localizada a 24 km do local. Esta distância foi considerada pequena dada a homogeneidade de altitude e morfologia do relevo regional. A possibilidade de utilização destes dados também foi confirmada pela correlação de 87% entre a precipitação mensal obtida neste estudo e a precipitação mensal de Agritempo (2011). A temperatura média mensal foi obtida pela média das temperaturas mínimas e máximas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Deposição atmosférica

4.1.1 Precipitação

O volume de precipitação global registrado na área de estudo foi de 1586 mm ano⁻¹, deste total 93% foi coletado no interior do povoamento (precipitação efetiva) e 7% foram interceptados. Do total resultante da precipitação efetiva, 98% foram advindos da precipitação interna e 2%, do escoamento pelo tronco (Tabela 4).

Foi observado ainda que a precipitação interna sempre representou mais de 97% da precipitação efetiva, com uma média de 98%. Ocorreu também grande variação entre as precipitações mensais. Como exemplo, pode-se citar que, na precipitação global, o mês com menor precipitação (novembro) representou apenas 12% da precipitação do mês com maior precipitação (setembro).

Embora a interceptação média tenha sido de 7%, ocorreram mínimos de 1% em maio e máximos de 17% em janeiro. Coincidentemente estes dois meses tiveram uma precipitação global da mesma ordem, cerca de 100 mm, no entanto, em maio, 93% da precipitação ocorreram na segunda quinzena do mês e, em janeiro, a precipitação da segunda quinzena correspondeu a 49% da precipitação mensal. A distribuição da chuva de maneira mais homogênea aumentou a interceptação.

Quando os dados do presente estudo são contrastados com dados de outros estudos, pode-se afirmar que os valores são semelhantes, mesmo quando contrastados com *Eucalyptus* sp. de 6-8 anos de idade (Anexo A). Outras espécies e ecossistemas florestais apresentam diferentes respostas em relação à precipitação global, por exemplo, Caldato (2011) encontrou escoamento pelo tronco de 6% em relação a precipitação efetiva e interceptação de 25% da precipitação global (2228 mm) ao estudar um povoamento de *Pinus taeda* com densidade inicial de 1429 árvores ha⁻¹ e 12 anos de idade; já Arcova et al. (2003) encontraram uma

interceptação de 18% em relação à precipitação global (2220 mm), em área de regeneração de Mata Atlântica com cerca de 45 anos de idade.

Tabela 4 – Valores (média \pm desvio padrão) de precipitação global (PG), escoamento pelo tronco (ET), precipitação interna (PI), precipitação efetiva (PE) e interceptação (INT) ao longo de um ano de monitoramento realizado em plantio de *Eucalyptus dunnii* localizado em Alegrete, RS.

Período	PG	ET	PI	PE	INT
	mm				
Abril/10	169,2 \pm 0,4d	1,4 \pm 0,6ef	152,3 \pm 2,7d	153,7 \pm 2,5d	15,5 \pm 2,3ab
Mai/10	106,0 \pm 0,7g	1,1 \pm 0,2ef	104,1 \pm 1,0f	105,2 \pm 1,0e	0,8 \pm 1,0b
Junho/10	44,7 \pm 1,6i	0,7 \pm 0,1f	41,2 \pm 1,8h	41,9 \pm 1,8g	2,8 \pm 1,4b
Julho/10	248,5 \pm 3,6b	2,0 \pm 0,8cde	235,7 \pm 4,1b	237,7 \pm 4,2b	10,8 \pm 2,8ab
Agosto/10	32,7 \pm 0,0j	0,5 \pm 0,1f	29,4 \pm 1,3h	29,9 \pm 1,3g	2,9 \pm 1,3b
Setembro/10	269,7 \pm 0,4a	5,7 \pm 1,2a	258,4 \pm 4,9a	264,1 \pm 5,1a	5,5 \pm 5,2b
Outubro/10	82,7 \pm 0,5h	1,5 \pm 0,3def	75,8 \pm 3,2g	77,3 \pm 3,5f	5,4 \pm 3,6b
Novembro/10	32,0 \pm 0,4j	0,6 \pm 0,1f	29,1 \pm 0,9h	29,7 \pm 1,0g	2,3 \pm 1,2b
Dezembro/10	145,8 \pm 2,8e	2,7 \pm 0,5bc	132,6 \pm 2,3e	135,4 \pm 2,0d	10,4 \pm 3,1b
Janeiro/11	99,7 \pm 2,8g	1,1 \pm 0,2ef	81,5 \pm 9,3g	82,6 \pm 9,3f	17,1 \pm 10,0ab
Fevereiro/11	229,8 \pm 3,1c	3,7 \pm 0,8b	200,5 \pm 4,3c	204,1 \pm 4,3c	25,7 \pm 3,2a
Março/11	125,2 \pm 1,1f	2,5 \pm 0,9cd	112,9 \pm 3,9f	115,5 \pm 4,6e	9,7 \pm 4,6ab
Soma	1586,1	23,5	1453,6	1477,1	109,0

Onde: letras diferentes para uma mesma coluna representam diferenças estatísticas significativas entre os meses pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Utilizando-se os valores mensais de precipitação interna, ET, precipitação efetiva, precipitação global e de interceptação (em mm e %), pode-se afirmar que ocorreu correlação positiva entre quaisquer valores da precipitação interna, precipitação efetiva, precipitação global e escoamento pelo tronco, ou seja, quando ocorreu maior precipitação, houve aumento no volume coletado, em todas as formas de precipitação (Tabela 5). Embora a mesma explicação seja válida para a interceptação (mm), somente a precipitação global teve correlação significativa com

esta variável. Já em relação à interceptação percentual, a única correlação significativa ocorreu com a interceptação (mm), pois são apenas formas diferentes de demonstrar o comportamento da precipitação. Ainda em relação à interceptação percentual, as demais correlações não-significativas, mas negativas, resultam, provavelmente, de elevadas precipitações em períodos de baixo déficit de saturação de vapor na atmosfera e/ou pela ocorrência de precipitação em um dossel umedecido (Tabela 5).

Tabela 5 – Coeficiente de correlação simples (valor^{significância}) entre os valores médios mensais, em mm, de precipitação global (PG), escoamento pelo tronco (ET), precipitação interna (PI), precipitação efetiva (PE) e interceptação (INT – em mm e %) em um ano de monitoramento em plantio de *Eucalyptus dunnii*, em Alegrete, RS.

	PI	PE	PG	INT	INT%
ET	0,83*	0,83*	0,83*	0,33 ^{ns}	-0,25 ^{ns}
PI		>0,99*	>0,99*	0,46 ^{ns}	-0,27 ^{ns}
PE			>0,99*	0,46 ^{ns}	-0,27 ^{ns}
PG				0,53***	-0,20 ^{ns}
INT					0,65**

Onde: * = significativo a 1%; ** = significativo a 5%; *** = significativo a 10%; ^{ns} = não significativo.

Arcova et al. (2003), em função do processo de fracionamento da água das chuvas pela floresta ser influenciado pelas condições das precipitações, optaram por agrupar e analisar resultados em dois períodos distintos do ano, caracterizados por período chuvoso e pouco chuvoso. Silva e Rodríguez (2001) não relataram escoamento pelo tronco nas coletas realizadas após cada evento de precipitação, em precipitações menores que 4; 5 e 6,5 mm em floresta de carvalho (312 árvores ha⁻¹), floresta mista de carvalho e pinus (466 árvores ha⁻¹) e floresta de pinus (246 árvores ha⁻¹), respectivamente, em local em que ocorreu 375 mm ano⁻¹ durante o período de avaliação.

Outras fontes de variação, especificamente em relação ao gênero *Eucalyptus*, foram relatadas por Whitehead e Beadle (2004), que conseguiram identificar diversos mecanismos de passagem da precipitação pelo dossel para evitar seca, dentre os quais se podem relacionar os baixos valores do índice de área foliar e a grande variação dinâmica sazonal no índice de área foliar, além do arranjo foliar

próximo à vertical.

4.1.2 Características químicas da água nas diferentes formas de precipitação

Os valores de pH e de concentração dos íons variaram significativamente ao longo do ano para todas as formas de precipitação, assim como foram, em geral, mais elevados para o mês de agosto, com algumas exceções no escoamento pelo tronco (Anexos B e C). O elevado pH e as elevadas concentrações de íons no mês de agosto foram decorrentes da presença de cinzas advindas de queimadas, fato registrado por Mombelli (2010) e Mallmann (2010). Este fenômeno, verificado em agosto, foi notado em campo pela presença visível de fuligem, provavelmente propiciada pela precipitação global de apenas 32,7 mm.

Em setembro, apesar da continuidade das queimadas (Chuva, 2010) e de relatos de fracas erupções vulcânicas com lançamento de cinzas no Chile (Suspensos, 2011), não foi notada presença de fuligem e nem mesmo elevação das concentrações de íons. Isto pode ser atribuído à diluição, pois a precipitação global foi de 269,7 mm em setembro (a média mensal mais alta em todo o monitoramento).

Após a interação com o dossel florestal, o valor de pH foi, em geral, aumentado (Tabela 6). Os mecanismos que provavelmente atuaram neste processo foram a troca de cátions básicos adsorvidos ao dossel com prótons da precipitação e a lixiviação de bases fracas de Bronsted pelo dossel, que se combinam com ácidos fortes da precipitação e geram ácidos fracos e sais de sulfato ou nitrato (Cronan e Reiners, 1983).

O valor médio de pH da precipitação global, de 5,06 unidades de pH, foi mais elevado do que o encontrado por Balieiro et al. (2007) em Seropédica (RJ), cidade localizada próxima a zona costeira, que foi de 4,3; porém menor do que a água pura em equilíbrio com o CO₂ atmosférico (pH=5,6).

As concentrações dos íons na precipitação global foram baixas, superando a concentração de 1 mg L⁻¹ apenas no mês de agosto (Anexos B e C) e não superando este valor na média anual (Tabela 6). As concentrações dos íons estão de acordo com as demais pesquisas conduzidas próximas à região de estudo (Calil

et al., 2010; Zunckel et al., 2003; Caldato, 2011) e as baixas concentrações devidas ao meio rural, onde se encontram menores concentrações do que em regiões urbanas e suburbanas (Juknys et al., 2007).

Tabela 6 – Valores médios anuais (média \pm desvio padrão) de pH e concentração de íons na solução aquosa resultante do escoamento pelo tronco (ET), precipitação interna (PI), precipitação efetiva (PE) e precipitação global (PG) ao longo de um ano de monitoramento realizado em plantio de *Eucalyptus dunnii* em Alegrete, RS.

Variável		ET	PI	PE	PG
pH	Unidades	5,26 \pm 0,17	5,23 \pm 0,32	5,23 \pm 0,32	5,06 \pm 0,42
N-NH ₄ ⁺		0,26 \pm 0,51	0,43 \pm 0,95	0,43 \pm 0,94	0,39 \pm 0,97
N-NO ₂ ⁻		0,01 \pm 0,02	0,01 \pm 0,02	0,01 \pm 0,02	0,01 \pm 0,02
N-NO ₃ ⁻		0,15 \pm 0,26	0,19 \pm 0,23	0,19 \pm 0,24	0,17 \pm 0,21
N		0,42 \pm 0,76	0,64 \pm 1,18	0,64 \pm 1,17	0,58 \pm 1,19
P-PO ₄ ³⁻		0,06 \pm 0,06	0,05 \pm 0,05	0,05 \pm 0,05	0,03 \pm 0,04
S-SO ₄ ²⁻	mg L ⁻¹	0,23 \pm 0,32	0,25 \pm 0,29	0,25 \pm 0,29	0,23 \pm 0,26
Cl		3,26 \pm 1,56	0,91 \pm 0,37	0,95 \pm 0,39	0,23 \pm 0,15
Na		1,11 \pm 0,94	0,27 \pm 0,17	0,28 \pm 0,17	0,11 \pm 0,11
K		3,52 \pm 2,00	0,63 \pm 0,27	0,68 \pm 0,30	0,09 \pm 0,15
Mg		0,68 \pm 0,53	0,18 \pm 0,18	0,19 \pm 0,18	0,08 \pm 0,12
Ca		1,78 \pm 2,02	0,50 \pm 0,41	0,52 \pm 0,41	0,35 \pm 0,48

Deve-se acrescentar que, na primeira quinzena de junho, não foi determinada a concentração para precipitação global e precipitação interna, em virtude do baixo volume coletado, no entanto, foi possível analisar a água advinda do escoamento pelo tronco, devido a área de coleta ser de aproximadamente 7 m² (espaçamento de plantio de 2,0 m x 3,5 m). Apesar disso, a passagem da água da chuva pelo dossel florestal provocou aumento na concentração dos íons analisados (precipitação efetiva em relação a precipitação global – Tabela 6).

Para salientar a interferência da floresta, cita-se Michopoulos et al. (2001), que observaram enriquecimento (aporte) de K e Mg e diminuição de H (aumento de

pH), além de consumo de NH_4^+ pelas folhas em *Fagus moesiaca*, no período de crescimento vegetativo.

Conforme Cronan e Reiners (1983), em estudo conduzido em ecossistema de floresta de coníferas e de floresta decidual de folhosas, há enriquecimento da precipitação interna com sais neutros, possivelmente originados da combinação de ânions atmosféricos com cátions básicos das plantas, notavelmente acrescidos em K e alcalinidade durante o período de senescência foliar.

A capacidade em reter a deposição seca aumenta o aporte de elementos químicos na precipitação interna e escoamento pelo tronco (Schrijver et al., 2007). Em termos de metais traço, a composição da precipitação interna é bastante influenciada quali-quantitativamente pela cobertura florestal, podendo ser inalterada, decrescida ou elevada, já que as concentrações e os aportes são modificadas em relação às propriedades e à função dos elementos para a biosfera, causadas pela mudança na disponibilidade dos elementos pela complexação pelo carbono orgânico dissolvido (Gandois et al., 2010).

4.1.3 Aporte de íons

O aporte de íons variou entre os meses, com única exceção para P-PO_4^{3-} , e foi maior, em geral, no mês de setembro, especialmente para a precipitação global (Anexos D e E). Deve-se enfatizar, novamente, que, neste mês, havia influência da concentração de fuligem advinda de queimadas de outras regiões, e apesar da baixa concentração causada pelo efeito diluição da precipitação, a elevada precipitação aumentou o aporte. O mês de agosto, que havia apresentado as maiores concentrações, acabou por não apresentar elevados aportes pela baixa precipitação. Em relação aos aportes das diferentes formas de precipitação, o escoamento pelo tronco apresentou os menores valores mensais (Anexos D e E), apesar das maiores concentrações de íons.

Em estudo realizado em região de Floresta Tropical Ombrófila Aberta com forte influência de queimadas estacionais comprovou que o aporte de solutos foi particularmente elevado para os originados de emissões pirogênicas (Germer et al., 2007). Neste mesmo estudo, a concentração da precipitação interna foi

principalmente derivada de deposição seca em períodos de seca e da lavagem do dossel em períodos chuvosos (Germer et al., 2007).

A variação do aporte de íons por razões meteorológicas e padrões de transporte atmosférico foi estudada no sudeste da Inglaterra por Beverland et al. (1998), os quais atestaram a influência significativa da direção do vento local durante a precipitação sobre a concentração e o aporte, entretanto, a análise de trajetória das massas de ar foi um melhor indicador do suprimento de íons pelas massas de ar que alcançaram o sítio. Beverland et al. (1998) afirmaram ainda que a concentração de espécies iônicas tendeu ao inverso do montante precipitado, contudo outros fatores foram também significativos e, assim, o montante precipitado não pode, sozinho, ser usado para explicar concentrações médias em eventos de chuva. Nem mesmo as concentrações parciais dos eventos de chuva correlacionaram-se com o montante precipitado, enfatizando que a simples relação entre precipitação e concentração falha ao desconsiderar a importância da advecção (Beverland et al., 1998). No entanto, existiu uma relação entre a quantidade aportada via deposição úmida e montante precipitado (Beverland et al., 1998).

Paramee et al. (2005), monitorando a precipitação global em diversos locais da Tailândia, encontraram pequenas variações na deposição úmida em um período de três anos de monitoramento e, ademais, verificaram que o padrão e o montante da deposição úmida foram fortemente influenciados pelo volume precipitado.

O aporte anual da precipitação efetiva, em relação à precipitação global, teve sempre a tendência de enriquecimento no montante acumulado para os diferentes íons dentro do ano de observação (Tabela 7). Desse modo, em relação ao valor aportado pela precipitação global, a precipitação efetiva foi desde 0,37% para SO_4^{2-} até 917% para K, com média de 123%, considerando todos os íons. Já em relação a precipitação efetiva, a precipitação interna representou a principal fonte, variando desde 91% para K até 99% para NO_3^- , com média de 96%, já o escoamento pelo tronco representou de 1%, para NO_3^- , até 9% para K, com média de 4%. Destaca-se que todas as formas de N (NH_4^+ , NO_3^- e NO_2^-), além de SO_4^{2-} e PO_4^{3-} , representaram, no escoamento pelo tronco, não mais do que 2% do aporte em relação à precipitação efetiva.

Pode-se afirmar que, para o aporte de íons, o montante precipitado foi de

importância maior do que a concentração dos íons; pois o valor de 4% do escoamento pelo tronco em relação à precipitação efetiva foi muito próximo dos 2% resultantes de quando se avalia apenas o valor do volume precipitado.

Tabela 7 – Aporte anual de íons na solução aquosa resultante do escoamento pelo tronco (ET), precipitação interna (PI), precipitação efetiva (PE) e precipitação global (PG) ao longo de um ano de monitoramento realizado em plantio de *Eucalyptus dunnii* em Alegrete, RS.

Variável	ET	PI	PE	PG
N-NH ₄ ⁺	44,8(1% ¹)	3277,23(99% ¹)	3322,03(5% ²)	3176,94
N-NO ₂ ⁻	1,86(1%)	154,33(99%)	156,19(1%)	155,05
N-NO ₃ ⁻	22,88(1%)	1909,73(99%)	1932,61(4%)	1865,88
N	69,54(1%)	5344,77(99%)	5414,31(4%)	5197,87
P-PO ₄ ³⁻	10,05(2%)	548,6(98%)	558,66(32%)	424,79
S-SO ₄ ²⁻ g ha ⁻¹	39,17(1%)	2646,37(99%)	2685,55(0%)	2675,69
Cl	632,23(5%)	11062,02(95%)	11694,25(282%)	3059,83
Na	217,79(7%)	3057,36(93%)	3275,15(131%)	1417,88
K	739,4(9%)	7523,69(91%)	8263,08(917%)	812,21
Mg	148,73(7%)	1956,78(93%)	2105,52(117%)	969,27
Ca	488,31(8%)	5256,48(92%)	5744,78(69%)	3395,20
Média	4%	96%	123%	-

¹ % para formação da PE; ² % de acréscimo em relação a PG.

Em relação aos íons com nitrogênio, o aporte de NH₄⁺ foi maior do que o de NO₃⁻, e este maior do que o de NO₂⁻, para todas as formas de precipitação. Em consonância com Paramee et al. (2005), NH₄⁺ correspondeu de 44% a 63% da deposição úmida total de N, indicando grande contribuição de fontes relacionadas à atividade antrópica, como emissões de NH₃ da agricultura e/ou indústrias. May et al. (2007) também encontraram a mesma ordem de contribuição do presente estudo.

Considerando os valores de aporte da precipitação global do presente estudo, estes partiram de um mínimo de 155 g ha⁻¹ ano⁻¹ para N como NO₂⁻ e chegaram a

um máximo de $3,4 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para Ca, caso se considere o aporte de todas as formas de N, ele teria o máximo aporte via precipitação global ($5,2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$). Calil et al. (2010), em região industrializada, encontraram aportes da precipitação global com mínimo anual de $3,2 \text{ kg ha}^{-1}$ para N como nitrato, quase o valor máximo de aporte deste estudo, e um máximo anual de $42,5 \text{ kg ha}^{-1}$ para Na, cerca de 30 vezes o aporte de Na deste estudo. Já os dados de Caldato (2011) partem de um aporte via precipitação global de $0,38 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para N como NO_2^- , chegando cerca de $24 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para Ca. Caldato (2011) justificou o grande aporte de Ca como decorrência de estradas não pavimentadas.

A ordem de aporte de nutrientes variou entre as formas de precipitação (Tabela 7). No escoamento pelo tronco foi $\text{K} > \text{Cl} > \text{Ca} > \text{Na} > \text{Mg} > \text{N} > \text{S} > \text{P}$. Já para a precipitação interna, a ordem foi $\text{Cl} > \text{K} > \text{N} > \text{Ca} > \text{Na} > \text{S} > \text{Mg} > \text{P}$. A ordem foi alterada, na precipitação efetiva, para $\text{Cl} > \text{K} > \text{Ca} > \text{N} > \text{Na} > \text{S} > \text{Mg} > \text{P}$. Por fim, na precipitação global, a ordem foi $\text{N} > \text{Ca} > \text{Cl} > \text{S} > \text{Na} > \text{Mg} > \text{K} > \text{P}$.

Em todas as formas de precipitação, ocorreu maior aporte de N-NH_4^+ do que de N-NO_3^- , e de N-NO_3^- em relação a N-NO_2^- . No que tange às formas de precipitação para N, N-NH_4^+ , N-NO_3^- , P-PO_4^{3-} , Cl, Na, K, Mg e Ca, a ordem de aporte foi precipitação efetiva > precipitação interna > precipitação global > escoamento pelo tronco, e, para N-NO_2^- e S-SO_4^{2-} , a ordem de aporte foi precipitação efetiva > precipitação global > precipitação interna > escoamento pelo tronco.

4.2 Deposição de serapilheira

4.2.1 Produção

A deposição de serapilheira (Tabela 8) apresentou variação ao longo dos meses, sendo que novembro foi o mês com maior deposição ($0,7 \text{ Mg ha}^{-1}$) e julho, com menor deposição (73 kg ha^{-1}). Os meses de maior e menor deposição foram os mesmos para a fração folhas (F), mas foram outros para a fração miscelânea (M). A fração galhos grossos (GG) foi a única que não apresentou diferença estatística significativa entre os meses devido à grande variação constatada pelo desvio padrão

dentro dos meses.

Tabela 8 – Deposição de serapilheira e de suas frações (média \pm desvio padrão) ao longo de um ano de monitoramento realizado em plantio de *Eucalyptus dunnii* localizado em Alegrete, RS.

Período	Deposição (kg ha ⁻¹)			
	Fração			Serapilheira
	Folha	Miscelânea	Galho grosso	
Abril/10	221,64 \pm 60,87de 93%*	7,68 \pm 4,37bc 3%*	8,12 \pm 7,99a 4%*	237,43 \pm 62,77de 6%#
Maio/10	116,41 \pm 35,92e 96%	2,89 \pm 2,98c 2%	1,96 \pm 3,36a 2%	121,26 \pm 37,88e 3%
Junho/10	81,39 \pm 23,2e 96%	3,73 \pm 3,52c 4%	0 \pm 0a 0%	85,11 \pm 26,45e 2%
Julho/10	65,23 \pm 18,8e 89%	6,64 \pm 3,43bc 9%	1,21 \pm 1,68a 2%	73,07 \pm 20,18e 2%
Agosto/10	92,85 \pm 27,35e 87%	13,1 \pm 5,59bc 12%	0,87 \pm 1,06a 1%	106,82 \pm 29,39e 3%
Setembro/10	116,68 \pm 24,42e 95%	6,75 \pm 4,27bc 5%	0 \pm 0a 0%	123,43 \pm 28,05e 3%
Outubro/10	350,71 \pm 128,6cd 97%	10,51 \pm 6,25bc 3%	0 \pm 0a 0%	361,23 \pm 126,05cd 9%
Novembro/10	704,36 \pm 69,26a 96%	27,31 \pm 11,09abc 4%	0 \pm 0a 0%	731,68 \pm 69,88a 17%
Dezembro/10	476,85 \pm 79,31bc 93%	36,63 \pm 12,66abc 7%	0 \pm 0a 0%	513,48 \pm 72bc 13%
Janeiro/11	494,48 \pm 189,43bc 92%	36,19 \pm 23,64abc 6%	8,18 \pm 7,75a 2%	538,84 \pm 180,67abc 13%
Fevereiro/11	485,63 \pm 107,68bc 91%	50,11 \pm 32,01a 9%	1,73 \pm 1,87a 0%	537,47 \pm 128,39abc 13%
Março/11	607,54 \pm 86,64ab 93%	42,2 \pm 31,19ab 6%	5,95 \pm 9,36a 1%	655,69 \pm 89,55ab 16%
Soma	3813,75 \pm 229,56 93%	243,75 \pm 17,03 6%	28,02 \pm 3,19 1%	4085,50 \pm 244,58 100%

Nota: * % da deposição mensal; # % da deposição anual; letras diferentes dentro de uma mesma coluna são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Para todos os meses avaliados, a deposição foi estatisticamente diferente entre miscelânea e galho grosso para a folha e a serapilheira. Foram depositados aproximadamente 4,1 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de serapilheira, com folha contribuindo com uma deposição média de 93%; miscelânea, com uma média de 6% e galho grosso, com

uma média de 1%. A deposição de serapilheira encontrada por Cunha et al. (2005) em rebrota de um ano e meio de idade, de 3,8 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, foi da mesma ordem daquela verificada no presente estudo, de 4,1 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ em plantio de 1,3 ano de idade ao início do monitoramento. No futuro, a contribuição de 93% da folha poderá diminuir, pois a proporção de biomassa foliar, nas árvores, diminui com a idade do povoamento (Silva, H.D. et al., 2004).

Se considerado cada mês individualmente, folha atingiu um máximo de 97% e um mínimo de 87% de contribuição, já miscelânea foi de um mínimo de 2% a um máximo de 12% e, por fim, galho grosso representou de 0% a 3% de contribuição na deposição de serapilheira. A miscelânea, composta por galhos finos, casca e material reprodutivo, na verdade, foi composta basicamente por galhos finos e casca. No mais jovem povoamento de *E. dunnii* analisado por Arnold e Dongyun (2003), com 3,5 anos de idade, apenas 5% das árvores estavam reprodutivamente ativas. Higa et al. (2001) encontraram florescimento em apenas 9% das árvores de *E. dunnii* localizadas internamente no talhão, para árvores que sofreram desbaste, aos 13 anos; número que passou para 58% aos 19 anos. Fica evidente, assim, a pouca contribuição da sub-fração material reprodutivo, fração praticamente ausente nas coletas.

A deposição de serapilheira foi maior no período de outubro de 2010 a março de 2011, representado pelas letras A, B e C do teste de Tukey. Os meses com maior deposição de serapilheira foram semelhantes ao observado por Cunha et al. (2005), que encontraram maior deposição no mês de dezembro, período com maior precipitação, para *E. grandis*, tanto em primeira rotação, aos oito anos de idade, quanto para rebrota de 1,5 ano de idade e para rebrota de cinco anos de idade. Barlow et al. (2007) encontraram correlação positiva entre a deposição mensal de folhas de *E. urophylla*, com quatro a cinco anos de idade, e a precipitação mensal em clima com estação seca na Amazônia.

Interpreta-se, assim, que, nos experimentos de Cunha et al. (2005) e Barlow et al. (2007), a maior deposição de serapilheira ocorreu em período de maior crescimento vegetativo. No plantio enfocado pelo presente estudo, ressalta-se que, no período de maior deposição, também se iniciou o período de crescimento vegetativo e o fechamento do dossel. Além disso, as árvores praticamente dobraram

as dimensões representadas pela altura e DAP do início para o fim do monitoramento e, conseqüentemente, a biomassa. Acrescente-se, neste ponto, que a classificação climática proposta por Maluf (2000) cita que, em Alegrete, município onde o experimento está instalado, pode ocorrer período de seca no verão.

A variação mensal das deposições de serapilheira e suas frações apresentaram correlação com dados de temperatura e com a interceptação percentual (Tabela 9).

Tabela 9 – Correlação de Pearson (valor^{significância}) entre variáveis climáticas e deposição das frações folha, miscelânea, galho grosso e de serapilheira ao longo de um ano de monitoramento realizado em plantio de *Eucalyptus dunnii* localizado em Alegrete, RS.

	Serapilheira	Fração		
		Folha	Miscelânea	Galho grosso
Precipitação global (mm)	-0,18 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,06 ^{ns}
Escorrimento pelo tronco (mm)	0,00 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,21 ^{ns}	-0,15 ^{ns}
Precipitação interna (mm)	-0,23 ^{ns}	-0,24 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Precipitação Efetiva (mm)	-0,25 ^{ns}	-0,24 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Interceptação (mm)	0,61 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,64 ^{**}	0,50 ^{***}
Interceptação (%)	0,51 ^{***}	0,49 [#]	0,62 ^{**}	0,59 ^{**}
Temperatura Mínima (°C)	0,91 [*]	0,89 [*]	0,89 [*]	0,32 ^{ns}
Temperatura Máxima (°C)	0,78 [*]	0,76 [*]	0,87 [*]	0,48 ^{ns}
Temperatura Média (°C)	0,86 [*]	0,85 [*]	0,90 [*]	0,40 ^{ns}

Obs.: dados de precipitação deste estudo; dados de temperatura de Agritempo (2011); * significativo a 1%; ** significativo a 5%; *** significativo a 10%; ^{ns} não significativo; # significância = 10,6%.

A estacionalidade climática, no estado do Rio Grande do Sul, se deve principalmente a variação de temperatura, já que a distribuição da precipitação é aproximadamente homogênea ao longo do ano. Isto fica evidente nas classificações climáticas do estado, como a de Maluf (2000), que utiliza como critério inicial variáveis de temperatura. O aumento das temperaturas (Figura 5) foi acompanhado por uma maior deposição. Mesmo não apresentando significância, o sinal negativo da correlação da precipitação com a deposição de serapilheira indica que períodos de menor disponibilidade hídrica aumentam a deposição de serapilheira.

A interceptação percentual, como variável de precipitação, foi a única com correlação significativa com a deposição de serapilheira. Existe uma relação da

interceptação percentual com a temperatura, na medida em que condições com maior temperatura há aumento na interceptação percentual, causada pela maior evaporação. Nos seis primeiros meses ocorreu uma interceptação média de 5,2% e nos seis últimos meses ocorreu uma interceptação média de 9,5%, corroborando o efeito provocado pelo aumento de temperatura.

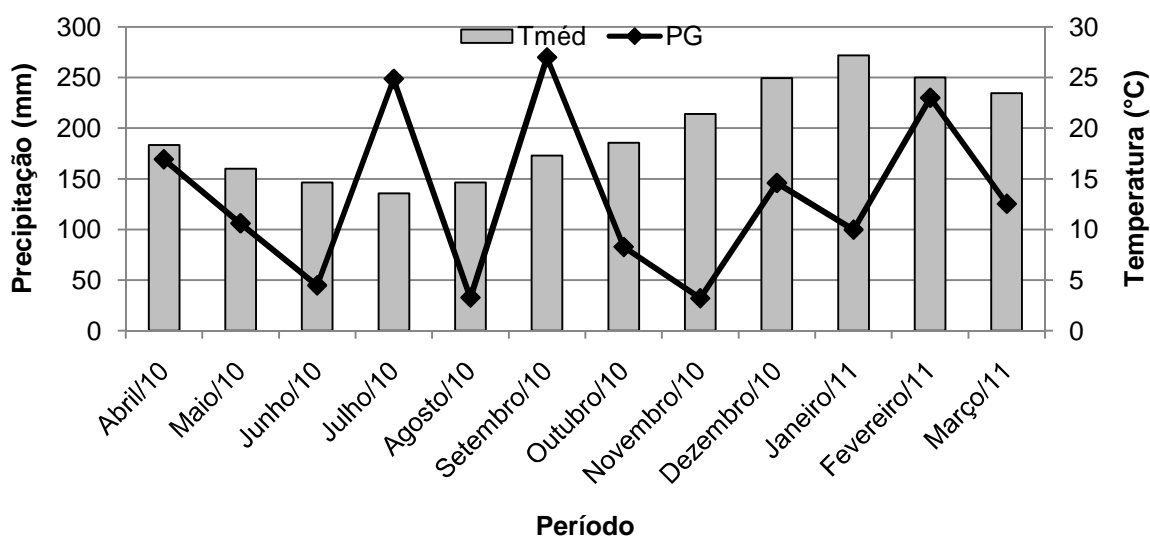


Figura 5 – Variação mensal da precipitação global (PG) e da temperatura média (Tméd) ao longo de um ano de monitoramento realizado em plantio de *Eucalyptus dunnii* localizado em Alegrete, RS.

Obs.: PG monitorada no local pelo presente estudo; Tméd monitorada a 24 km de distância do local (Fonte: Agritempo, 2011).

Todos estes fatores indicam que as maiores deposições verificadas no período de crescimento vegetativo foram decorrentes da constante troca de folhas proporcionada pelos fatores sombreamento, crescimento e seca. Turner e Lambert (2002) citam que incrementos na biomassa foliar e na área basal correlacionaram-se com a deposição de serapilheira, quando analisados uma série de estudos publicados e não-publicados para *E. pilularis*. Balieiro et al. (2004) mencionaram a diminuição da superfície foliar, via queda de folhas, como provavelmente resultante ao aumento da temperatura, associado à baixa capacidade de retenção de umidade do solo. Podem ter ocorrido, além disso, fatores associados à senescência das folhas, como deficiência mineral e seca (Larcher, 2000).

4.2.2 Concentração e aporte de macronutrientes

A concentração de macronutrientes na folha da serapilheira depositada foi estatisticamente diferente entre os meses, com exceção para o macronutriente S (Anexo F). Quando se avaliou o acréscimo da maior concentração em relação à menor concentração, considerando-se apenas as médias mensais dos macronutrientes, estas variaram de 51% (para Mg) até 79% para N, com média de 64%. Cada nutriente e fração atingiram a maior média em um mês diferente. As comparações entre as concentrações dos macronutrientes para miscelânea e galho grosso não foram feitas devido às baixas deposições para estas frações, assim sendo não foi possível analisar cada parcela e, desse modo, foi examinado material de todas as parcelas em conjunto, resultando em um único valor.

A concentração de macronutrientes seguiu a ordem folha > miscelânea > galho grosso, com exceção para Ca, em que a ordem foi alterada para folha > galho grosso > miscelânea (Tabela 10). Cunha et al. (2005) também avaliaram a concentração de macronutrientes na serapilheira depositada em *E. grandis* com 1,5 ano de idade e encontraram resultados similares, em que a folha apresentou maiores concentrações para N, P e Mg; no entanto, não se verificou maiores concentrações para K e Ca, o primeiro apresentou maiores concentrações do que a folha na fração estruturas reprodutivas (não presente neste estudo) e o segundo, maiores concentrações do que folha para galho (porém considerando galhos como menores do que 2 cm de diâmetro; mas para idades de oito anos e rebrota de cinco anos a maior concentração de Ca foi na fração folha).

Na folha e miscelânea, a concentração foi Ca > N > K > Mg > S > P (Tabela 10). Foi verificada a variação de 50% na concentração de N da folha entre os seis primeiros meses (10,4 g N kg⁻¹) e os seis últimos meses (7,0 g N kg⁻¹) de monitoramento, indicando maior retranslocação no período de maior crescimento. Neste mesmo período, ocorreu aumento na concentração de Ca em 15% (de 12,5 g Ca kg⁻¹ para 14,2 g Ca kg⁻¹).

Tabela 10 – Concentração média anual e aporte anual de macronutrientes na serapilheira e nas frações folha (F), miscelânea (M) e galho grosso (GG) ao longo de um ano de monitoramento em *Eucalyptus dunnii* localizado em Alegrete, RS.

Nutriente	Concentração (g kg ⁻¹)			Aporte (kg ha ⁻¹)			
	F	M	GG	F	M	GG	Serapilheira
N	8,69	6,35	4,77	28,76(96%*)	1,25(4%)	0,10(0%)	30,11(100%)
P	0,46	0,37	0,34	1,53(95%)	0,08(5%)	0,01(0%)	1,62(100%)
K	4,34	3,22	2,61	17,24(96%)	0,67(4%)	0,06(0%)	17,97(100%)
Ca	13,35	6,47	7,20	53,54(97%)	1,62(3%)	0,24(0%)	55,39(100%)
Mg	2,84	2,01	1,48	10,45(95%)	0,51(5%)	0,04(0%)	10,99(100%)
S	0,73	0,45	0,33	2,67(96%)	0,10(4%)	0,01(0%)	2,78(100%)

Obs.: a concentração média anual de nutrientes para a fração galho grosso contabiliza somente os meses com deposição desta fração; * % em relação ao aporte da serapilheira.

Esta maior retranslocação, com menores concentrações no período de crescimento vegetativo, foi devida à demanda causada pelo crescimento e ao baixo suprimento de nutrientes pelo solo de baixa fertilidade. Consoante a isto, Saur et al. (2000) obtiveram resultados semelhantes, pois encontraram maior retranslocação de N, P e K em *E. globulus* durante os meses da primavera e do verão, meses que foram o período de maior crescimento, e aumento na concentração de Ca em folhas senescentes.

A ordem de concentração de nutrientes da folha foi idêntica a de Hernández et al. (2009) para biomassa de folhas verdes em *E. dunnii*, no Uruguai, porém com menores concentrações de N, P e K por causa da retranslocação – que foram reduzidas coincidentemente em taxas similares as de Saur et al. (2000), e maiores concentrações de Ca e Mg – Ca também coincidindo com as pesquisas de Saur et al. (2000). Ainda com relação a estes resultados, Silva et al. (2011) não constataram retranslocação de Ca, mas incremento na concentração, e, para Mg, encontraram retranslocação de 30% em tratamentos com 1,7 g Mg kg⁻¹ que diminuiu significativamente para 15% em tratamento com maior concentração, 2,8 g Mg kg⁻¹. Desta forma, a baixa evidência de retranslocação pode dar-se, em parte, pela concentração elevada, similar a de *E. grandis* descrita por Silva et al. (2011), e também pela moderada mobilidade do Mg (Larcher, 2000).

Ainda em relação à concentração de macronutrientes, na galho grosso, ocorreu inversão entre S e P, ou seja, $Ca > N > K > Mg > P > S$ (Tabela 10). A ordem de concentração e a grandeza dos valores foram semelhantes às aquelas encontradas por Cunha et al. (2005) para a fração galhos < 2 cm de diâmetro de deposição de serapilheira em povoamento de rebrota de *E. grandis* com 1,5 ano de idade. Embora a ordem de concentração da folha tenha sido idêntica a de folhas vivas, o mesmo não ocorreu para galho grosso que, em galhos vivos de *E. dunnii* com nove anos de idade, no Uruguai, foi alterada para $Ca > K > N > Mg > P$. Neste caso, talvez a comparação tenha sido dificultada pela diferença metodológica que cada estudo baseia-se e que, por conseguinte, acarreta alterações na porcentagem de casca e funcionalidade dos galhos. Diferenças entre a concentração e a proporção de nutrientes entre espécies, compartimentos e idade foram verificadas por Turner e Lambert (2002).

O aporte de macronutrientes via deposição de serapilheira (Anexo F) foi estatisticamente diferente entre os meses para todos os macronutrientes na folha, miscelânea e serapilheira e para os macronutrientes P e K na galho grosso. O mês de maior aporte de macronutrientes foi novembro e o de menor aporte foi julho, os mesmos resultados observados para a deposição de serapilheira. Assim, pode-se inferir que o aporte de macronutrientes na serapilheira encontra-se em função da deposição de serapilheira mais do que da concentração de macronutrientes, até mesmo porque a deposição de serapilheira sofre acréscimo de aproximadamente 900% da menor para a maior deposição, enquanto que a concentração, na folha, por exemplo, sofre um acréscimo de, no máximo, 79%, obtido para o macronutriente N, quando considerados a menor e a maior concentração.

Na serapilheira, ocorreu um aporte de $Ca > N > K > Mg > S > P$ (Tabela 10). Esta ordem foi encontrada em todas as frações e seguiu a ordem de concentração de macronutrientes, com exceção de galho grosso, que teve a concentração média anual de $P > S$. O aporte ocorreu, sobretudo, devido a folha, que representou uma média de 96% do aporte anual de macronutrientes, em parte pela contribuição da folha na serapilheira (93%) e em parte pelas maiores concentrações encontradas para todos os nutrientes. Após a folha, as frações de maior deposição foram miscelânea > galho grosso, sendo que, nesta última, embora a concentração média anual de P tenha sido maior do que a concentração média anual de S, no mês de

janeiro ocorreu uma elevada deposição da galho grosso e a concentração de S teve incremento de 170% sobre a concentração de P, justificando a ordem de deposição de galho grosso ser a mesma das demais frações.

Ainda que, no presente estudo, o aporte de macronutrientes tenha sido função basicamente da quantidade depositada de serapilheira, quando analisada cada fração e, da concentração de nutrientes na mesma, alterações na ordem de aporte de macronutrientes, via deposição da serapilheira, podem ser resultado da fertilização (Silva et al., 2011) e da diferença de idade e sistema silvicultural (Cunha et al., 2005). Com relação a tratamentos silviculturais, o desbaste não afetou a ordem de deposição de macronutrientes após cerca de 13 anos da aplicação do tratamento (Kolm e Poggiani, 2003).

4.2.3 Concentração e aporte de micronutrientes

A concentração de micronutrientes na folha da serapilheira depositada foi estatisticamente diferente entre os meses para todos os micronutrientes (Anexo G). Quando se avaliou o acréscimo da maior concentração em relação à menor concentração, considerando-se apenas as médias mensais dos micronutrientes, constatou-se variação de 83% para B, até 284% para Cu, com média de 134%, valores com variação maior do que a encontrada para macronutrientes. Cada micronutriente e fração atingiram a maior média em um mês diferente. As concentrações dos micronutrientes para miscelânea e galho grosso não foram feitas devido às baixas deposições para estas frações, assim não foi possível analisar cada parcela e, desse modo, foi analisado o material de todas as parcelas em conjunto, resultando em um único valor.

A concentração de micronutrientes seguiu a ordem folha > miscelânea > galho grosso para B, Fe e Mn, já para Zn foi miscelânea > folha > galho grosso e, para Cu, a ordem foi miscelânea > galho grosso > folha (Tabela 11). Notou-se uma variação mais acentuada para Cu, onde a concentração da folha foi de $5,31 \text{ mg kg}^{-1}$ nos sete primeiros meses e de $2,70 \text{ mg kg}^{-1}$ nos cinco últimos meses, indicando retranslocação do elemento. Embora a retranslocação de Cu seja ruim (Larcher, 2000), Soares et al. (2000) encontraram diferenças na restrição de translocação de

Cu entre *E. urophylla* e *E. maculata* na fase de muda em resposta a soluções nutritivas com concentrações crescentes de Cu.

Tabela 11 – Concentração média anual e aporte anual de micronutrientes na serapilheira (S) e nas frações folha (F), miscelânea (M) e galho grosso (GG) ao longo de um ano de monitoramento em *Eucalyptus dunnii* em Alegrete, RS.

Nutriente	Concentração (mg kg ⁻¹)			Aporte (g ha ⁻¹)			
	F	M	GG	F	M	GG	S
B	42,4	16,3	9,4	174,5(98%*)	3,8(2%)	0,2(0%)	178,5
Cu	4,2	7,2	6,4	13,6(90%)	1,4(9%)	0,2(1%)	15,2
Fe	132,3	85,8	51,3	533,4(96%)	20,1(4%)	1,4(0%)	554,9
Mn	1854,5	588,8	542,7	7679,8(98%)	140,4(2%)	18,9(0%)	7839,2
Zn	11,5	14,1	8,9	38,2(92%)	3,2(8%)	0,2(0%)	41,6

Obs.: a concentração média anual de nutrientes para a fração galho grosso contabiliza somente os meses com deposição desta fração; * % em relação ao aporte da serapilheira.

A concentração média de micronutrientes foi Mn > Fe > B > Zn > Cu em todas as frações. Tomando-se como base as concentrações foliares encontradas por Silva et al. (1983a) para *E. dunnii*, plantado em solo arenoso e de baixa fertilidade em Itirapina/SP, com 10 anos de idade, e que teve a ordem de concentração dos micronutrientes alterada para Mn > Fe > Cu > Zn, a mesma para *E. saligna* e *E. grandis*, pode-se inferir que Mn está em níveis elevados e Cu em níveis baixos em comparação com os 1.375 mg Mn kg⁻¹ e com os 11 mg Cu kg⁻¹. Deve-se, no entanto, reafirmar que os tecidos vegetais comparados não são os mesmos e o processo de retranslocação pode ter ocorrido.

O aporte de micronutrientes, via deposição de serapilheira, foi estatisticamente diferente entre os meses para todos os micronutrientes na folha, miscelânea e na serapilheira e para o micronutriente Fe na galho grosso. O mês de maior e de menor aporte de micronutrientes, na serapilheira, foram os mesmos encontrados para macronutrientes, ou seja, novembro e julho, respectivamente, com exceção de que o maior aporte de Cu, na serapilheira, ter sido registrado em outubro. Estes meses, novembro e julho, foram os mesmos observados para a

deposição de serapilheira e, assim, o aporte de micronutrientes, na serapilheira, encontra-se em função da deposição de serapilheira mais do que da concentração de micronutrientes, até mesmo porque a deposição de serapilheira sofre acréscimo de aproximadamente 900% da menor para a maior deposição, enquanto que a concentração, na folha, por exemplo, evidencia um acréscimo de aproximadamente 280%, obtido para o micronutriente Cu. Este acréscimo de 280%, porém, foi o maior valor encontrado, pois a média para os demais microelementos situa-se em 97%, quando não se considera o Cu.

A folha representou uma média de 95% do aporte anual de micronutrientes, em parte pela contribuição da folha na serapilheira (93%) e em parte pelas maiores concentrações médias mensais encontradas, à exceção de Cu (folha=59% do valor da maior concentração média – miscelânea) e de Zn (folha=82% do valor da maior concentração média – miscelânea).

A ordem de aporte foi a mesma para serapilheira, folha, miscelânea e galho grosso, ou seja, $Mn > Fe > B > Zn > Cu$ (mesma ordem encontrada para a concentração de micronutrientes). Desse modo, pode-se afirmar que o aporte de micronutrientes, via deposição de serapilheira, foi em função da quantidade de deposição de serapilheira quando se considera as diferentes frações e, dentro de uma mesma fração, foi função da concentração média anual de micronutrientes.

O aporte de $7,8 \text{ kg Mn ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ foi maior do que os aportes dos macronutrientes P e S, com $2,8 \text{ kg S ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e $1,6 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, resultado da elevada concentração de Mn na folha. Em folhas vivas de *E. dunnii*, Silva et al. (1983a) também encontraram maiores concentrações de Mn do que de P.

4.3 Aporte de macronutrientes via precipitação e deposição de serapilheira

A principal entrada dos macronutrientes N, P e K dá-se pela deposição de serapilheira, que atinge um mínimo de 117% acima do aporte via precipitação efetiva para K, passando para 190% para P e atingindo 456% para N (Tabela 12).

Também quando se consideram os macronutrientes Ca, Mg e S, a principal entrada continua sendo a deposição de serapilheira, no entanto, para S, a deposição

de serapilheira não foi estatisticamente diferente do aporte via precipitação efetiva (Tabela 13). Este aporte, via deposição de serapilheira, sobre o valor da precipitação efetiva foi de 3% para S, 422% para Mg e de 864% para Ca.

Tabela 12 – Aporte dos macronutrientes N, P e K (média \pm desvio padrão; kg ha⁻¹) via deposição de serapilheira (DS) e precipitação efetiva (PE) ao longo de um ano de monitoramento realizado em plantio de *Eucalyptus dunnii* localizado em Alegrete, RS.

Período	N		P		K	
	DS	PE	DS	PE	DS	PE
Abril/10	2,4 \pm 0,9a	0,2 \pm 0b	0,1 \pm 0,1b	0,2 \pm 0a	0,8 \pm 0,3a	0,7 \pm 0,1a
Maio/10	1,3 \pm 0,4a	0,2 \pm 0b	0,1 \pm 0b	0,1 \pm 0a	0,4 \pm 0,1a	0,5 \pm 0,1a
Junho/10	0,9 \pm 0,2a	0,3 \pm 0b	0 \pm 0a	0 \pm 0a	0,4 \pm 0,1a	0,3 \pm 0a
Julho/10	0,7 \pm 0,2a	0 \pm 0b	0 \pm 0a	0 \pm 0b	0,3 \pm 0,1b	0,7 \pm 0,2a
Agosto/10	1 \pm 0,2a	1,2 \pm 0a	0,1 \pm 0a	0 \pm 0b	0,6 \pm 0,1a	0,4 \pm 0,2a
Setembro/10	1,3 \pm 0,5b	2,2 \pm 0,3a	0,1 \pm 0a	0,1 \pm 0,1a	0,5 \pm 0,3b	1,6 \pm 0,6a
Outubro/10	3 \pm 1,3a	0,5 \pm 0b	0,2 \pm 0,1a	0,1 \pm 0b	1,8 \pm 0,6a	0,5 \pm 0,1b
Novembro/10	5,1 \pm 0,8a	0,1 \pm 0b	0,3 \pm 0a	0 \pm 0b	3,4 \pm 0,5a	0,3 \pm 0,1b
Dezembro/10	3,4 \pm 0,8a	0,2 \pm 0,1b	0,2 \pm 0a	0 \pm 0b	1,8 \pm 0,3a	0,8 \pm 0,2b
Janeiro/11	3,5 \pm 1,2a	0,2 \pm 0b	0,2 \pm 0a	0 \pm 0b	2,6 \pm 1a	0,6 \pm 0,3b
Fevereiro/11	3,6 \pm 0,9a	0,1 \pm 0,1b	0,2 \pm 0a	0 \pm 0b	1,8 \pm 0,6a	1,1 \pm 0,8a
Março/11	3,9 \pm 0,7a	0,3 \pm 0b	0,2 \pm 0a	0 \pm 0b	3,7 \pm 0,9a	0,8 \pm 0,3b
Ano	30,1 \pm 5,6a	5,4 \pm 0,4b	1,6 \pm 0,2a	0,6 \pm 0,1b	18 \pm 3,4a	8,3 \pm 1,7b

Nota: letras diferentes para um mesmo período e macronutriente são estatisticamente diferentes pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Com relação ao aporte mensal, na maioria dos meses, ocorreu maior entrada pela deposição de serapilheira, contudo, em alguns meses, aconteceu maior entrada via precipitação efetiva (Tabelas 12 e 13). Neste ponto, destacou-se o mês de setembro, em que se deu maior entrada para N, K e S (significativa) e de P e Mg (não significativa); dessa forma, em setembro, somente não ocorreu maior entrada

via precipitação efetiva para Ca. Em todas as ocasiões, onde a entrada via precipitação efetiva foi maior, o período do ano foi caracterizado pela menor deposição de serapilheira e ao levar-se em consideração o mês de setembro, além disso, registraram-se precipitações elevadas sob influência de fuligem na atmosfera advindas de queimadas na Região Centro-oeste do Brasil.

Tabela 13 – Aporte dos macronutrientes Ca, Mg e S (média \pm desvio padrão) via deposição de serapilheira (DS) e precipitação efetiva (PE) ao longo de um ano de monitoramento realizado em plantio de *Eucalyptus dunnii* localizado em Alegrete, RS.

Período	Ca		Mg		S	
	DS	PE	DS	PE	DS	PE
Abril/10	3 \pm 0,4a	0 \pm 0b	0,7 \pm 0,1a	0 \pm 0b	0,2 \pm 0,1a	0,2 \pm 0a
Mai/10	1,4 \pm 0,4a	0,7 \pm 0,1b	0,4 \pm 0,1a	0 \pm 0b	0,1 \pm 0b	0,1 \pm 0a
Junho/10	1 \pm 0,3a	0,2 \pm 0,1b	0,3 \pm 0,1a	0 \pm 0b	0,1 \pm 0b	0,1 \pm 0a
Julho/10	0,8 \pm 0,3a	0,9 \pm 0,1a	0,2 \pm 0,1a	0,2 \pm 0a	0 \pm 0b	0,3 \pm 0a
Agosto/10	1,2 \pm 0,3a	0,5 \pm 0,1b	0,3 \pm 0,1a	0,1 \pm 0,1b	0,1 \pm 0,1b	0,3 \pm 0a
Setembro/10	1,6 \pm 0,4a	1,1 \pm 0,3b	0,3 \pm 0,1a	0,4 \pm 0,2a	0,1 \pm 0b	0,8 \pm 0a
Outubro/10	4,5 \pm 2,2a	0,3 \pm 0,1b	1 \pm 0,4a	0,2 \pm 0b	0,2 \pm 0,1a	0,2 \pm 0a
Novembro/10	9,3 \pm 2,2a	0,2 \pm 0b	2,2 \pm 0,5a	0,1 \pm 0b	0,5 \pm 0,1a	0,1 \pm 0b
Dezembro/10	7,6 \pm 2,1a	0,4 \pm 0,1b	1,4 \pm 0,3a	0,3 \pm 0,1b	0,3 \pm 0,1a	0,2 \pm 0b
Janeiro/11	6,9 \pm 3,5a	0,1 \pm 0,1b	1,3 \pm 0,5a	0,1 \pm 0,1b	0,4 \pm 0,1a	0,1 \pm 0b
Fevereiro/11	9,1 \pm 2,1a	0,4 \pm 0,2b	1,3 \pm 0,3a	0 \pm 0b	0,4 \pm 0,1a	0,1 \pm 0b
Março/11	9 \pm 1,5a	0,9 \pm 0b	1,6 \pm 0,3a	0,6 \pm 0,1b	0,4 \pm 0a	0,1 \pm 0b
Ano	55,4 \pm 12,1a	5,7 \pm 0,8b	11 \pm 2,3a	2,1 \pm 0,2b	2,8 \pm 0,4a	2,7 \pm 0,1a

Nota: letras diferentes para um mesmo período e macronutriente são estatisticamente diferentes pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

As prováveis fontes de nutrientes advindas pela precipitação devem ter sido as mesmas apontadas por Zunckel et al. (2003), ao estudar a precipitação global no nordeste uruguaio. Embora Zunckel et al. (2003) tenham ponderado que as suas conclusões foram baseadas em conjunto limitados de dados, consideraram que

análises estatísticas envolvendo o pH, típico de zonas rurais, sugeriram uma combinação de fontes (terrenas como rochas, solos e poeira; agrícolas como gado e fertilizantes; marinhas; e de queima de biomassa como madeira ou queimadas). A relação Ca:Mg sugeriu fontes como rodovias não pavimentadas, poeiras de solo desnudo e arado sopradas pelo vento, e K, como bom marcador de queima de biomassa, indicou que queimadas na América do Sul corresponderam a picos em indicadores pirogênicos (Zunckel et al., 2003).

A respeito das baixas entradas via precipitação efetiva em relação à deposição de serapilheira, Laclau et al. (2010) enfatizaram o papel predominante dos ciclos bioquímicos e biogeoquímicos de nutrientes sobre o ciclo geoquímico de nutrientes em plantações de eucalipto em região tropical, pois ocorrem baixos aportes via deposição atmosférica em comparação com o requerido pela plantação, com exceção para aerossóis marinhos em locais próximos ao oceano. Dados de exportação de nutrientes pela colheita de *E. dunnii* contidos em Hernández et al. (2009) também conduzem às mesmas inferências, tomando-se o caso de rotações curtas.

No futuro, caso a região se industrialize ou aumente a urbanização, poderá haver maior entrada de íons via precipitação (Casartelli et al., 2008; Migliavacca et al., 2005; Juknys et al., 2007), assim como o próprio crescimento do povoamento ampliará a área para deposição de poeiras, podendo aumentar a entrada de nutrientes via precipitação.

5 CONCLUSÕES

Em relação à precipitação:

- Foi quantificado um volume de 1586 mm de precipitação global, sendo que, deste valor, 7% foram interceptados. A precipitação interna corresponde a 98% da precipitação efetiva.
- As concentrações de íons encontradas na precipitação global foram baixas, condizentes com zonas rurais e não industrializadas.
- A quantidade de íons aportada via precipitação global foi aumentada após a interação com o dossel da floresta.

Em relação à serapilheira:

- Foi depositado $4,1 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de serapilheira, 93% relativo à fração folhas, 6% à fração miscelânea e 1% à fração galhos grossos.
- As concentrações de nutrientes foram sempre maiores na fração folhas e, nesta fração, a concentração foi $\text{Ca} > \text{N} > \text{K} > \text{Mg} > \text{S} > \text{P}$. Para micronutrientes, as concentrações foram maiores para a fração folha nos nutrientes B, Fe e Mn; para a fração miscelânea, nos nutrientes Zn e Cu. Para todas as frações, a ordem de concentração foi $\text{Mn} > \text{Fe} > \text{B} > \text{Zn} > \text{Cu}$.
- O aporte de nutrientes via deposição de serapilheira foi maior do que o aporte via precipitação efetiva, destacando, assim, o ciclo biogeoquímico em relação ao ciclo geoquímico.
- A devolução de serapilheira e a deposição atmosférica auxiliam na manutenção da capacidade produtiva de solos de baixa fertilidade.

6 RECOMENDAÇÕES

- As justificativas para estas recomendações baseiam-se na possibilidade de ganhos em produtividade e sustentabilidade florestal demandadas pela cadeia produtiva em uma nova fronteira florestal situada em solos com certo grau de fragilidade;
- Continuidade dos estudos de ciclagem e precipitação até pelo menos o final deste ciclo, se possível incluindo os ciclos de corte até final da rotação (no caso de talhadia);
- Incluir, nesta continuidade, os estudos com *litterbags* e manta;
- Iniciar estudos envolvendo aspectos da biomassa, nutrição e estoque de nutrientes acima e abaixo da superfície;
- Avaliar sobre a inclusão da determinação de micronutrientes na precipitação, facilitando o entendimento da ciclagem. Por exemplo, Gandois et al. (2010) supuseram que o incremento de Mn sob a copa foi devido à liberação pelo dossel. Mn é um dos nutrientes com provável excesso neste estudo.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2011 ano base 2010**. Brasília: ABRAF, 2011. 130p.
- ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2010 ano base 2009**. Brasília: ABRAF, 2010. 140p.
- ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF: ano base 2008**. Brasília: ABRAF, 2009. 120p.
- Agritempo. **Dados meteorológicos – Alegrete**. Campinas, 2011. Disponível em: <<http://www.agritempo.gov.br>>. Acesso em: 6 jul. 2011.
- APHA - **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19th ed. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, Washington, D.C., 1998.
- ARCOVA, F.C.S.; CICCIO, V.; ROCHA, P.A.B. Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de mata atlântica em uma microbacia experimental em Cunha – São Paulo. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.2, p.257-262, 2003.
- ARNOLD, R.; DONGYUN, X. Environmental and cultural influences on flowering of *Eucalyptus dunnii*. In: TURNBULL, J.W. (ed.) *Eucalypts in Asia*, 2003, Zhanjiang, Guangdong, People's Republic of China. **Proceedings...** Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), 2003. p.140-147.
- BALIEIRO, F.D.C.; FRANCO, A.A.; FONTES, R.L.F.; DIAS, L.E.; CAMPELLO, E.F.C.; FARIA, S.M.D. Evaluation of the throughfall and stemflow nutrient contents in mixed and pure plantations of *Acacia mangium*, *Pseudosamanea guachapele* and *Eucalyptus grandis*. **Árvore**, 31(2), 339-346, (2007).
- BALIEIRO, F.D.C.; FRANCO, A.A.; PEREIRA, M.G.; CAMPELLO, E.F.C.; DIAS, L.E.; FARIA, S.M.D.; ALVES, B.J.R. Dinâmica da serapilheira e transferência de nitrogênio ao solo, em plantios de *Pseudosamanea guachapele* e *Eucalyptus grandis*. **Pesquisa agropecuária brasileira**, 39(6), 597-601, 2004.
- BARBOSA, J.H.C. **Dinâmica da serapilheira em estágios sucessionais de Floresta Atlântica (Reserva Biológica de Poço das Antas RJ)**. Rio de Janeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 202 p., 2000. (Tese de Mestrado).
- BARLOW, J.; GARDNER, T.A.; FERREIRA, L.V.; PERES, C.A. Litter fall and decomposition in primary, secondary and plantation forests in the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, 247(1-3), 91-97, 2007.
- BAUMHARDT, E. **Balanço hídrico de microbacia com eucalipto e pastagem nativa na região da campanha do RS**. 2010. 139f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.
- BENSON, J.S.; HAGER, T.C. The distribution, abundance and habitat of *Eucalyptus dunnii* (Myrtaceae) (Dunn's White Gum) in New South Wales. **Cunninghamia**, 3(1), 123-145, 1993.
- BERTONI, J.C.; TUCCI, C.E.M. Precipitação. In: TUCCI, C.E.M. (Org.) **Hidrologia:**

- ciência e aplicação.** Porto Alegre: Editora da Universidade/ABRH/ EDUSP, 1993. 943p. p.177-241. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v.4)
- BEVERLAND, I.J.; CROWTHER, J.M.; SRINIVAS, M.S.N.; HEAL, M.R. The influence of meteorology and atmospheric transport patterns on the chemical composition of rainfall in south-east England. **Atmospheric Environment**, 32(6), 1039-1048, 1998.
- CALDATO, S.L. **Ciclagem biogeoquímica dos nutrientes em uma plantação de *Pinus taeda* L. no nordeste argentino.** 2011. 106 f. Tese (Doutorado em Silvicultura) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.
- CALIL, F.N.; SCHUMACHER, M.V.; WITSCHORECK, R.; LOPES, V.G.; VIERA, M.; LIBERALESSO, E. Ion input via rainwater in the southwestern region of Rio Grande do Sul, Brazil. **Cerne**, vol. 16, 2010, pp. 373-380.
- CASARTELLI, M.R.O. **Composição da precipitação bruta e da precipitação interna (throughfall) em florestamentos de plantas introduzidas na planície costeira do Rio Grande Do Sul, Brasil, e sua utilização no monitoramento das precipitações atmosféricas.** 2006. 217f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.
- CASARTELLI, M.R.; MIRLEAN, N.; PERALBA, M.C.; BARRIONUEVO, S.; GÓMEZ-REY, M.X.; MADEIRA, M. An assessment of the chemical composition of precipitation and throughfall in rural-industrial gradient in wet subtropics (southern Brazil). **Environmental monitoring and assessment**, vol. 144, Sep. 2008, pp. 105-116.
- CHEVALLIER, P. Aquisição e processamento de dados. In: TUCCI, C.E.M. (Org.) **Hidrologia: ciência e aplicação.** Porto Alegre: Editora da Universidade/ABRH/ EDUSP, 1993. 943p. p.485-525. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v.4)
- CHUVA de fuligem pode se repetir. **Gazeta do Sul**, 31 ago. 2010. Disponível em: <http://www.gaz.com.br/gazetadosul/noticia/240608-chuva_com_fuligem_podera_voltar/edicao:2010-08-31.html>. Acesso em 17 jun. 2011.
- CONSEMA. RESOLUÇÃO CONSEMA Nº 227/2009. **Aprova alterações do Zoneamento Ambiental para a Atividade de Silvicultura no Estado do Rio Grande do Sul de que trata a Resolução CONSEMA nº 187, de 09 de abril de 2008 e dá outras providências.** Volume I: Estrutura, metodologia e resultados. 137p. Disponível em: <www.fepam.rs.gov.br>. Acesso: 28 fev. 2011.
- CRONAN, C.S.; REINERS, W.A. Canopy processing of acidic precipitation by coniferous and hardwood forests in New England. **Oecologia**, 59, 216-223, 1983.
- 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.
- DYE, P.J. Climate, forest and streamflow relationships in South African afforested catchments. **Commonwealth Forestry Rev.**, 75(1), 31-38, 1996.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 2.ed. 306p.
- FASSEBENDER, H.W. **Modelos edafológicos de sistemas agroforestales.** Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 2 ed., 1993. 491p.

- FEPAM. **Licença de instalação: LI N° 465/2008-DL**. Porto Alegre, 8 maio 2008. 6p.
- FERRARI, M.P.; FERREIRA, C.A.; SILVA, H.D.; TREVISAN, R. Prognose do crescimento volumétrico individual de árvores de *Eucalyptus*, em povoamentos na Região Centro Sul. **Bol. Pesq. Fl.**, n. 51, p. 5-16, 2005.
- GAMA-RODRIGUES, A.C. **Ciclagem de nutrientes por espécies florestais em povoamentos puros e mistos, em solo de tabuleiro da Bahia, Brasil**. 1997. 107f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.
- GANDOIS, L.; TIPPING, E.; DUMAT, C.; PROBST, A. Canopy influence on trace metal atmospheric inputs on forest ecosystems: speciation in throughfall. **Atmospheric Environment**, 44(6), 824-833, 2010.
- GERMER, S.; NEILL, C.; KRUSCHE, A.V.; NETO, S.C.G.; ELSENBEEER, H. Seasonal and within-event dynamics of rainfall and throughfall chemistry in an open tropical rainforest in Rondônia, Brazil. **Biogeochemistry**, 86(2), 155-174, 2007.
- 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.
- GONZALEZ, M.I.M.; GALLARDO, J.F. El efecto hojarasca: una revision. **Anales de Edafologia y Agrobiologia**, v. 41, p.1130-1157, 1986.
- GRANT, J.C.; NICHOLS, J.D.; SMITH, R.G.B.; BRENNAN, P.; VANCLAY, J.K. Site index prediction of *Eucalyptus dunnii* Maiden plantations with soil and site parameters in sub-tropical eastern Australia. **Australian Forestry**, 73(4), 234-245, 2010.
- HERNÁNDEZ, J.; PINO, A.; SALVO, L.; ARRARTE, G. Nutrient export and harvest residue decomposition patterns of a *Eucalyptus dunnii* Maiden plantation in temperate climate of Uruguay. **Forest Ecology and Management**, 258(2), 92-99, 2009.
- HIGA, A.R.; HIGA, R.C.V.; KODAMA, A.S. Efeito da poda de copa na produção de sementes de *Eucalyptus dunnii*. **Bol. Pesq. Fl.**, 43, 99-106, 2001.
- JUKNYS, R.; ZALTAUSKAITE, J.; STAKENAS, V. Ion fluxes with bulk and throughfall deposition along an urban – suburban – rural gradient. **Water Air Soil Pollut**, 178, 363-372, 2007.
- KIMMINS, J.P. **Forest ecology**. New York: Macmillan, 1987. 531p.
- KOLM, L.; POGGIANI, F. Ciclagem de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus grandis* submetidos à prática de desbastes progressivos. **Scientia Forestalis**, 63, 79-93, 2003.
- KRAMER, J.P.; KOZLOWSKI, T. **Fisiologia das Árvores**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbekian, 1960. 745p.
- LACLAU, J.P.; RANGER, J.; DELEPORTE, P.; NOUVELLON, Y.; SAINTANDRE, L.; MARLET, S.; BOUILLET, J. Nutrient cycling in a clonal stand of *Eucalyptus* and an adjacent savanna ecosystem in Congo 3. Input–output budgets and consequences for the sustainability of the plantations. **Forest Ecology and Management**, 210(1-3), 375-391, 2005.
- LACLAU, J.P.; RANGER, J.; GONÇALVES, J.L.M.; MAQUÈRE, V.; KRUSCHE, A.V.;

M'BOU, A.T.; NOUVELLON, Y.; SAINT-ANDRÉ, L.; BOUILLET, J.P.; PICCOLO, M.C. Biogeochemical cycles of nutrients in tropical *Eucalyptus* plantations: main features shown by intensive monitoring in Congo and Brazil. **Forest Ecology and Management**, 259(9), 1771-1785, 2010.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 2000. 531p.

LINDMAN, C.A.M.; FERRI, M.G. **A vegetação no Rio Grande do Sul**. Belo Horizonte/São Paulo: Itatiaia/EDUSP, 1974. 391p.

MACHADO, C.C.; SILVA, E.N.; PEREIRA, R.S. O setor florestal brasileiro e a colheita florestal. In: MACHADO, C.C. (Ed.) **Colheita Florestal**. Viçosa: UFV, 2.ed., 2008. p.15-42.

MALLMANN, F. Não foi chuva ácida: apesar da cor escura, água que choveu no fim de agosto não tinham pH ácido. **Diário de Santa Maria**, 4 set. 2010. Disponível em: <<http://www.clicrbs.com.br/dsm/rs/imprensa/4,40,3028502,15430>>. Acesso em: 17 jun. 2011.

MALUF, J.R.T. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.8, n.1, p. 141-150, 2000.

MARCHIORI, J.N.C. **Fitogeografia do Rio Grande do Sul: campos sulinos**. Porto Alegre: EST, 2004. 110p.

MARCHIORI, J.N.C. **Fitogeografia do Rio Grande do Sul: enfoque histórico e sistemas de classificação**. Porto Alegre: EST, 2002. 118p.

MAY, S.; CHIDTHAISONG, A.; TOWPRAYOON, S.; SOMBOON, W. Wet deposition of inorganic nitrogen compounds associated with rainfall in Phnom Penh , Cambodia. **Songklanakarin J. Sci. Technol.**, 29(2), 543-552, 2007.

MICHOPOULOS, P.; BALOUTSOS, G.; NAKOS, G.; ECONOMOU, A. Effects of bulk precipitation pH and growth period on cation enrichment in precipitation beneath the canopy of a beech (*Fagus moesiaca*) forest stand. **The Science of the total environment**, 281(1-3), 79-85, 2001.

MIGLIAVACCA, D.; TEIXEIRA, E.C.; WIEGAND, F.; MACHADO, A.C.M.; SANCHEZ, J. Atmospheric precipitation and chemical composition of an urban site, Guaíba hydrographic basin, Brazil. **Atmospheric Environment**, 39(10), 1829-1844, 2005.

MILLER, H. G. Nutrient cycles in birchwoods. **Proceedings of the Royal Society of Edinburgh**, 853: 83-96, 1984.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; MURAOKA, T. et al. Análises químicas de tecido vegetal. In: SILVA, F.C. (Org.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. cap. 4, p.171-224.

MOLCHANOV, A.A. **Hidrologia Florestal**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1971. 419p.

MOMBELLI, N. A chuva ficou suja: sujeira indica que a atmosfera está poluída, dizem especialistas. **Diário de Santa Maria**, Santa Maria, 31 ago. 2010. Disponível em: <<http://www.clicrbs.com.br/dsm/rs/imprensa/4,38,3023396,15401>>. Acesso em: 17 jun. 2011.

MORA, A.L.; GARCIA, C.H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo: SBS, 2000. 112p.

ODUM, E.P. **Fundamentos de Ecologia**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 7.ed., 2004. 928p.

PARAMÉE, S.; CHIDTHAISONG, A.; TOWPRAYOON, S.; ASNACHINDA, P.; BASHKIN, V.N.; TANGTHAM, N. Three-year monitoring results of nitrate and ammonium wet deposition in Thailand. **Environmental Monitoring and Assessment**, 102(1-3), 27-40, 2005.

POGGIANI, F.; SCHUMACHER, M.V. Atmospheric inputs compared with nutrients removed by harvesting from Eucalyptus plantations: implications for sustainability. In: IUFRO Conference on Silviculture and Improvement of Eucalyptus, 1997. **Anais...** Salvador: IUFRO/EMBRAPA, 1997. p.68-74.

POGGIANI, F.; SCHUMACHER, M.V. Ciclagem de nutrientes em florestas nativas. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (ed.) **Nutrição e Fertilização Florestal**. Piracicaba: IPEF, 2005. p.287-308.

PREUHSLER, T.; BASTRUP-BIRK, A.; BEUKER, E. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests – **Part VII: Meteorological Measurements**. 2006, 32p. Disponível em: < <http://www.icp-forests.org/> >. Acessado em: 8 mar. 2011.

PRITCHETT, W.L.; FISHER, R.F. **Properties and management of forest soils**. New York: John Wiley & Sons, 2.ed., 1987. 494p.

RAMBO, B. **A fisionomia do Rio Grande do Sul: ensaio de monografia natural**. São Leopoldo: UNISINOS, 3.ed., 1.reimp., 2000. 485p.

SANCHEZ, P.A. **Properties and management of soil sin the tropics**. New York: John Wiley & Sons.,1976. 409p.

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Viçosa: SBCS, 5. ed., 2005. 100p.

SAUR, E.; NAMBIAR, E.K.S.; FIFE, D.N. Foliar nutrient retranslocation in *Eucalyptus globulus*. **Tree physiology**, 20(16), 1105-12, 2000.

SBCS-CQFS – Sociedade Brasileira de Ciência do Solo-Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre: SBCS, 10.ed., 2004. 400p.

SBS. **Área plantada com pinus e eucaliptos no Brasil (ha) – 2000**. Disponível em: <www.sbs.org.br>. Acesso em: 23 de fevereiro de 2010 às 10:53.

SCHRIJVER, A.D.; GEUDENS, G.; AUGUSTO, L.; STAELENS, J.; MERTENS, J.; WUYTS, K.; GIELIS, L.; VERHEYEN, K. The effect of forest type on throughfall deposition and seepage flux: a review. **Oecologia**, 153(3), 663-74, 2007.

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.

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

SILVA, H.D.; POGGIANI, F.; COELHO, L.C. Biomassa, concentração e conteúdo de nutrientes em cinco espécies de *Eucalyptus* plantadas em solos de baixa fertilidade.

Boletim de Pesquisa Florestal, 6/7, 9-25, 1983a.

SILVA, H.D.; POGGIANI, F.; COELHO, L.C. Eficiência de utilização de nutrientes em cinco espécies de *Eucalyptus*. **Boletim de pesquisa florestal**, 6/7, 1-8, 1983b.

SILVA, I.C.; RODRÍGUEZ, H.G. Interception loss, throughfall and stemflow chemistry in pine and oak forests in northeastern Mexico. **Tree physiology**, 21(12-13), p.1009-1013, 2001.

SILVA, I.R.; NOVAIS, R.F.; JHAN, G.N.; BARROS, N.F.; GEBRIM, F.O.; NUNES, F.N.; NEVES, J.C.L.; LEITE, F.P. Responses of eucalypt species to aluminum: the possible involvement of low molecular weight organic acids in the Al tolerance mechanism. **Tree Physiology**, 24, 1267–1277, 2004.

SILVA, P.H.M.; POGGIANI, F.; LACLAU, J.P. Applying sewage sludge to *Eucalyptus grandis* plantations: effects on biomass production and nutrient cycling through litterfall. **Applied and Environmental Soil Science**, 2011, 11 p., 2011.

SILVEIRA, A.L.L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C.E.M. (Org.) **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora da Universidade/ABRH/EDUSP, 1993. 943p. p.35-51. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v.4)

Silviconsult Engenharia. Estudo de Impacto Ambiental – Empreendimento Florestal Derflin Agropecuária: Vol. III – Meio Biótico. 2007a.

Silviconsult Engenharia. Estudo de Impacto Ambiental – Empreendimento Florestal Derflin Agropecuária: Mapas Gerais - Solos. 2007b.

SOARES, C.R.F.S.; SIQUEIRA, J.O.; CARVALHO, J.G.D.; MOREIRA, F.M.S.; GRAZZIOTTI, P.H. Crescimento e nutrição mineral de *Eucalyptus maculata* e *Eucalyptus urophylla* em solução nutritiva com concentração crescente de cobre. **R. Bras. Fisiol. Veg.**, 12(3), 213-225, 2000.

SOARES, J.V.; ALMEIDA, A.C. Modeling the water balance and soil water fluxes in a fast growing *Eucalyptus* plantation in Brazil. **Journal of Hydrology**, 253, 130-147, 2001.

SUSPENSOS no Chile vôos à Argentina e ao Uruguai por cinza vulcânica. **UOL Notícias**, 13 jun. 2011. Disponível em: <<http://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/efe/2011/06/13/suspensos-no-chile-voos-a-argentina-e-ao-uruguai-por-cinza-vulcanica.jhtm>>. Acesso em 17 jun. 2011.

SWITZER, G.L.; NELSON, L.E. Nutrient accumulation and cycling in loblolly pine (*Pinus taeda*) plantation ecosystems: The first twenty years. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, 36:143-147, 1972.

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. (Boletim Técnico, 5)

THOMAS, D.; HENSON, M.; JOE, B.; BOYTON, S.; DICKSON, R. Review of growth and wood quality of plantation-grown *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Australian Forestry**, 72(1), 3-11, 2009.

TUCCI, C.E.M. Interceptação. In: TUCCI, C.E.M. (Org.) **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora da Universidade/ABRH/EDUSP, 1993. 943p. p.243-252. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v.4)

TURNBULL, J.W.; PRYOR, L.D. Choice of species and seed sources. In: HILLIS,

W.E.; BROWN, A.G. (eds.) **Eucalypts for wood production**. Sydney: Csiro/Academic Press, 1984. p.6-65.

TURNER, J.; LAMBERT, M.J. Litterfall and forest floor dynamics in *Eucalyptus pilularis* forests. **Austral Ecology**, 27(2), 192-199, 2002.

WHITEHEAD, D.; BEADLE, C.L. Physiological regulation of productivity and water use in *Eucalyptus*: a review. **Forest Ecology and Management**, 193, 113-140, 2004.

ZUNCKEL, M.; SAIZAR, C.; ZARAUZ, J. Rainwater composition in northeast Uruguay. **Atmospheric Environment**, 37(12), 1601-1611, 2003.

ANEXOS

Anexo A – Contraste entre aspectos da precipitação em plantios florestais, reportados em outros trabalhos científicos, com dados de precipitação ao longo de um ano de monitoramento realizado em plantio de *Eucalyptus dunnii* localizado em Alegrete, RS.

Espécie	Idade (anos)	Árvores/ha	Tempo de avaliação	PG (mm)	ET	PI	Int.	Fonte
<i>Pseudosamanea guachapele</i>	5	3333	6 meses	727	9,4%	11,9%	21,3%	1
<i>Acacia mangium</i>	5	3333			33,4%	14,4%	47,8%	1
<i>Eucalyptus grandis</i>	5	3333			5,9%	15,6%	21,5%	1
<i>P. guachapele</i> x <i>E. grandis</i> (consórcio)	5	3333			5,6%	11,8%	17,4%	1
<i>Eucalyptus</i> sp.	6-8	530	3 anos	1518	14 mm (0,9%)	1380 mm (91%)	125 mm (8%)	2
Savana herbácea			3 anos	1532	-	1355 mm (88%)	177 mm (12%)	2
<i>E. urograndis</i> (cobrindo 91% da microbacia)	1	1143	1 ano	1298	6,5% adotado	-	190 mm (15%)	3
<i>E. grandis</i>	9		1 ano	1157			11%	4
<i>E. grandis</i>							4%	5
<i>Eucalyptus</i> sp.				1718		87%		6
<i>E. dunnii</i> (este estudo)	1	1429	1 ano	1586	23 mm	1454 mm	109 mm (7%)	

Onde: PG = precipitação global; ET = escoamento pelo tronco; PI = precipitação interna; Int. = interceptação; ¹Balleiro et al. (2007); ²Laciau et al. (2005); ³Baumhardt (2010); ⁴Soares e Almeida (2001); ⁵Dye (1996); ⁶Casartelli (2006).

Anexo B – Valores de pH e concentração dos íons Cl, Na, K, Mg e Ca (média ± desvio padrão) na precipitação global, precipitação interna, precipitação efetiva e escoamento pelo tronco ao longo de um ano de monitoramento realizado em plantio de *Eucalyptus dunnii* localizado em Alegrete, RS.

Ano	Mês	pH	Escorrimento pelo tronco					Ca
			Cl	Na	K	Mg	Ca	
		Unidades						
		mg L ⁻¹						
2010	Abril	5,19±0,07bc	2,31±1,08cd	0,51±0,13b	2,07±1,11bc	0,21±0,17c	0,23±0,16c	
	Maio	5,09±0,08c	2,85±1,01bcd	0,64±0,08b	1,94±0,8bc	0,29±0,12c	0,79±0,17bc	
	Junho	5,09±0,11c	2,75±1,28bcd	0,53±0,13b	2,07±0,97bc	0,26±0,08c	2,04±0,25bc	
	Julho	5,11±0,14c	1,24±0,3d	0,32±0,02b	1,22±0,54c	0,15±0,05c	0,44±0,14bc	
	Agosto	5,37±0,16abc	5,74±1,5ab	1,66±0,38ab	7,69±4,61a	1,29±0,24a	3,27±0,27b	
	Setembro	5,36±0,05abc	1,84±0,62cd	0,57±0,27b	3,29±2,22bc	0,39±0,11bc	0,96±0,47bc	
	Outubro	5,28±0,09bc	2,37±0,39cd	0,67±0,09b	3,11±1,7bc	0,42±0,12bc	0,84±0,15bc	
	Novembro	5,62±0,25a	4,19±1,11abcd	1,28±0,2b	4,84±2,11abc	0,76±0,26b	1,04±0,36bc	
	Dezembro	5,31±0,15bc	4,77±1,12abc	2,16±0,66ab	5,79±2,47ab	1,52±0,3a	1,55±0,45bc	
	Janeiro	5,48±0,12ab	6,07±3,03a	3,55±2,59a	5,46±2,47abc	1,27±0,25a	0,67±0,12bc	
	Fevereiro	5,16±0,08c	2,19±0,14cd	0,8±0,4b	1,59±0,55bc	0,24±0,07c	7,62±3,95a	
	2011	Março	5,1±0,05c	2,76±0,75bcd	0,7±0,31b	3,2±0,64bc	1,39±0,26a	1,92±0,25bc

(continua)

(continuação)

Ano	Mês	pH	Cl	Na	K	Mg	Ca	Unidades		
								mg L ⁻¹		
Precipitação interna										
2010	Abril	4,83±0,04f	0,51±0,06b	0,06±0,01c	0,45±0,04b	0±0c	0±0g			
	Maio	5,05±0,12ef	0,81±0,03b	0,22±0,01bc	0,43±0,1b	0,03±0,01c	0,63±0,14bcd			
	Junho	5,2±0,19cde	0,96±0,09b	0,19±0,02bc	0,6±0,05b	0,06±0c	0,51±0,14bcde			
	Julho	5,03±0,04ef	0,58±0,13b	0,16±0,02bc	0,27±0,08b	0,08±0,01c	0,39±0,06defg			
	Agosto	5,9±0,04a	1,95±0,77a	0,72±0,36a	1,35±0,59a	0,35±0,18ab	1,53±0,51a			
	Setembro	5,39±0,1bcd	0,71±0,3b	0,14±0,1bc	0,56±0,29b	0,15±0,06bc	0,41±0,12cdef			
	Outubro	5,52±0,07bc	0,79±0,16b	0,21±0,05bc	0,56±0,12b	0,19±0,02bc	0,41±0,08cdef			
	Novembro	5,54±0,08b	1,22±0,22b	0,4±0,06b	0,89±0,22ab	0,44±0,1a	0,81±0,03b			
	Dezembro	5,29±0,1bcde	0,78±0,24b	0,27±0,07bc	0,51±0,17b	0,17±0,05bc	0,29±0,08defg			
	Janeiro	5,19±0,18de	0,98±0,54b	0,29±0,07bc	0,69±0,44b	0,16±0,06bc	0,16±0,11efg			
	2011	Fevereiro	5,06±0,11def	0,83±0,2b	0,31±0,09bc	0,52±0,37b	0,01±0,01c	0,07±0,03fg		
		Março	4,75±0,35f	0,84±0,14b	0,19±0,08bc	0,67±0,28b	0,57±0,17a	0,79±0,14bc		

(continuação)

Ano	Mês	pH	Cl	Na	K	Mg	Ca	mg L ⁻¹	
								Precipitação efetiva	Unidades
2010	Abril	4,83±0,04f	0,53±0,06c	0,06±0,01c	0,46±0,04bc	0±0d	0±0f		
	Maior	5,05±0,12ef	0,83±0,03bc	0,23±0,01bc	0,44±0,1bc	0,03±0,01d	0,63±0,14bcd		
	Junho	5,2±0,19cde	0,99±0,1bc	0,2±0,02bc	0,63±0,05bc	0,06±0d	0,54±0,13bcde		
	Julho	5,03±0,04ef	0,58±0,13bc	0,16±0,02bc	0,28±0,08c	0,08±0,01d	0,39±0,06def		
	Agosto	5,89±0,04a	2,01±0,76a	0,74±0,35a	1,46±0,56a	0,37±0,18bc	1,56±0,5a		
	Setembro	5,38±0,1bcd	0,74±0,28bc	0,15±0,1bc	0,63±0,25bc	0,16±0,06cd	0,42±0,12bcde		
	Outubro	5,52±0,07bc	0,82±0,15bc	0,22±0,05bc	0,61±0,12bc	0,2±0,02cd	0,41±0,08cde		
2011	Novembro	5,54±0,08b	1,28±0,2b	0,42±0,06b	0,96±0,18ab	0,44±0,09ab	0,81±0,04bc		
	Dezembro	5,29±0,1bcde	0,86±0,23bc	0,31±0,07bc	0,62±0,12bc	0,2±0,05cd	0,32±0,07def		
	Janeiro	5,2±0,18cde	1,04±0,54bc	0,33±0,08bc	0,74±0,43bc	0,17±0,07cd	0,16±0,11ef		
	Fevereiro	5,07±0,11def	0,85±0,2bc	0,32±0,09bc	0,54±0,36bc	0,02±0,01d	0,21±0,11ef		
	Março	4,75±0,34f	0,89±0,13bc	0,21±0,07bc	0,73±0,26bc	0,58±0,16a	0,82±0,14b		

(conclusão)

Ano	Mês	pH	Cl	Na	K	Mg	Ca	(conclusão)		
		Unidades								
		mg L ⁻¹								
		Precipitação global								
2010	Abril	4,75±0,05efg	0,13±0fg	0,05±0,07cd	0,11±0b	0±0c	0±0d			
	Mai	4,73±0,05efg	0,22±0cd	0,13±0,01bc	0,04±0,04cd	0±0c	0,21±0,11cd			
	Junho	5,19±0,23cd	0,15±0efg	0,09±0,01cd	0,18±0,01b	0±0c	0,46±0,08bc			
	Julho	5,07±0,08cde	0,21±0,01cde	0,09±0cd	0±0d	0,04±0c	0,27±0,02bcd			
	Agosto	5,91±0,03a	0,66±0,04a	0,41±0,04a	0,54±0,05a	0,26±0,01ab	1,7±0,25a			
	Setembro	5,26±0,16bc	0,19±0,01cdef	0,04±0,02cd	0,11±0,01bc	0,08±0,01c	0,22±0,03bcd			
	Outubro	5,62±0,05ab	0,2±0cdef	0,05±0cd	0,04±0cd	0,04±0,01c	0,2±0,04cd			
2011	Novembro	5,29±0,01bc	0,24±0,05c	0,08±0,05cd	0,02±0d	0,2±0,03b	0,58±0,02b			
	Dezembro	4,69±0,02fg	0,11±0g	0,1±0,03cd	0±0d	0,33±0,1a	0,55±0,08bc			
	Janeiro	4,98±0cdef	0,34±0,01b	0,22±0,02b	0±0d	0±0c	0±0d			
	Fevereiro	4,84±0,03def	0,16±0defg	0,11±0,02cd	0±0d	0±0c	0±0d			
	Março	4,43±0g	0,14±0fg	0,02±0d	0±0d	0±0c	0±0d			

Nota: letras diferentes para uma mesma coluna e tipo de precipitação representam diferenças estatísticas significativas entre os meses pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Anexo C – Valores de concentração de N como NH_4^+ , NO_2^- e NO_3^- , P como PO_4^{3-} e S como SO_4^{2-} (média \pm desvio padrão) na precipitação global, precipitação interna, precipitação efetiva e escoamento pelo tronco ao longo de um ano de monitoramento realizado em plantio de *Eucalyptus dunnii* localizado em Alegrete, RS.

Ano	Mês	mg L ⁻¹						(continua)
		N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁻	N-NO ₃ ⁻	N*	P-PO ₄ ³⁻	S-SO ₄ ²⁻	
Escoamento pelo tronco								
2010	Abril	0±0b	0,01±0,02b	0,02±0,04c	0,03±0,06b	0,15±0,03a	0,13±0,01c	
	Mai	0,01±0,02b	0±0b	0,01±0,03c	0,02±0,03b	0,15±0,03a	0,14±0,04c	
	Junho	0,16±0,15b	0±0b	0,16±0,04bc	0,31±0,18b	0,11±0,01ab	0,26±0,02b	
	Julho	0±0b	0±0b	0,02±0,03c	0,02±0,03b	0±0d	0,15±0,01c	
	Agosto	1,8±0,87a	0,05±0,01a	0,92±0,21a	2,77±1,08a	0,04±0,01cd	1,22±0,1a	
	Setembro	0,16±0,11b	0,03±0,03ab	0,2±0,1b	0,39±0,22b	0,05±0,08bcd	0,27±0,03b	
	Outubro	0,14±0,08b	0±0b	0,28±0,06b	0,42±0,11b	0,03±0,03d	0,23±0,02b	
	Novembro	0,12±0,09b	0±0b	0,19±0,05b	0,31±0,14b	0,1±0,02abc	0,15±0,02c	
	Dezembro	0,06±0,12b	0±0b	0±0c	0,06±0,12b	0,02±0,02d	0,1±0,01cd	
	Janeiro	0±0b	0±0b	0,02±0,03c	0,02±0,03b	0,14±0,01a	0,09±0,01cd	
	Fevereiro	0,52±0,04b	0±0b	0±0c	0,52±0,04b	0±0d	0,04±0,01d	
	Março	0,13±0,09b	0±0b	0±0c	0,13±0,09b	0±0d	0,03±0d	

(continuação)

Ano	Mês	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁻	N-NO ₃ ⁻	N	P-PO ₄ ³⁻	S-SO ₄ ²⁻
Precipitação interna							
	Abril	0±0c	0±0c	0,13±0d	0,14±0def	0,13±0,02a	0,16±0d
	Maio	0,09±0,01c	0,02±0,01bc	0,05±0,02e	0,17±0,03def	0,11±0,01ab	0,13±0,01d
	Junho	0,44±0,03b	0±0c	0,2±0c	0,63±0,03c	0,1±0,01ab	0,31±0b
	Julho	0±0c	0±0c	0±0e	0±0f	0±0e	0,14±0,01d
2010	Agosto	3,37±0,2a	0,06±0a	0,85±0,06a	4,29±0,25a	0,04±0cd	1,14±0,07a
	Setembro	0,54±0,11b	0,01±0c	0,31±0,01b	0,85±0,11b	0,03±0,04de	0,29±0,01b
	Outubro	0,38±0,03b	0,01±0,02bc	0,3±0,01b	0,69±0,04bc	0,07±0,02bc	0,27±0bc
	Novembro	0,01±0c	0±0c	0,27±0,01b	0,28±0,01d	0,11±0,01ab	0,24±0,01c
	Dezembro	0,09±0,1c	0,02±0,02bc	0,05±0,02e	0,16±0,1def	0,02±0,03de	0,13±0,01d
	Janeiro	0,09±0,07c	0±0,01c	0,12±0,03d	0,21±0,07de	0±0e	0,12±0,02d
2011	Fevereiro	0±0c	0,01±0,01bc	0,01±0,01e	0,02±0,03ef	0±0e	0,07±0,01e
	Março	0,17±0,01c	0,03±0b	0,05±0,01e	0,24±0,02d	0±0e	0,05±0e

(continuação)

Ano	Mês	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁻	N-NO ₃ ⁻	N	P-PO ₄ ³⁻	S-SO ₄ ²⁻	
mg L ⁻¹								
Precipitação efetiva								
2010	Abril	0±0c	0±0c	0,13±0d	0,14±0def	0,13±0,01a	0,16±0d	
	Maio	0,09±0,01c	0,02±0,01bc	0,05±0,01e	0,17±0,03def	0,11±0,01ab	0,13±0,01d	
	Junho	0,43±0,02b	0±0c	0,19±0c	0,63±0,02c	0,1±0,01ab	0,31±0b	
	Julho	0±0c	0±0c	0±0e	0±0f	0±0e	0,14±0,01d	
	Agosto	3,35±0,21a	0,06±0a	0,86±0,07a	4,27±0,26a	0,04±0cd	1,14±0,07a	
	Setembro	0,53±0,11b	0,01±0c	0,31±0,01b	0,84±0,11b	0,03±0,03de	0,29±0,01b	
	Outubro	0,37±0,03b	0,01±0,02bc	0,29±0,01b	0,68±0,05cb	0,07±0,02bc	0,26±0bc	
	Novembro	0,02±0c	0±0c	0,27±0,01b	0,28±0,01d	0,11±0,01ab	0,24±0,01c	
	Dezembro	0,09±0,1c	0,02±0,02bc	0,05±0,02e	0,16±0,1def	0,02±0,02de	0,13±0,01d	
	Janeiro	0,09±0,07c	0±0,01c	0,12±0,03d	0,21±0,07def	0±0de	0,12±0,02d	
	2011	Fevereiro	0,01±0c	0,01±0,01bc	0,01±0,01e	0,03±0,02ef	0±0e	0,07±0,01e
		Março	0,17±0c	0,03±0b	0,04±0,01e	0,24±0,01de	0±0e	0,05±0e

Ano	Mês	mg L ⁻¹					(conclusão)
		N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁻	N-NO ₃ ⁻	N	P-PO ₄ ³⁻	
Precipitação global							
2010	Abril	0,01±0,01e	0±0,01d	0,13±0de	0,15±0,02ef	0,13±0,03a	0,16±0,01e
	Maior	0,02±0e	0±0d	0,04±0,05g	0,07±0,05ef	0,04±0,05ab	0,12±0,01f
	Junho	0,26±0,16cd	0±0d	0,19±0cd	0,45±0,16cd	0±0b	0,3±0b
	Julho	0±0e	0±0d	0±0g	0±0f	0±0b	0,13±0f
	Agosto	3,41±0,04a	0,06±0a	0,77±0a	4,24±0,03a	0,02±0,03b	1,02±0a
	Setembro	0,58±0,06b	0,01±0cd	0,27±0,02b	0,86±0,09b	0,04±0,06ab	0,27±0,01bc
	Outubro	0,38±0,04bc	0,03±0b	0,26±0b	0,67±0,04bc	0,02±0,03b	0,26±0,01c
2011	Novembro	0,06±0de	0±0d	0,22±0bc	0,28±0de	0,09±0ab	0,21±0d
	Dezembro	0±0e	0,03±0b	0,05±0fg	0,09±0ef	0±0b	0,13±0f
	Janeiro	0±0e	0±0d	0,11±0ef	0,11±0ef	0±0b	0,11±0,01f
	Fevereiro	0±0e	0,02±0c	0,03±0g	0,04±0f	0±0b	0,06±0g
	Março	0±0e	0±0d	0±0g	0±0f	0±0b	0,03±0g

Nota: letras diferentes para uma mesma coluna e tipo de precipitação representam diferenças estatísticas significativas entre os meses pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro; * = soma de N-NH₄⁺, N-NO₂⁻ e N-NO₃⁻.

Anexo D – Valores de aporte dos íons Cl, Na, K, Mg e Ca (média ± desvio padrão) na precipitação global, precipitação interna, precipitação efetiva e escoamento pelo tronco ao longo de um ano de monitoramento realizado em plantio de *Eucalyptus dunnii* localizado em Alegrete, RS.

Ano	Mês	Escorrimento pelo tronco					Ca
		Cl	Na	K	Mg	Ca	
g ha ⁻¹							
Escorrimento pelo tronco							
2010	Abril	27,57±5,06de	6,55±1,94cd	25,25±9,8c	2,3±0,91d	2,71±1,26b	
	Maior	29,33±6,05de	6,72±0,77cd	19,88±5,37c	2,94±0,91d	8,25±0,87b	
	Junho	19,14±10,68e	3,58±1,13d	14,45±7,98c	1,81±0,77d	13,66±2,01b	
	Julho	24,6±7,72de	6,68±2,61cd	22,91±7,14c	3,17±1,59d	9,47±4,75b	
	Agosto	27,11±11,01de	7,67±2,64cd	37,33±24,85c	5,93±1,65d	14,83±2,6b	
	Setembro	108,52±48,22ab	33,64±19,41b	195,49±134,92a	21,39±2,67bc	51,45±18,53b	
	Outubro	35,77±9,18cde	9,94±1,87cd	46,92±28,83c	6,57±3,19cd	12,81±4,28b	
	Novembro	24,26±6,66de	7,36±1,26cd	27,71±12,36c	4,58±2,4d	6,22±3,02b	
	Dezembro	124,87±14,99a	56,03±8,97a	153,14±69,16ab	40,98±9,88a	41,65±14,02b	
	Janeiro	60,95±17,2bcde	34,64±17,51ab	55,18±14,37bc	13,58±3,54cd	7,18±1,86b	
	Fevereiro	79,25±13,14abc	27,53±11,31bc	58,78±24,67bc	9,11±4,05cd	271,21±147,85a	
	Março	70,87±37,31bcd	17,45±8,61bcd	82,37±34,97bc	36,38±18,87ab	48,86±18,19b	

(continua)

(continuação)

Ano	Mês	Cl	Na	K	Mg	Ca	
		Precipitação interna					
		g ha ⁻¹					
2010	Abril	779,41±111,29cd	89,33±18,92c	682,61±49,58ab	0±0e	0±0f	
	Mai	831,67±32,38cd	228,93±9,69bc	439,21±99,65b	28,79±7,69de	644,53±138,85bc	
	Junho	400,31±56,36d	81,24±12,63c	250,68±31,01b	23,08±1,09e	214,25±63,13def	
	Julho	1344,89±330,87abc	367,48±64,26b	629,91±194,45ab	176,03±16,37cd	904,95±142,55a	
	Agosto	554,06±210d	205,69±98,41bc	384,73±161,62b	99,79±51,42cde	435,44±137,64cd	
	Setembro	1826,67±757,84a	364,52±260,62b	1440,03±743,66a	393,49±149,58b	1039,37±294,12a	
	Outubro	600,94±132,92d	159,61±39,73bc	423,43±91,87b	143,88±10,9cde	307,76±74,09de	
	Novembro	355,54±72,83d	117,46±21,21c	258,95±71,58b	127,2±30,56cde	234,78±15,75def	
2011	Dezembro	1038,56±328,66bcd	366,49±100,99b	685,7±228,31ab	233,46±72,57c	391,67±106,88d	
	Janeiro	789,94±418,99cd	239,6±55,2bc	550,6±344,42b	128,93±50,02cde	123,25±84,7ef	
	Fevereiro	1645,67±447ab	626,29±204,15a	1052,01±764,85ab	23,89±27,68e	138,9±44,4ef	
	Março	894,35±214,99cd	210,71±98,9bc	725,83±347,36ab	578,25±84,24a	821,58±60,97ab	

(continuação)

Ano	Mês	Cl	Na	K	Mg	Ca	
Precipitação efetiva							
2010	Abril	806,97±109,7cde	95,88±18,68d	707,86±59,3bc	2,3±0,91f	2,71±1,26f	
	Maior	861±29,09cde	235,65±9,27bcd	459,09±101,95bc	31,73±7,74ef	652,78±139,33bc	
	Junho	419,45±57,75e	84,82±12,95d	265,13±30,5c	24,89±1,6ef	227,92±62,67def	
	Julho	1369,48±333,63abc	374,16±65,37bc	652,82±190,67bc	179,2±17,13cd	914,42±147,1ab	
	Agosto	581,17±210,37de	213,36±97,6bcd	422,06±156,98bc	105,72±51,25def	450,27±138,09cd	
	Setembro	1935,2±719,73a	398,16±251,8bc	1635,52±626,33a	414,88±151,05b	1090,83±299,11a	
	Outubro	636,71±130,72de	169,55±39,24cd	470,35±91,41bc	150,45±11,55cde	320,57±77,33de	
	Novembro	379,8±70,03e	124,82±20,26d	286,66±64,27c	131,78±29,64cdef	241±17,5def	
	Dezembro	1163,43±321,04bcd	422,51±103,8ab	838,83±173,59bc	274,43±63,38bc	433,32±93,95cd	
	2011	Janeiro	850,89±422,74cde	274,25±68,22bcd	605,78±347,41bc	142,51±51,27cdef	130,43±84,78ef
		Fevereiro	1724,92±446,91ab	653,82±196,03a	1110,79±753,65ab	33,01±27,07ef	410,11±190,41cde
		Março	965,22±218,16cde	228,16±95,34bcd	808,2±336,59bc	614,62±73,67a	870,43±49,39ab

Ano	Mês	Cl	Na	K	Mg	Ca	(conclusão)	
								g ha ⁻¹
Precipitação global								
2010	Abril	224,18±5,47c	81,63±115,44bc	194,55±7,48b	0±0c	0±0b		
	Maio	234,51±4,33c	139,38±12,82abc	41,24±41,36cd	3,19±3,47c	225,59±122,99b		
	Junho	67,05±2,4e	38,05±4,52c	78,16±0,36c	0±0c	206,29±45,3b		
	Julho	522,41±12,05a	214,49±9,17ab	0±0d	94,37±5,93bc	668,69±55a		
	Agosto	216,74±12,78c	133,04±12,78abc	177,33±14,89b	84,79±4,74bc	556,74±81,09a		
	Setembro	510,18±14,17a	95,36±65,35abc	283,37±16,7a	207,07±23,11b	583,56±70,8a		
	Outubro	167,06±2,78d	44,77±3,13c	31,99±0,62cd	33,92±4,45bc	162,79±29,79b		
	Novembro	75,36±16,54e	25,66±15,63c	5,57±0,46d	62,92±11,06bc	185,68±7,6b		
	Dezembro	167,52±6,57d	145,44±43,36abc	0±0d	483,02±152,97a	805,87±129,24a		
	2011	Janeiro	334,66±3,43b	216,29±18,84ab	0±0d	0±0c	0±0b	
		Fevereiro	366,02±6,59b	261,46±46,77a	0±0d	0±0c	0±0b	
		Março	174,16±2,98d	22,33±4,03c	0±0d	0±0c	0±0b	

Nota: letras diferentes para uma mesma coluna e tipo de precipitação representam diferenças estatísticas significativas entre os meses pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Anexo E – Valores de aporte de N como NH_4^+ , NO_2^- e NO_3^- , P como PO_4^{3-} e S como SO_4^{2-} (média \pm desvio padrão) na precipitação global, precipitação interna, precipitação efetiva e escoamento pelo tronco ao longo de um ano de monitoramento realizado em plantio de *Eucalyptus dunnii* localizado em Alegrete, RS.

Ano	Mês	Escorrimento pelo tronco					(continua)	
		N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁻	N-NO ₃ ⁻	N*	P-PO ₄ ³⁻	S-SO ₄ ²⁻	
g ha ⁻¹								
2010	Abril	0±0d	0,23±0,43b	0,35±0,69b	0,57±1,12c	1,93±0,74a	1,74±0,79c	
	Maio	0,11±0,21d	0±0b	0,17±0,33b	0,28±0,33c	1,55±0,25a	1,49±0,64c	
	Junho	1,01±0,91d	0±0b	1,08±0,41b	2,09±1,2bc	0,73±0,14a	1,8±0,48c	
	Julho	0±0d	0±0b	0,35±0,69b	0,35±0,69c	0±0a	3,12±1,38bc	
	Agosto	8,02±3,82bc	0,23±0,11b	4,15±1,19b	12,4±4,96ab	0,18±0,05a	5,56±1,27b	
	Setembro	9,46±7,05b	1,4±1,36a	11,4±5,97a	22,26±13,71a	2,62±4,44a	15,35±4,04a	
	Outubro	2,06±1,1cd	0±0b	4,06±0,48b	6,12±1,28bc	0,39±0,5a	3,37±0,44bc	
	Novembro	0,65±0,41d	0±0b	1,1±0,36b	1,75±0,71bc	0,58±0,17a	0,88±0,21c	
	Dezembro	1,65±3,3cd	0±0b	0±0b	1,65±3,3c	0,54±0,62a	2,62±0,72c	
	Janeiro	0±0d	0±0b	0,22±0,44b	0,22±0,44c	1,53±0,27a	1,02±0,24c	
	Fevereiro	18,65±2,9a	0±0b	0±0b	18,65±2,9a	0±0a	1,56±0,49c	
	Março	3,2±2,59bcd	0±0b	0±0b	3,2±2,59bc	0±0a	0,67±0,21c	

(continuação)

Ano	Mês	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁻	N-NO ₃ ⁻	N	P-PO ₄ ³⁻	S-SO ₄ ²⁻
Precipitação interna							
g ha ⁻¹							
2010	Abril	3,88±1,89d	6,81±1,18ab	199,28±5,17c	211,12±8,61def	204,07±24,5a	236,58±5,55c
	Maio	94,43±9,57cd	22,17±7,83ab	52,29±15,61ef	171,49±31,61def	109,46±5,41b	134,65±7,46e
	Junho	181,46±8,92cd	0±0b	81,24±4,28de	261,9±10,2d	43,09±3,89bc	130,83±6,78e
	Julho	3,23±0,11d	0±0b	0±0g	3,21±0,1f	0±0c	335,41±23,53b
	Agosto	964,18±38,02b	16,85±1,07ab	244,04±10,86b	1225,61±40,39b	11,17±0,44c	324,97±10,79b
	Setembro	1381,7±270,57a	16,47±0,3ab	789,73±17,76a	2187,9±255,62a	67,4±91,03bc	753,32±32,27a
	Outubro	285,54±11,04c	9,91±11,44ab	223,01±6,6bc	518,46±15,07c	53,37±17,14bc	200,23±7,92d
2011	Novembro	3,84±0,69d	0,82±0,09b	77,62±3,15de	82,28±3,61def	31,29±3,51c	69,97±4,15fg
	Dezembro	114,65±132,64cd	26,46±30,94ab	71,02±21,13de	212,13±132,06def	28,75±33,33c	174,23±6,84d
	Janeiro	66,96±52,9d	3,46±6,92ab	98,01±23,05d	168,43±45,78def	0±0c	100,19±8,16ef
	Fevereiro	0±0d	19,59±22,62ab	26,12±30,16fg	45,71±52,79ef	0±0c	130,8±19,05e
	Março	177,37±27,09cd	31,78±4,79a	47,38±15,53ef	256,52±40,16de	0±0c	55,2±11,23g

(continuação)

Ano	Mês	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁻	N-NO ₃ ⁻	N	P-PO ₄ ³⁻	S-SO ₄ ²⁻
g ha ⁻¹							
Precipitação efetiva							
2010	Abril	3,88±1,89d	7,04±0,98ab	199,63±5,01c	211,69±7,8de	205,99±23,84a	238,32±5,64c
	Maio	94,53±9,43cd	22,17±7,83ab	52,46±15,6ef	171,76±31,4de	111,01±5,45b	136,14±7,23e
	Junho	182,47±8,29cd	0±0b	82,32±4,33de	263,99±9,69d	43,82±3,9bc	132,62±6,85e
	Julho	3,23±0,11d	0±0b	0,35±0,69g	3,56±0,78e	0±0c	338,53±24,11b
	Agosto	972,2±35,91b	17,07±1,15ab	248,2±11,28b	1238,01±38b	11,35±0,46c	330,53±11,66b
	Setembro	1391,16±267,51a	17,87±1,15ab	801,13±23,02a	2210,16±251,46a	70,03±89,62bc	768,67±31,49a
	Outubro	287,6±10,33c	9,91±11,44ab	227,07±6,91bc	524,58±14,68c	53,76±17,41bc	203,6±8,33cd
	Novembro	4,49±0,69d	0,83±0,08b	78,72±3,42de	84,04±3,9de	31,87±3,66c	70,85±4,34fg
	Dezembro	116,3±130,76cd	26,46±30,94ab	71,02±21,13de	213,78±131,24de	29,29±33,26c	176,85±6,95d
	Janeiro	66,96±52,9d	3,46±6,92ab	98,23±23,07d	168,65±46,16de	1,53±0,27c	101,21±8,15ef
	Fevereiro	18,65±2,9d	19,59±22,62ab	26,12±30,16fg	64,36±52,06de	0±0c	132,36±19,34e
	Março	180,57±29,51cd	31,78±4,79a	47,38±15,53ef	259,72±42,75d	0±0c	55,87±11,3g

(continuação)

Ano	Mês	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁻	N-NO ₃ ⁻	N	P-PO ₄ ³⁻	S-SO ₄ ²⁻
g ha ⁻¹							
Precipitação global							
2010	Abril	16,9±23,9d	6,99±9,88de	224,21±1,48b	248,09±35,26d	217,12±47,44a	276,76±15,39c
	Maio	25,09±1,41d	0±0e	47,03±47,92cd	72,12±49,32d	47,28±55,5ab	125,46±6,88e
	Junho	114,97±65,37cd	0±0e	84,93±3,04cd	199,89±62,32d	0±0b	133,55±5,84e
	Julho	0±0d	0±0e	0±0d	0±0d	0±0b	324,39±3,45b
	Agosto	1116,76±12,46b	20,67±1,46cd	250,71±0b	1388,14±11b	6,65±9,4b	333,66±0,65b
	Setembro	1574,39±167,63a	18,43±0cd	719,92±62,5a	2312,74±230,13a	107,78±152,42ab	737,92±30,17a
	Outubro	311,07±29,17c	22,21±0,21bc	219,01±0,82b	552,29±28,56c	16,54±23,4ab	215,21±3,87d
2011	Novembro	17,77±1,48d	1,28±0,11e	69,55±0,36cd	88,6±1,23d	29,42±0,37ab	65,58±0,62fg
	Dezembro	0±0d	49,17±1,16a	78,67±1,85cd	127,84±3,01d	0±0b	183,85±6,16d
	Janeiro	0±0d	0±0e	112,48±0,17c	112,48±0,17d	0±0b	106,27±14,23ef
	Fevereiro	0±0d	36,29±9,36ab	59,39±3,07cd	95,68±6,29d	0±0b	131,66±4,47e
	Março	0±0d	0±0e	0±0d	0±0d	0±0b	41,38±0,92g

Nota: letras diferentes para uma mesma coluna e tipo de precipitação representam diferenças estatísticas significativas entre os meses pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro; * = soma de N-NH₄⁺, N-NO₂⁻ e N-NO₃⁻.

**Anexo F – Concentração e aporte de macronutrientes nas frações folha (F),
miscelânea (M), galhos grossos (GG) e serapilheira (média ± desvio padrão) ao
longo de um ano de monitoramento realizado em plantio de *Eucalyptus dunnii*
localizado em Alegrete, RS.**

Ano	Mês	Concentração (g kg ⁻¹)				Aporte (kg ha ⁻¹)			
		Fração				F	M	GG	Serapilheira
		F	M	GG	GG				
Macronutriente: N									
2010	Abril	10,3±1,5ab	9,81	4,6	2,3±0,9bc	0,075±0,043ab	0,038±0,04a	2,43±0,87bc	
	Mai	10,6±2,0a	9,33	7,7	1,2±0,4cd	0,027±0,028b	0,015±0,03a	1,26±0,41cd	
	Junho	10,3±1,9ab	9,33	0,0	0,8±0,2cd	0,035±0,033b	0±0a	0,86±0,25d	
	Julho	10,6±1,5a	5,39	3,4	0,7±0,2d	0,036±0,018b	0,004±0,01a	0,73±0,17d	
	Agosto	10,2±1,5ab	8,35	9,9	0,9±0,1cd	0,109±0,047ab	0,009±0,01a	1,04±0,15cd	
	Setembro	10,6±1,9a	6,42	0,0	1,3±0,5cd	0,043±0,027b	0±0a	1,31±0,5cd	
	Outubro	8,3±0,9bc	4,48	0,0	3,0±1,3b	0,047±0,028b	0±0a	3,02±1,26b	
	Novembro	7,1±0,8cd	5,18	0,0	5,0±0,8a	0,142±0,057ab	0±0a	5,14±0,75a	
	Dezembro	6,7±0,7cd	4,68	0,0	3,2±0,8b	0,171±0,059ab	0±0a	3,41±0,8b	
	Janeiro	6,8±0,4cd	4,28	2,1	3,3±1,2b	0,155±0,101ab	0,017±0,02a	3,5±1,19b	
	Fevereiro	6,9±0,3cd	3,53	3,7	3,4±0,9b	0,177±0,113ab	0,006±0,01a	3,56±0,93b	
	Março	5,9±0,2d	5,45	1,9	3,6±0,7ab	0,23±0,17a	0,011±0,02a	3,86±0,69ab	

(continua)

(continuação)

Ano	Mês	Concentração (g kg ⁻¹)			Aporte (kg ha ⁻¹)			Serapilheira
		F	M	GG	F	M	GG	
Macronutriente: P								
2010	Abril	0,5±0,1ab	0,57	0,4	0,1±0,1cd	0,004±0,003b	0,003±0a	0,12±0,06cd
	Mai	0,5±0,1ab	0,49	0,7	0,1±0,0d	0,001±0,001b	0,001±0ab	0,06±0,02de
	Junho	0,5±0,1ab	0,49	0,0	0,0±0,0d	0,002±0,002b	0±0b	0,04±0,01de
	Julho	0,6±0,1a	0,26	0,2	0,0±0,0d	0,002±0,001b	0±0ab	0,04±0e
	Agosto	0,6±0,1a	0,44	0,7	0,1±0,0d	0,006±0,002ab	0,001±0ab	0,06±0,01de
	Setembro	0,6±0,1a	0,38	0,0	0,1±0,0d	0,003±0,002b	0±0b	0,07±0,03de
	Outubro	0,5±0,1ab	0,32	0,0	0,2±0,1bc	0,003±0,002b	0±0b	0,17±0,06bc
	Novembro	0,4±0,1b	0,31	0,0	0,3±0,0a	0,009±0,003ab	0±0b	0,28±0,03a
	Dezembro	0,4±0,1b	0,43	0,0	0,2±0,0bc	0,016±0,005a	0±0b	0,18±0,02bc
	Janeiro	0,4±0,1b	0,27	0,1	0,2±0,0bc	0,01±0,006ab	0,001±0ab	0,18±0,04bc
	Fevereiro	0,4±0,0b	0,16	0,3	0,2±0,0bc	0,008±0,005ab	0±0ab	0,19±0,04bc
	Março	0,4±0,0b	0,36	0,1	0,2±0,0ab	0,015±0,011a	0±0ab	0,23±0,02ab

(continuação)

Ano	Mês	Concentração (g kg ⁻¹)				Aporte (kg ha ⁻¹)				
		F		M		F		M		Serapilheira
Macronutriente: K										
2010	Abril	3,4±0,2d	4,71	3,2	0,8±0,2cd	0,036±0,021bcd	0,026±0,03a	0,83±0,26cd		
	Mai	3,7±0,6cd	3,92	4,8	0,4±0,1d	0,011±0,012d	0,009±0,02ab	0,44±0,13d		
	Junho	4,8±0,5abcd	3,92	0,0	0,4±0,1d	0,015±0,014cd	0±0b	0,4±0,11d		
	Julho	3,8±0,3bcd	2,90	1,0	0,2±0,1d	0,019±0,01cd	0,001±0b	0,27±0,07d		
	Agosto	5,4±0,2ab	4,10	4,8	0,5±0,1d	0,054±0,023bcd	0,004±0,01ab	0,56±0,15d		
	Setembro	3,5±1,9cd	3,80	0,0	0,4±0,3d	0,026±0,016bcd	0±0b	0,46±0,3d		
	Outubro	5,0±0,4abcd	2,40	0,0	1,7±0,6bc	0,025±0,015bcd	0±0b	1,76±0,58bc		
	Novembro	4,7±0,4abcd	2,40	0,0	3,3±0,5a	0,066±0,027abcd	0±0b	3,4±0,46a		
	Dezembro	3,4±0,4d	3,90	0,0	1,6±0,4bc	0,143±0,049a	0±0b	1,79±0,35bc		
	Janeiro	5,1±0,3abc	2,70	1,4	2,5±1,0ab	0,098±0,064abc	0,011±0,01ab	2,64±1ab		
	Fevereiro	3,5±0,4d	1,27	2,4	1,7±0,5bc	0,064±0,041abcd	0,004±0ab	1,77±0,57bc		
	Março	5,8±0,8a	2,60	0,8	3,5±0,9a	0,11±0,081ab	0,005±0,01ab	3,66±0,86a		

(continuação)

Ano	Mês	Concentração (g kg ⁻¹)			Aporte (kg ha ⁻¹)			Serapilheira
		F	M	GG	F	M	GG	
Macronutriente: Ca								
2010	Abril	13,5±2,3b	6,13	11,7	2,9±0,4cd	0,047±0,027bc	0,095±0,09a	3,04±0,45dc
	Maio	12,3±1,1b	5,07	3,0	1,4±0,4cd	0,015±0,015c	0,006±0,01a	1,44±0,38dc
	Junho	12,4±1,1b	5,07	0,0	1,0±0,3cd	0,019±0,018c	0±0a	1,03±0,34dc
	Julho	11,8±1,6b	7,31	7,6	0,8±0,3d	0,049±0,025bc	0,009±0,01a	0,83±0,31d
	Agosto	11,7±1,5b	6,31	3,4	1,1±0,3cd	0,083±0,035bc	0,003±0a	1,17±0,33dc
	Setembro	13,0±1,4b	7,03	0,0	1,5±0,4cd	0,047±0,03bc	0±0a	1,58±0,41dc
	Outubro	12,1±2,0b	7,22	0,0	4,4±2,2bc	0,076±0,045bc	0±0a	4,46±2,15bc
	Novembro	12,8±2,7b	7,35	0,0	9,1±2,3a	0,201±0,082abc	0±0a	9,28±2,23a
	Dezembro	15,2±2,0ab	6,53	0,0	7,4±2,1ab	0,239±0,083abc	0±0a	7,62±2,08ab
	Janeiro	12,8±2,5b	5,71	8,7	6,6±3,6ab	0,207±0,135abc	0,071±0,07a	6,87±3,5ab
2011	Fevereiro	18,2±2,6a	5,79	8,6	8,8±2,0a	0,29±0,185ab	0,015±0,02a	9,07±2,08a
	Março	14,2±1,6b	8,16	7,4	8,6±1,6a	0,344±0,255a	0,044±0,07a	9,01±1,49a

(continuação)

Ano	Mês	Concentração (g kg ⁻¹)						Aporte (kg ha ⁻¹)			
		Fração			Macronutriente: Mg			F	M	GG	GG
F	M	GG	F	M	GG	F	M				
2010	Abril	3,0±0,2bcd	2,04	1,6	0,6±0,1cd	0,016±0,009c	0,013±0,01a	0,68±0,14de			
	Mai	3,3±0,4ab	1,90	0,6	0,4±0,1d	0,005±0,006c	0,001±0a	0,38±0,11e			
	Junho	3,5±0,4a	1,90	0,0	0,3±0,1d	0,007±0,007c	0±0a	0,29±0,08e			
	Julho	3,0±0,2bcd	1,74	1,4	0,2±0,1d	0,012±0,006c	0,002±0a	0,21±0,06e			
	Agosto	2,9±0,3bcd	1,94	2,0	0,3±0,1d	0,025±0,011bc	0,002±0a	0,3±0,07e			
	Setembro	2,6±0,4cde	2,34	0,0	0,3±0,1d	0,016±0,01c	0±0a	0,32±0,11e			
	Outubro	2,8±0,2cde	1,82	0,0	1,0±0,4bc	0,019±0,011c	0±0a	1±0,42cd			
	Novembro	3,0±0,5bc	1,73	0,0	2,1±0,5a	0,047±0,019abc	0±0a	2,18±0,51a			
	Dezembro	2,7±0,3cde	2,08	0,0	1,3±0,3b	0,076±0,026abc	0±0a	1,38±0,32bc			
	Janeiro	2,3±0,5e	2,00	1,7	1,2±0,5bc	0,072±0,047abc	0,014±0,01a	1,26±0,54bcd			
2011	Fevereiro	2,6±0,4cde	2,22	1,6	1,2±0,3bc	0,111±0,071a	0,003±0a	1,34±0,27bc			
	Março	2,5±0,4e	2,35	1,3	1,5±0,3ab	0,099±0,073ab	0,008±0,01a	1,65±0,32ab			

(conclusão)

Ano	Mês	Concentração (g kg ⁻¹)						Aporte (kg ha ⁻¹)								
		Fração			Macronutriente: S			F			M			GG		
		F	M	GG	F	GG	M	F	GG	M	F	GG	M	F	GG	
2010	Abril	0,7±0,1a	0,60	0,3	0,2±0,1cd	0,005±0,003abc	0,003±0a	0,17±0,06de								
	Maior	0,8±0,1a	0,64	0,6	0,1±0,0cd	0,002±0,002c	0,001±0a	0,09±0,02de								
	Junho	0,8±0,1a	0,64	0,0	0,1±0,0d	0,002±0,002c	0±0a	0,07±0,02e								
	Julho	0,7±0,1a	0,38	0,1	0,0±0,0d	0,003±0,001c	0±0a	0,05±0,01e								
	Agosto	1,0±0,6a	0,44	0,5	0,1±0,1cd	0,006±0,002abc	0±0a	0,11±0,1de								
	Setembro	0,7±0,1a	0,39	0,0	0,1±0,0d	0,003±0,002c	0±0a	0,08±0,03e								
	Outubro	0,7±0,1a	0,34	0,0	0,2±0,1bc	0,004±0,002bc	0±0a	0,23±0,09cd								
	Novembro	0,7±0,1a	0,41	0,0	0,5±0,1a	0,011±0,005abc	0±0a	0,5±0,06a								
	Dezembro	0,7±0,0a	0,40	0,0	0,3±0,1b	0,015±0,005abc	0±0a	0,33±0,07bc								
	Janeiro	0,7±0,1a	0,41	0,3	0,3±0,1b	0,015±0,01abc	0,002±0a	0,35±0,12abc								
	Fevereiro	0,8±0,0a	0,34	0,3	0,4±0,1ab	0,017±0,011ab	0,001±0a	0,39±0,08ab								
	Março	0,6±0,0a	0,44	0,1	0,4±0,1ab	0,019±0,014a	0,001±0a	0,4±0,05ab								

Nota: letras diferentes para uma mesma coluna e macronutriente representam diferenças estatísticas significativas entre os meses pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Anexo G – Concentração e aporte de micronutrientes nas frações folha (F), miscelânea (M), galhos grossos (GG) e serapilheira (média ± desvio padrão) ao longo de um ano de monitoramento de um plantio de *Eucalyptus dunnii* localizado em Alegrete, RS.

(continua)

Ano	Mês	Concentração (mg kg ⁻¹)				Aporte (g ha ⁻¹)			
		Fração				Fração			
		F	M	GG	F	M	GG	GG	Serapilheira
Micronutriente: B									
2010	Abril	39,3±6,3bcd	18,12	7,5	8,4±1,2c	0,139±0,079bc	0,061±0,06a	0,061±0,06a	8,63±1,26c
	Maior	47,3±6,2ab	21,15	13,8	5,5±1,8c	0,061±0,063c	0,027±0,05a	0,027±0,05a	5,55±1,83c
	Junho	38,7±5,6bcd	21,15	0,0	3,1±0,9c	0,079±0,074c	0±0a	0±0a	3,21±0,97c
	Julho	40,8±3,9abcd	14,49	6,1	2,7±0,9c	0,096±0,05c	0,007±0,01a	0,007±0,01a	2,78±0,9c
	Agosto	32,1±5,3cd	12,10	11,6	3,0±1,2c	0,158±0,068bc	0,01±0,01a	0,01±0,01a	3,18±1,21c
	Setembro	28,7±4,0d	18,90	0,0	3,4±1,1c	0,128±0,081bc	0±0a	0±0a	3,55±1,19c
	Outubro	40,6±6,4abcd	14,31	0,0	14,8±7,7bc	0,15±0,089bc	0±0a	0±0a	14,92±7,61bc
	Novembro	42,5±8,7abc	12,90	0,0	30,1±7,3a	0,352±0,143abc	0±0a	0±0a	30,47±7,24a
	Dezembro	46,8±8,9ab	12,90	0,0	22,8±7,5ab	0,472±0,163abc	0±0a	0±0a	23,28±7,44ab
	Janeiro	52,5±7,6a	16,62	7,3	26,8±14,1ab	0,602±0,393abc	0,06±0,06a	0,06±0,06a	27,5±13,88a
2011	Fevereiro	50,0±3,8ab	17,05	8,4	24,2±5,7ab	0,854±0,546a	0,015±0,02a	0,015±0,02a	25,11±5,86ab
	Março	49,2±7,4ab	16,20	10,7	29,6±3,3a	0,684±0,505ab	0,064±0,1a	0,064±0,1a	30,34±3,08a

(continuação)

Ano	Mês	Concentração (mg kg ⁻¹)				Aporte (g ha ⁻¹)			
		F	M	GG	F	M	GG	Serapilheira	
Micronutriente: Cu									
2010	Abril	4,5±1,1bcd	7,69	6,4	1,0±0,3cde	0,059±0,034b	0,052±0,05a	1,11±0,33cde	
	Maior	5,1±3,6abc	8,16	8,6	0,5±0,2de	0,024±0,024b	0,017±0,03a	0,56±0,14de	
	Junho	3,4±0,6cde	8,16	0,0	0,3±0,1de	0,03±0,029b	0±0a	0,3±0,09e	
	Julho	3,3±0,5cde	7,53	3,1	0,2±0,0e	0,05±0,026b	0,004±0,01a	0,26±0,05e	
	Agosto	6,7±0,9ab	9,83	12,3	0,6±0,2de	0,129±0,055ab	0,011±0,01a	0,75±0,16de	
	Setembro	6,9±0,8a	11,01	0,0	0,8±0,2cde	0,074±0,047ab	0±0a	0,89±0,27de	
	Outubro	7,3±1,3a	8,12	0,0	2,5±0,9a	0,085±0,051ab	0±0a	2,62±0,92a	
	Novembro	2,9±1,1cde	5,07	0,0	2,1±0,8ab	0,138±0,056ab	0±0a	2,2±0,72ab	
	Dezembro	1,9±0,6e	5,24	0,0	0,9±0,4cde	0,192±0,066ab	0±0a	1,13±0,39cde	
2011	Janeiro	3,5±0,3cde	5,48	3,9	1,8±0,9abc	0,198±0,13b	0,032±0,03a	2,02±0,8abc	
	Fevereiro	2,5±0,5de	3,62	5,5	1,2±0,5bcd	0,181±0,116ab	0,01±0,01a	1,41±0,56bcd	
	Março	2,7±0,5de	6,34	4,6	1,7±0,5abc	0,268±0,198a	0,027±0,04a	1,96±0,57abc	

(continuação)

Ano	Mês	Concentração (mg kg ⁻¹)						Aporte (g ha ⁻¹)							
		Fração													
		F	M	GG	F	M	GG	F	M	GG	GG	Serapilheira			
Micronutriente: Fe															
2010	Abril	89,3±7,1d	99,25	42,7	19,9±5,9b	0,762±0,434c	0,347±0,34ab	21±6,1b							
	Maior	97,2±14,2cd	140,07	44,2	11,0±2,4b	0,404±0,418c	0,087±0,15ab	11,47±2,75b							
	Junho	111,6±9,5bcd	140,07	0,0	9,0±2,5b	0,522±0,493c	0±0b	9,53±2,96b							
	Julho	163,3±49,6a	72,29	85,5	10,2±2,0b	0,48±0,248c	0,103±0,14ab	10,78±2,11b							
	Agosto	123,8±10,8abcd	31,21	26,1	11,3±2,3b	0,409±0,174c	0,023±0,03ab	11,73±2,37b							
	Setembro	142,2±29,7abc	55,07	0,0	16,1±2,3b	0,372±0,235c	0±0b	16,49±2,49b							
	Outubro	88,7±19,2d	78,93	0,0	29,3±2,5b	0,83±0,493bc	0±0b	30,12±2,34b							
	Novembro	144,3±10,6ab	60,69	0,0	101,5±10,0a	1,658±0,673abc	0±0b	103,15±9,62a							
	Dezembro	158,4±32,5ab	70,46	0,0	76,5±25,9a	2,581±0,892abc	0±0b	79,05±25,18a							
	Janeiro	165,4±27,7a	93,07	68,3	84,1±43,9a	3,368±2,2abc	0,558±0,53a	88,02±42,63a							
	2011	Fevereiro	169,9±11,5a	93,17	60,5	83,3±23,7a	4,669±2,983a	0,105±0,11ab	88,11±25,33a						
		Março	133,5±12,3abcd	95,55	31,6	81,3±14,4a	4,032±2,98ab	0,188±0,3ab	85,5±15,98a						

(continuação)

Ano	Mês	Concentração (mg kg ⁻¹)						Aporte (g ha ⁻¹)						
		Fração						Serapilheira						
		F	M	GG	F	M	GG	F	M	GG	F	M	GG	
Micronutriente: Mn														
2010	Abril	1810,7±239,0cdef	579,12	938,3	396,0±92,6c	4,445±2,531bc	7,618±7,49a	408,11±97,65c						
	Maior	1687,8±389,7ef	504,01	204,8	190,6±60,2c	1,455±1,504c	0,402±0,69a	192,48±61,55c						
	Junho	1722,7±341,6def	504,01	0,0	138,5±44,6c	1,877±1,775c	0±0a	140,37±46,28c						
	Julho	1782,0±368,6def	613,27	625,7	118,4±51,9c	4,071±2,101bc	0,757±1,05a	123,21±53,19c						
	Agosto	1703,6±253,8ef	529,49	312,4	160,4±64,4c	6,936±2,96bc	0,273±0,33a	167,64±64,53c						
	Setembro	1446,4±172,1fg	748,78	0,0	169,3±40,8c	5,054±3,201bc	0±0a	174,37±43,5c						
	Outubro	1077,4±131,5g	749,52	0,0	373,9±122,2c	7,879±4,682bc	0±0a	381,79±119,15c						
	Novembro	2095,4±302,6abcd	498,17	0,0	1471,6±213,7a	13,606±5,525abc	0±0a	1485,21±210,66a						
	Dezembro	2022,4±346,5bcde	492,67	0,0	975,7±300,4b	18,044±6,235abc	0±0a	993,71±294,83b						
	Janeiro	2186,6±244,6abc	700,97	729,9	1112,5±545,3ab	25,366±16,572ab	5,969±5,66a	1143,79±536,25ab						
	2011	Fevereiro	2450,0±104,7a	423,76	464,6	1195,1±297,3ab	21,236±13,565abc	0,804±0,87a	1217,14±305,59ab					
		Março	2268,4±152,8ab	721,61	523,4	1377,8±209,2ab	30,452±22,508a	3,113±4,9a	1411,35±207,3ab					

Ano	Mês	Concentração (mg kg ⁻¹)										Aporte (g ha ⁻¹)	(conclusão)	
		Fração					Micronutriente: Zn							
		F	M	GG	F	GG	F	M	GG	GG	Serapilheira			
2010	Abril	12,9±1,4a	17,62	7,2	2,9±0,9bc	0,135±0,077b	0,059±0,06a	3,06±0,88cd						
	Maio	14,2±2,2a	18,86	13,9	1,6±0,4c	0,054±0,056b	0,027±0,05a	1,69±0,43d						
	Junho	13,4±1,3a	18,86	0,0	1,1±0,3c	0,07±0,066b	0±0a	1,15±0,33d						
	Julho	14,7±1,2a	11,26	4,7	0,9±0,2c	0,075±0,039b	0,006±0,01a	1,03±0,22d						
	Agosto	13,7±2,8a	16,65	17,0	1,2±0,1c	0,218±0,093b	0,015±0,02a	1,45±0,13d						
	Setembro	13,0±1,9a	12,52	0,0	1,5±0,5c	0,085±0,054b	0±0a	1,62±0,53d						
	Outubro	12,5±2,1a	8,39	0,0	4,5±2,2ab	0,088±0,052b	0±0a	4,59±2,18bc						
	Novembro	9,6±1,7b	11,97	0,0	6,8±1,2a	0,327±0,133b	0±0a	7,1±1,13a						
	Dezembro	9,0±1,2b	14,55	0,0	4,4±1,3b	0,533±0,184ab	0±0a	4,89±1,16abc						
	Janeiro	8,7±1,0b	9,27	7,0	4,3±2,0b	0,335±0,219b	0,057±0,05a	4,73±1,89abc						
2011	Fevereiro	8,5±0,8b	6,00	7,5	4,1±1,1b	0,301±0,192b	0,013±0,01a	4,46±1,19bc						
	Março	7,9±0,5b	22,70	4,9	4,8±1,0ab	0,958±0,708a	0,029±0,05a	5,83±1,18ab						

Nota: letras diferentes na mesma coluna e micronutriente são estatisticamente diferentes pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.