

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

**CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL DO *Eucalyptus
benthamii* Maiden & Cambage EM ÁREA DE
PRODUÇÃO DE SEMENTES**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Huan Pablo de Souza

Santa Maria, RS, Brasil

2015

CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL DO *Eucalyptus benthamii*
Maiden & Cabbage EM ÁREA DE PRODUÇÃO DE
SEMENTES

Huan Pablo de Souza

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado 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 a obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Florestal

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

Santa Maria, RS, Brasil

2015

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Souza, Huan Pablo de
Caracterização nutricional do *Eucalyptus benthamii*
Maiden & Cambage em área de produção de sementes / Huan
Pablo de Souza.-2015.
52 f.; 30cm

Orientador: Mauro Valdir Schumacher
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2015

1. Biomassa florestal 2. Nutrição florestal 3. Estoque
de nutrientes 4. Solos Florestais I. Schumacher, Mauro
Valdir II. Título.

© 2015

Todos os direitos autorais reservados a Huan Pablo de Souza. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: huan.pablo@hotmail.com

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

A comissão Examinadora, abaixo assinada,
Aprova a Dissertação de Mestrado

**CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL DO *Eucalyptus benthamii* Maiden
& Cambage EM ÁREA DE PRODUÇÃO DE SEMENTES**

elaborada por
Huan Pablo de Souza

Como requisito parcial para a obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Florestal

COMISSÃO EXAMINADORA:

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

Hamilton Luis Munari Vogel, Dr. (UNIPAMPA)

Vicente Guilherme Lopes, Dr. (UNIPAMPA)

Santa Maria, 26 de fevereiro de 2015.

Aos que acreditam no meu trabalho, dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço especialmente ao Prof. Titular Dr. rer. nat. techn. Mauro Valdir Schumacher pela oportunidade, ensinamentos, orientações, confiança e amizade.

Aos componentes da banca examinadora, Prof. Dr. Hamilton Luis Munari Vogel e Prof. Dr. Vicente Guilherme Lopes.

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal, pela oportunidade.

À empresa StoraEnso Florestal RS, por acreditar em nosso trabalho e viabilizar a realização do mestrado e dessa pesquisa.

Aos Engenheiros Florestais da StoraEnso João Fernando Borges, João Carlos Barrichelo, Julio César Medeiros, Claudiney do Couto Guimarães e Daniela Torres, ao Engenheiro Agrônomo José Lionço Simões Pires de Bragança e aos demais colegas de escritório Leandro Acosta Saldanha, Camila Duarte Prates, Fernanda Sechi, Leticia Ávila, Marciane Halinski e Mara Rejjane Peres.

Aos Técnicos Marcelo Goularte e Fábio Minussi, além dos funcionários da Reflorestadora Nativa, Luís Antônio Vitorino e Vilmar Silveira.

Ao Joel Carvalho dos Santos acadêmico de Engenharia Florestal na UFSM e à Engenheira Florestal Catarine Barcelos Consensa, pelo grande apoio no momento das coletas e processamento das amostras.

Aos amigos e colegas do Laboratório de Ecologia Florestal, LABEFLO, Engenheiros Florestais Bernardo Corso Frantz, Grasielle Dick, Aline Aparecida Ludvichak, Kristiana Fiorentin. Aos funcionários do laboratório, Engenheiro Florestal Dr. Rudi Witschoreck e o Biólogo Vitor Hugo Braga dos Santos, pelos momentos de alegria que compartilhamos.

Ao amigo, Engenheiro Florestal Thomas Schröder, pelo apoio nas análises estatísticas dos dados.

Aos meus avós Eugen Schiestl e Florinda De Freyn Schiestl que sempre incentivaram e compreenderam os meus sonhos, a minha mãe Edith Schiestl, aos demais familiares em especial aos meus irmãos Pâmela, Rubens e Darlan.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Universidade Federal de Santa Maria

CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL DO *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage EM ÁREA DE PRODUÇÃO DE SEMENTES

AUTOR: HUAN PABLO DE SOUZA
ORIENTADOR: MAURO VALDIR SCHUMACHER
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 26 de Fevereiro de 2015.

O *Eucalyptus* é o gênero florestal mais plantado no Brasil e no mundo. Os povoamentos de eucalipto estão estabelecidos nos mais variados ambientes, sendo que, no estado do Rio Grande do Sul, novas plantações estão sendo estabelecidas na região do bioma Pampa. Para tanto, há necessidade de utilização de material genético adaptado e correto manejo nutricional dos povoamentos. O presente estudo teve por objetivo caracterizar nutricionalmente uma Área de Produção de Sementes (APS) de *Eucalyptus benthamii*, aos seis anos, no município de São Francisco de Assis – RS, na fazenda Estância das Oliveiras, pertencente à empresa StoraEnso Florestal RS. Para realizar o estudo, foram abatidas nove árvores, em três classes de diâmetro, onde as amostras da biomassa foram obtidas acima e abaixo do solo (folhas, galhos, madeira do tronco, casca do tronco, frutos e raiz), com posterior determinação da massa seca e a concentração dos macro e micronutrientes. A produção de biomassa total na Área de Produção de Sementes foi de 47,59 Mg ha⁻¹, com a seguinte distribuição de biomassa: 62,14% na madeira do tronco, 10,19% nos galhos, 8,25% na casca do tronco, 6,26% nas folhas, 0,05% nos frutos e 13,11% nas raízes. O estoque dos elementos na biomassa total apresentou a seguinte ordem de acúmulo para macronutrientes: N > K > Ca > Mg > P > S e para os micronutrientes a ordem de distribuição foi a seguinte: Fe > Mn > Zn > B > Cu. A concentração dos macronutrientes na biomassa apresentou a seguinte ordem: madeira do tronco > raízes > folhas > galhos > casca do tronco > frutos. Para os micronutrientes as concentrações seguem a ordem: raízes > madeira do tronco > galhos > folhas > casca do tronco > frutos. A exportação de nutrientes pela intensidade da colheita dos componentes da biomassa, apresentou a seguinte tendência de distribuição no cenário de colheita 1 (remoção de 30% de folhas, + 30% de galhos + 100% dos frutos): Mn > N > Cu > K > Mg > S > B > Ca > P > Zn > Fe. Considerando o cenário de colheita 2 (remoção de 50% de folhas, + 50% galhos + 100% dos frutos) a exportação de nutrientes teve a seguinte distribuição: Mn > N > Cu > K > Ca > Mg > S > B > P > Zn > Fe. Para o cenário de colheita 3 (remoção de 100% de folhas + 100% de galhos e todos os frutos) a exportação de nutrientes apresentou a seguinte distribuição: Mn > N > Cu > B > Mg > K > Ca > S > P > Zn > Fe.

Palavras-Chave: Biomassa florestal. Nutrição florestal. Estoque de nutrientes. Solos Florestais.

ABSTRACT

Master's Dissertation
Post-Graduation Program in Forest Engineering
Universidade Federal de Santa Maria

NUTRITIONAL CHARACTERIZATION OF *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage IN SEED PRODUCTION AREA

AUTHOR: HUAN PABLO DE SOUZA
ADVISER: MAURO VALDIR SCHUMACHER
Date and Place of the Presentation: Santa Maria, Feb 26th, 2015.

Eucalyptus is the most planted forest genus in Brazil and worldwide. The eucalyptus plantations are established in various environments, and in the state of Rio Grande do Sul, new plantations are being established in the Pampa biome region. Therefore, there is need to use appropriate and correct genetic material nutritional management of stands. This study aimed to characterize nutritionally one Seed Production Area (APS) *Eucalyptus benthamii*, to six years in the city of São Francisco de Assis - RS, on the farm Estância das Oliveiras, owned by Stora Enso Florestal RS company. For the study, nine trees were harvested in three diameter classes, where samples of biomass were obtained above and below ground (leaves, branches, wood, bark, fruits and root) with subsequent determination of the dry mass and the concentration of macro and micronutrients. The total biomass in Seed Production Area was 47,59 Mg ha⁻¹, with the following percentage of biomass: 62,14% in the wood, 10,19% in the branches, 8,26% in the bark, the leaves has 6,25%, 0,05% in the fruits and 13.11% in the roots. The stock of elements in the total biomass accumulation showed the following order of macronutrients: N > K > Ca > Mg > P > S and micronutrients to the order of distribution was as follows: Fe > Mn > Zn > B > Cu. The macronutrient concentrations in the biomass followed the sequence: wood > roots > leaves > branches > bark > fruit. For micronutrient concentrations follow the order: root > wood > branches > leaves > bark > fruit. The export of nutrients by the intensity of harvest of biomass components had the following distribution trend in the collection scenario 1 (30% removal leaves, twigs + 30% + 100% fruit): Mn > N > Cu > K > Mg > S > B > Ca > P > Zn > Fe Considering the scenario 2 (50% removal leaves, twigs + 50% + 100% fruit) harvesting the export of nutrients had the following distribution: Mn > N > Cu > K > Ca > Mg > S > B > P > Zn > Fe. For the scenario of harvest 3 (removal of 100% + 100% leaves and branches all fruit) export of nutrients presented following distribution: Mn > N > Cu > B > Mg > K > Ca > S > P > Zn > Fe

Keywords: Forest biomass. Forest nutrition. Forest Soils. Nutrient stocks.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Atributos físicos e químicos do solo (Argissolo Vermelho distrófico arênico) na área do estudo, no município de São Francisco de Assis – RS.....	26
Tabela 2 – Classes de diâmetro nas árvores de <i>Eucalyptus benthamii</i> aos 6 anos de idade, no município de São Francisco de Assis – RS.....	29
Tabela 3 – Descrição dos procedimentos analíticos utilizados na determinação dos nutrientes, em amostras de tecido vegetal.	31
Tabela 4 – Quantidade de nutrientes nas diferentes profundidades do solo, na área do estudo, no município de São Francisco de Assis – RS.....	33
Tabela 5 – Biomassa nos diferentes componentes de <i>Eucalyptus benthamii</i> aos 6 anos de idade, em São Francisco de Assis – RS.....	35
Tabela 6 – Teor de macronutrientes nos componentes da biomassa de <i>Eucalyptus benthamii</i> aos 6 anos de idade, em São Francisco de Assis – RS.....	37
Tabela 7 – Teor de micronutrientes nos componentes da biomassa de <i>Eucalyptus benthamii</i> aos 6 anos de idade, no município de São Francisco de Assis – RS.	38
Tabela 8 – Quantidade de macronutrientes na biomassa de <i>Eucalyptus benthamii</i> aos 6 anos de idade, em São Francisco de Assis – RS.	39
Tabela 9 – Quantidade de micronutrientes na biomassa de <i>Eucalyptus benthamii</i> aos 6 anos de idade, em São Francisco de Assis – RS.....	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição das plantações com eucaliptos no Brasil até 2012.	14
Figura 2 – Mapa de distribuição natural do <i>Eucalyptus benthamii</i> na Austrália.....	16
Figura 3 – Detalhe da localização geográfica da área do estudo no município de São Francisco de Assis – RS.	23
Figura 4 – Detalhe da Área de Produção de Sementes de <i>Eucalyptus benthamii</i> no município de São Francisco de Assis – RS.....	27
Figura 5 – Cenário de Colheita 1: Remoção de 30% de folhas,+ 30% de galhos e remoção total dos frutos, das árvores de <i>Eucalyptus benthamii</i>	41
Figura 6 – Cenário de Colheita 2: Remoção de 50% de folhas, + 50% galhos e remoção total dos frutos, das árvores de <i>Eucalyptus benthamii</i>	42
Figura 7 – Cenário de Colheita 3: Remoção de 100% de folhas, + 100% de galhos e remoção total dos frutos, das árvores de <i>Eucalyptus benthamii</i>	43

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 Objetivo Geral.....	13
2.2 Objetivos Específicos	13
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1 As plantações de eucalipto no Brasil	14
3.1.2 <i>Eucalyptus benthamii</i>	16
3.2 Produção de biomassa	18
3.3 Nutrientes na biomassa.....	20
4 MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1 Caracterização da Área de Estudo	23
4.1.1 Geologia, relevo e vegetação	24
4.1.2 Clima	24
4.1.3 Solo	25
4.2 Metodologia do estudo	27
4.2.1 Caracterização do Povoamento	27
4.2.3 Amostragem e determinação da biomassa	29
4.2.4 Análise Estatística	30
4.2.5 Nutrientes na biomassa.....	31
4.2.6 Estimativa do estoque de nutrientes disponíveis no solo	32
4.2.7 Intensidade de colheita da biomassa	32
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1 Solos e nutrientes	33
5.1.1 Análise química do solo.....	33
5.2 Biomassa de <i>Eucalyptus benthamii</i>	34
5.3 Estoque de nutrientes na biomassa de <i>Eucalyptus benthamii</i>	36
5.4 Colheita da biomassa.....	40
6 CONCLUSÕES	45
7 RECOMENDAÇÕES	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

1 INTRODUÇÃO

Conforme a ABRAF (2013) o eucalipto é o gênero florestal mais plantado no mundo, com mais de 19 milhões de hectares cultivados. O Brasil é segundo maior produtor de eucalipto no mundo, com 5,1 milhões de hectares cultivados no país, apenas ultrapassado pela Índia, que possui 8,0 milhões de hectares.

Tal situação ocorre devido à versatilidade de uso da madeira bem como critérios de qualidade e rápido crescimento, que têm proporcionado o abastecido dos mais diferentes segmentos de base florestal no país, suprimindo a demanda por matéria prima e diminuindo significativamente a pressão sobre os fragmentos de florestas naturais existentes.

Segundo Barros e Comerford (2002), os povoamentos de eucalipto têm sido implantados em diversos tipos de solos, que apresentam teores disponíveis e totais de nutrientes numa faixa bastante ampla o que propicia grande variação de produtividade de acordo com o ambiente. Ressalta-se ainda que, grande parte das plantações brasileiras são clonais, porém, para espécies como o *Eucalyptus benthamii*, onde essa técnica ainda necessita de aprimoramentos, a propagação via sementes é uma alternativa para o estabelecimento de plantios.

De acordo com Fonseca et.al (2010) O *Eucalyptus benthamii* é uma espécie endêmica da região oeste da cidade de Sidney na Austrália. Grande parte de seus indivíduos foram cortados para formação de pastagens, inundados por barragens, ou ainda sofreram com incêndios ocorridos em suas regiões, é considerada espécie em extinção na sua origem.

Possui grande potencial para as regiões sujeitas à formação de geadas por apresentar resistência a temperaturas baixas, porém com poucas informações e estudos relacionados ao seu potencial silvicultural.

Devido ao aumento na demanda por sementes de *Eucalyptus benthamii*, bem como a baixa disponibilidade de pomares e áreas de produção de sementes. As mesmas possuem valor comercial significativamente superior a espécies de eucaliptos tradicionais da silvicultura brasileira, como por exemplo, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii*. Podendo em algumas vezes o valor ser até 10 vezes superior ao de outras espécies do gênero.

Desta forma, se faz necessária à destinação de potenciais áreas produtoras de sementes, para atender a demanda de plantio dessa espécie, especialmente na região sul do Brasil. Para tanto é de extrema importância que se entenda a dinâmica nutricional das plantações, a fim de otimizar, potencializar e fazer uso racional dos recursos naturais disponíveis.

É de extrema importância para as regiões sub tropicais que as pesquisas com *Eucalyptus benthamii* avancem, pois é incipiente a bibliografia e estudos relacionados a essa importante espécie do gênero *Eucalyptus* para as regiões sub tropicais.

Neste contexto, identifica-se a importância da eficiência nutricional das espécies cultivadas, objetivando sempre, o aumento produtivo com a redução no uso de recursos naturais, através de técnicas de manejo nutricional que possibilitem esses avanços.

Com relação à alocação e dinâmica nutricional para a produção de sementes em eucaliptos, os estudos são escassos ou praticamente inexistentes, em especial para a espécie proposta, dessa forma se reafirma a demanda pela compreensão desse mecanismo na produção de cápsulas seminais.

Com a caracterização nutricional do *Eucalyptus benthamii* em área de produção de sementes é possível compreender as necessidades e alocações de nutrientes em componentes importantes para os mecanismos reprodutivos, como por exemplo, a distribuição dos elementos em frutos, folhas e galhos, dessa forma, sendo possível aprimorar o manejo nutricional, objetivando potencializar a produção de frutos e sementes.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O presente trabalho teve como objetivo geral, o inventário de biomassa e a caracterização nutricional das árvores de *Eucalyptus benthamii*, em uma Área de Produção de Sementes.

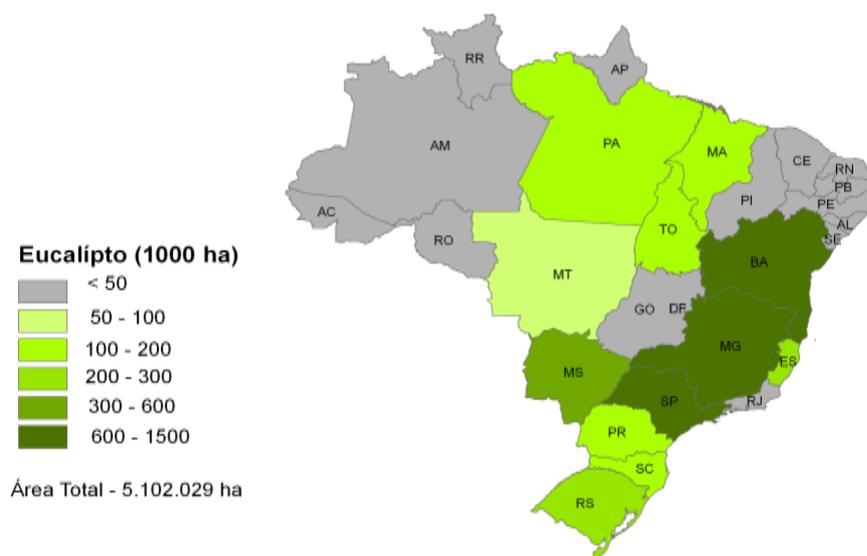
2.2 Objetivos específicos

- Estimar a biomassa e o teor de nutrientes nos componentes: folhas, galhos, casca do tronco, madeira do tronco, raízes e frutos;
- Quantificar os nutrientes disponíveis no solo em até 100 cm de profundidade;
- Estimar a exportação de nutrientes em função da intensidade de colheita da copa para coleta dos frutos;
- Definir quais os nutrientes que oferecem maior risco à manutenção do status nutricional das árvores.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 As plantações de eucalipto no Brasil

Para ABRAF (2013), o Brasil possuía no ano de 2012 uma área de 7,18 milhões de hectares destinados a plantações com espécies exóticas, onde 5,1 milhões de hectares são cultivados com eucaliptos, 1,56 milhões de hectares com plantações de pinus, além de 520 mil hectares cultivados com espécies não convencionais (acácia-negra, pópulos, álamo, entre outras) (Figura 1).



Fonte dos dados: ABRAF (2013).

Figura 1 – Distribuição das plantações com eucaliptos no Brasil até 2012.

Fonte: Adaptado de ABRAF (2013).

De acordo com a ABRAF (2013), atualmente o estado do Rio Grande do Sul, ocupa a sétima posição entre os maiores produtores de madeira originária de plantações florestais do Brasil, onde em 2012, havia cerca de 284,71 mil hectares cultivados com eucaliptos para fins comerciais.

O estado do Rio Grande do Sul possui potencial de crescimento e aumento produtivo nas suas plantações florestais, especialmente com o gênero *Eucalyptus* que estão em níveis competitivos em termos econômicos e por vezes com incrementos superiores aos estados com silvicultura consolidada no contexto econômico e social. Dessa forma, para potencializar esse crescimento com sustentabilidade, é de extrema importância que se tenham os mecanismos de manejo apropriados para o melhor uso dos recursos naturais disponíveis.

O fato do eucalipto ter rápido crescimento, quando comparado com as espécies nativas, bem como a exaustão dos ecossistemas naturais para suprir a demanda por madeira, fez com que plantios deste gênero fossem introduzidos no Brasil para fins de Reflorestamento, permitindo um ciclo de corte relativamente curto associado a elevada capacidade produtiva.

O manejo adotado, bem como o ciclo de cultivo do eucalipto, varia, de acordo com o produto final desejado. Se o objetivo da madeira for atender as indústrias de celulose, papel, carvão, paletes, caixotaria e lenha, a plantação será submetida a um ciclo curto, que implicará na colheita entre o 7º e 10º ano após o plantio. Quando a destinação for madeira sólida, indústria moveleira, construção civil e outros fins, que demandam madeira com maiores diâmetros, para a confecção do produto final, o ciclo, será longo, com a colheita entre 14 e 25 anos após o plantio. Essa variação no tempo de cultivo esta relacionada à finalidade do produto, sistema de cultivo, espaçamento adotado, adubação, solo, condições climáticas, entre outros fatores. (SCARPINELLA, 2002).

De acordo com Guimarães (2014), na última década o Brasil passou por um momento de crescimento significativo na sua base florestal, com destaque para investimentos de projetos de expansão e entrada de novos *Players* na cadeia de papel e celulose, além da consolidação de Fundos de Investimentos nacionais e estrangeiros como; fornecedores de madeira para suprir a demanda de diversos segmentos indústrias.

Atualmente, as plantações comerciais com eucalipto no Brasil, são de origem clonal, em sua maioria. Porém para espécies como *Eucalyptus benthamii*, onde a técnica da clonagem ainda demanda aprimoramentos, a produção de sementes é uma necessidade para atender a demanda de madeira em regiões com ocorrência de baixas temperaturas, como é o caso de algumas partes do sul do Brasil.

3.1.2 *Eucalyptus benthamii*

Para Fonseca et. al. (2010), o *Eucalyptus benthamii* é uma espécie endêmica da Austrália, encontrada em áreas limitadas ao oeste da cidade de Sydney, Nova Gales do Sul, em planícies ao longo do rio Nepean e seus tributários. Originalmente a espécie ocorria nos solos férteis das partes planas de deposição de rios em uma área de 100 km de comprimento por 40 km de largura, com latitude aproximada de 34° S e altitudes inferiores a 100 m, onde a temperatura média máxima é 26 °C e a temperatura média mínima é 4 °C, com ocorrência de geadas leves (Figura 2). Na área de ocorrência natural a precipitação anual é de 1.100 mm com picos moderados no verão e outono. A maior parte da população original foi cortada para a formação de pastagens ou foi inundada com a construção da represa de Warragamba.

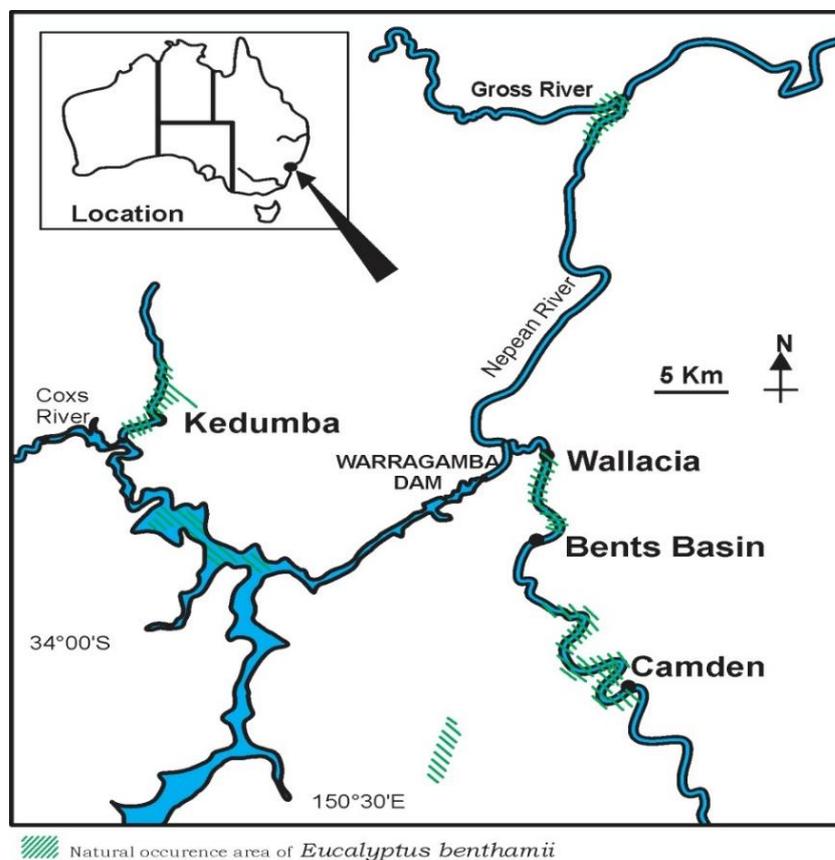


Figura 2 – Mapa de distribuição natural do *Eucalyptus benthamii* na Austrália.

Fonte: Adaptado de Butcher et al., (2005).

Embora o *Eucalyptus benthamii* faça parte do mesmo grupo botânico do *E. viminalis*, ele apresenta características distintas, como preferência por solos férteis. Essa característica tornou a espécie vulnerável durante a expansão da fronteira agrícola australiana e foi considerado em extinção (PRYOR, 1981).

Desde 1933, a população natural de *Eucalyptus benthamii* foi afetada por três incêndios, ocorridos em dezembro de 1957, em dezembro de 1979 e em outubro de 1981. Os dois últimos incêndios queimaram diferentes partes da população natural. Para Boland et al. (2006), os últimos remanescentes localizam-se em parques nacionais ou estaduais, o que na prática inviabiliza a colheita comercial dos frutos.

Para Nisgoski et al. (1998), o *Eucalyptus benthamii* possui casca persistente, fina, compacta e com tendência de formação de tiras longitudinais, apresenta dimorfismo foliar, as folhas adultas são opostas, sésseis e os primeiros dois ou quatro pares elípticos a ovais. As folhas jovens também se distribuem de forma oposta, sésseis, largamente oblongas, ovadas e de textura moderadamente fina. A inflorescência é axilar, com 4 a 7 flores, pedúnculo com 0,5 cm de comprimento, pedicelos com 0,25 cm. Os botões florais são ovais a clavados. O fruto é hemisférico a campanulado e levemente convexo.

Segundo Stape (1996), o *Eucalyptus benthamii* é uma espécie indicada para regiões com frios severos, com temperaturas mínimas de até -10 °C, sob temperaturas abaixo deste limite podem ocorrer atrasos no crescimento das árvores, porém pouco expressivos. Estes climas são os encontrados em partes da região sul do Brasil onde estão inseridos importantes polos produtores e consumidores de produtos madeireiros.

De acordo com Baccarin (2012), o *Eucalyptus benthamii* tem destaque por sua resistência ao frio, viabilizando dessa forma, plantações em regiões com formação de geadas frequentes, além de crescimento rápido, características que tem causado interesse dos melhoristas na espécie.

Para o mesmo autor, possui ainda vantagens em relação a outras espécies do gênero que apresentam resistência a geadas como o *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus viminalis*, que além de baixo crescimento, apresenta restrições de aspectos sanitários em seus povoamentos, causando prejuízos significativos às plantações embora apresentem grande tolerância às geadas. O *Eucalyptus dunnii*, inicia seu florescimento com aproximadamente quinze anos, ainda assim, de forma muito irregular entre os anos. Já o *Eucalyptus benthamii*, tem florescimento precoce,

iniciando aos seis anos, com tendências de regularidade na incidência das florações além de rápido crescimento.

Conforme Nisgoski et al. (1998), o *Eucalyptus benthamii* apresenta cerne e alburno distintos, onde o cerne possui cor marrom avermelhada e o alburno de coloração amarelo rosado, cheiro e gosto imperceptíveis, textura fina a média, dureza moderada e grã irregular.

Estas características, aliadas às propriedades da madeira, corroboram para o estabelecimento de plantações comerciais com o *Eucalyptus benthamii*, nas regiões que estão sujeitas a formações de geadas, desta forma, demandando por material adaptado às condições de ambiente destas regiões de cultivo.

3.2 Produção de biomassa

Em povoamentos florestais, segundo Gonçalves et al. (2004), antes do fechamento de copas, a prioridade de alocação de fotoassimilados é para a expansão da área foliar e desenvolvimento do sistema radicular, após o fechamento do dossel o acúmulo de nutrientes ocorre com mais intensidade no tronco.

No município de São Francisco de Assis, RS, Beulch (2013) obteve valores de biomassa total de, 88,81 Mg ha⁻¹ em solo arenoso distrófico, para *Eucalyptus saligna*, aos 4 anos de idade.

Guimarães (2014), ao estudar duas espécies e um híbrido de eucalipto aos 4 anos e 6 meses de idade, cultivado em solo franco-argilo-arenoso eutrófico, no município de Alegrete, RS, encontrou valores médios para a biomassa total de *E. grandis* de 136,7 Mg ha⁻¹; *E. dunnii* 121,9 Mg ha⁻¹; *E. urograndis* 158,1 Mg ha⁻¹.

Esses valores médios de biomassa total, em povoamentos no bioma Pampa revelam a estreita relação entre a produtividade dos povoamentos e a fertilidade do solo, desta forma, estes números evidenciam o aumento da produtividade do povoamento com a capacidade produtiva do sítio, sendo que, esta ainda pode ser influenciada pela espacialidade.

Leles et al. (1998) Estudando *E. urophylla* e Ladeira et al. (2001) estudando *E. grandis*, encontraram diferença na produção e distribuição de biomassa acima do

solo e do sistema radicular, entre espécies de eucalipto, em função do espaçamento de plantio.

Para Schumacher (1996), a manutenção da capacidade produtiva de um sítio somente se dará, no longo prazo, quando a utilização da biomassa na colheita, bem como as perdas por erosão forem equalizadas de forma eficiente. De acordo com o mesmo autor para isso, é fundamental quantificar a biomassa produzida e a quantidade de nutrientes que será exportada pela colheita.

Para que essa avaliação seja efetiva, é importante que se tenha conhecimento da quantidade de nutrientes exportados em um determinado povoamento florestal em sua colheita, devendo-se avaliar os aspectos de concentração nutricional em cada compartimento da biomassa, bem como o grau de utilização da mesma, o período das rotações, entre outros aspectos.

Para Schumacher et al. (2003) a qualidade do sítio, em termos de produtividade, pode provocar alteração na distribuição de biomassa entre os componentes da árvore em função do aumento da alocação de carbono para o sistema radicular.

Reis et al. (1985), em uma sequência de idade de *Eucalyptus grandis*, estimaram a biomassa relativa do sistema radicular, em duas áreas com diferentes níveis de produtividade, em 13,2% e 32%, respectivamente, para a área de maior e de menor produtividade; enquanto a biomassa de raízes com diâmetro menor do que 3 mm era 2,6 vezes maior no sítio menos produtivo.

Gonçalves (2011) destaca que o gênero *Eucalytus*, por possuir sistema radicular profundo e bastante desenvolvido, tem a capacidade de explorar de forma mais efetiva e transferir os elementos das camadas mais profundas do solo para as superiores por meio do processo de ciclagem de nutrientes.

Para a manutenção na fertilidade do solo é importante o conhecimento da partição da biomassa, bem como a concentração de nutrientes em cada componente da árvore e ainda o nível de utilização da biomassa após a colheita, definindo assim quais são os elementos que precisam de maior atenção para a manutenção produtiva do sistema (GUIMARÃES, 2014).

3.3 Nutrientes na biomassa

A quantificação da biomassa de uma plantação florestal é aspecto básico no estudo da ciclagem biogeoquímica neste ambiente. Essa biomassa é matéria orgânica, que representa os elementos e concentrações presentes no ecossistema. Ela representa a quantificação numérica, podendo-se assim calcular o estoque de elementos minerais no sistema (GOLLEY et al.,1975).

De acordo com Landsberg (1986), as reservas de nutrientes nas florestas estão presentes nos vários componentes das árvores, no solo e na vegetação de sub-bosque, sendo que, do montante, somente uma pequena fração está em fluxo entre os vários compartimentos do sistema.

Segundo Pritchett (1990), o acúmulo líquido de nutrientes na biomassa arbórea pode ser estimado através da diferença entre absorção total de nutrientes e o retorno para o solo pela morte de raízes, deposição de serapilheira e lixiviação das copas.

A ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais foi dividida em dois ciclos principais, segundo Ramezov (1959): o geoquímico, que envolve os processos de entrada e saída de nutrientes no ecossistema e o biológico, que trata das transferências no interior do ecossistema. Para o último, Switzer e Nelson (1972) propuseram uma divisão em ciclo biogeoquímico, para transferências entre o solo e a planta, e bioquímico, para o processo de translocação dentro da planta.

As entradas de nutrientes podem ser através das deposições atmosféricas, secas e úmidas, intemperismo geológico, fixação biológica de nitrogênio e fertilização, enquanto as saídas incluem a volatilização pelas queimadas ou pela desnitrificação, lixiviação e erosão hídrica, assim como, pela colheita da biomassa (PRITCHETT, 1990).

Quanto aos ciclos bioquímicos, a retranslocação dos nutrientes de tecidos em senescência para regiões na planta com maior atividade metabólica, é uma importante estratégia para aumentar a eficiência de utilização dos nutrientes com alta mobilidade no tecido vegetal, e reduzir as perdas no processo de deposição de serapilheira (POGGIANI e SCHUMACHER, 2004).

Ao estudar povoamentos de *Eucalyptus saligna*, Gonçalves et al. (2004), puderam constatar uma retranslocação média de nutrientes, das folhas decíduas

para outros drenos das árvores, entre o oitavo e o nono ano de idade, da seguinte ordem: 79% do N, 67% do P, 81% do K, 51% do Mg, 18% do B, 79% do Zn, 37% do Cu, 28% do Fe e 14% do Mn, e para os galhos decíduos: 67% do N, 66% do P, 87% do K, 48% do Mg, 38% do B, 66% do Zn, 17% do Cu, 30% do Fe e 52% do Mn. A partir disso, esses pesquisadores concluíram que, em povoamentos adultos, grande parte da demanda anual de nutrientes é suprida pela ciclagem de nutrientes.

Para Cintra (2004), a quantidade de nutrientes que será translocado depende da mobilidade do elemento, da espécie vegetal, do estoque de nutrientes no solo do estágio sucessional no qual a vegetação se encontra. Ressalta ainda que é frequente a incapacidade do solo de manter nutrientes em estoque e disponibilizá-los para a absorção nas raízes quando for necessário.

Larcher (2006) descreve o processo de ciclagem de nutrientes como a retirada de elementos minerais através das raízes, com a manutenção dos mesmos na biomassa, até o momento em que ocorra a decomposição da serapilheira e os nutrientes absorvidos retornam ao solo.

De acordo com Vale (2004), no Brasil, a maioria das plantações de eucaliptos estão estabelecidas em solos com pH inferior a 5,5, com saturação de alumínio (Al) de até 90%, apresentando baixos teores de matéria orgânica, além de teores limitantes de fósforo (P), nitrogênio (N) e cálcio (Ca).

Para Barros e Novais (1990), de forma geral as espécies do gênero *Eucalyptus* apresentam tolerância a altas concentrações de alumínio na solução do solo, à baixa fertilidade dos solos e a níveis de cálcio e magnésio inferiores aos estabelecidos como critérios para grande parte das culturas.

Os mecanismos que possibilitam a tolerância ao alumínio (Al) são vários, em sua maioria, de cunho fisiológico. (POSCHENRIEDER et al., 2008). A tolerância a esta condição possivelmente esta relacionada à baixa exigência nutricional, além da eficiência de utilização de nutrientes por essas árvores, além de seu profundo sistema radicular (GONÇALVES, 2011).

Santos et al. (2007) destacam a importância dos aspectos nutricionais na produção de sementes no gênero *Eucalyptus*. De acordo com o autor é necessário o monitoramento nutricional anual, através de análises de solo e tecido vegetal. Dessa forma identificando a possível necessidade de reposição de algum elemento importante para a produção de sementes.

Para Miao et al. (1991) o estado nutricional de uma planta irá determinar a viabilidade de suas sementes. Plantas que apresentam deficiência nutricional tendem a produzir poucas sementes e de tamanhos variados, possivelmente com baixo vigor.

Segundo Pinto Jr. (1978) a nutrição afeta diretamente o balanço entre o crescimento vegetativo e reprodutivo de árvores de *Pinus sp.* O mesmo autor destaca que vários estudos apontam para o aumento da floração através de adubações nitrogenadas, porém, parece não haver indução de florescimento em árvores que anteriormente não floresciam.

Para Daniel (1982) o uso de fertilizantes eleva a produção de sementes e pode induzir o florescimento precoce. O momento de aplicação do fertilizante tem grande importância. Quando aplicado na primavera, momento em que ocorre a diferenciação dos primórdios florais o estímulo de florescimento tende a ser maior.

Conforme Pinto Jr. (1978) a resposta à fertilização em plantas apresenta grande variação entre espécie, entre indivíduos da mesma espécie, idade das árvores, condições climáticas, fertilidade do solo, manejo e características genéticas. Para algumas situações a fertilização teve maior efeito quando associada a outros manejos, como por exemplo, a irrigação.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da Área de Estudo

A pesquisa foi conduzida em uma área de produção de sementes (APS) de *Eucalyptus benthamii* com 6 anos de idade, localizado no município de São Francisco de Assis, pertencente à empresa StoraEnso Florestal RS, com coordenadas 29° 23' 52" S e 55° 12' 36" O, em uma altitude de 191 metros. O município de São Francisco de Assis localiza-se na região oeste do estado do Rio Grande do Sul (Figura 3).

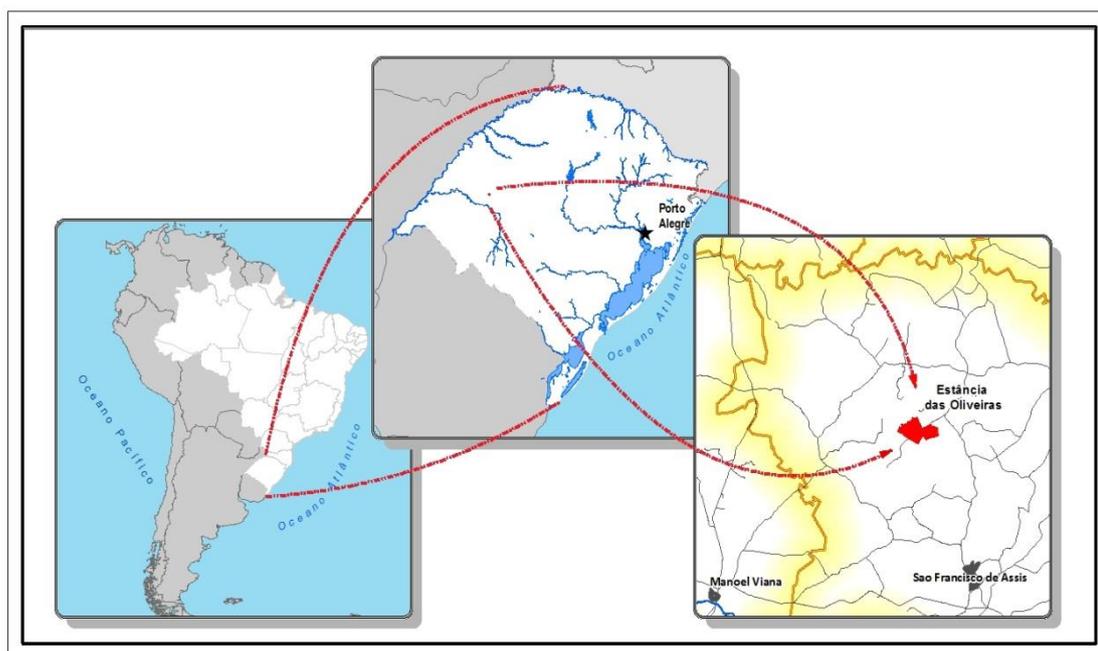


Figura 3 – Detalhe da localização geográfica da área do estudo no município de São Francisco de Assis – RS.

Fonte: Stora Enso Florestal RS (2014).

O município de São Francisco de Assis, está inserido no bioma Pampa, sendo um dos maiores municípios do estado do Rio Grande do Sul em extensão territorial,

ocupando 2.508,464 km², parte de um importante polo regional de produção agropecuária, (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010).

4.1.1 Geologia, relevo e vegetação

A região caracteriza-se geologicamente por derrames basálticos, afloramentos areníticos e grandes aluviões nas planícies fluviais. O relevo é suave e geralmente entre 60 a 120 metros de altitude, ultrapassando 300 metros em coxilhas suaves (DEFAP;UFSM, 2002).

A vegetação campestre é predominante na região, formando vassourais em alguns locais. Às margens de cursos de água ocorrem matas de galerias, pobres em sua maioria, com aspecto arbustivo. Ao longo de grandes rios e na base dos tabuleiros existem matas latifoliadas e esporadicamente capões no meio do campo (DEFAP;UFSM, 2002).

4.1.2 Clima

Para Maluf (2000), o clima da região caracteriza-se como sendo, subtropical úmido, com precipitação média anual de 1.700 mm, com chuvas mais frequentes no outono e inverno e mais escassas no verão, mas sem uma estação de seca definida, calor intenso nos meses de janeiro e fevereiro, onde a temperatura média do mês mais quente é de 22 °C, e a média anual é de 18 °C. No inverno ocorrem temperaturas negativas e formação de geadas entre os meses de maio a agosto, com umidade relativa do ar anual de 70% e evapotranspiração potencial de 970 mm. Há ventos dominantes do Sudoeste no inverno e Nordeste na primavera.

4.1.3 Solo

Para Petri e Fúlfaro (1983) o sudoeste gaúcho litologicamente é constituído por rochas vulcânicas e sedimentares as quais respondem de maneira diferente aos processos superficiais, determinando assim formas distintas de relevo e, por consequência, formas distintas de uso da terra. A região é composta por rochas vulcânicas da Formação Serra Geral sobreposta a rochas sedimentares continentais das Formações Botucatu e Guará, ambas respectivamente de origem eólica e predominantemente fluvial do período Jurássico-Cretáceo, pertencentes aos depósitos continentais da Bacia do Paraná.

Segundo Streck et al. (2008), na região de São Francisco de Assis encontram-se duas unidades litológicas distintas, a formação Serra Geral e Botucatu, com predominância de solos com textura arenosa. Para Verdum (2004), no município de São Francisco de Assis, ocorrem quatro classes de solos: Latossolos, Argissolos, Planossolos e Litossolos.

A área de produção de sementes esta implantada em Argissolo Vermelho Distrófico Arênico, textura média à moderada. Envolve solos profundos, bem drenados, de textura areia franca ou franco arenosa em superfície, seguidos de textura franco argilo arenosa nos horizontes mais profundos.

Conforme a tabela 1 o solo possui textura arenosa, variando de franco-arenosa, com média de 62% de areia. Apresentou, ainda, baixa matéria orgânica (MO); pH muito baixo; teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) baixos; teores de potássio (K) e fósforo (P) muito baixos; teor de enxofre (S) alto nas camadas de 0-20, 20-40 e 40-100 cm de profundidade; CTCpH7 média; V% muito baixa; m% alta, conferindo baixa fertilidade natural ao solo; teores de boro (B) e cobre (Cu) baixos a médios e ainda com teores médios de zinco (Zn); segundo a interpretação sugerida pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2004).

São solos com declividade suave e pendentes longas, apresentando alto risco erosivo, as estradas são drenadas com retirada da água a cada 70 a 80 metros, a colheita pode ser realizada sem problemas de trafegabilidade durante todo o ano (STORAENSO, 2014).

A partir da análise dos atributos químicos (Tabela 1), pode-se observar que existe diferença apenas entre as profundidades para a matéria orgânica (MO), para

o fósforo (P) e o enxofre (S), com isto, observa-se que existe homogeneidade no solo nestas profundidades no local do estudo. De fato, não pode ser observada nenhuma divisão de horizontes nos primeiros 100 cm de profundidade do solo.

Quanto à qualidade química do solo, preconizando a Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004), o teor de matéria orgânica é considerado muito baixo ($\leq 2,5\%$) o pH em água e o fósforo (P) disponíveis também são considerados muito baixos ($\leq 5,0$; e $7,0 \text{ mg dm}^{-3}$ respectivamente), o potássio (K) trocável é médio nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm ($31- 45 \text{ mg dm}^{-3}$).

O solo do local do estudo é do tipo Argissolo Vermelho distrófico Arênico, com elevada profundidade, fortemente drenados, de textura franca até 50 cm de profundidade, seguidos de textura franco arenosa e/ou franco argilo arenosa nos horizontes mais profundos. As características físicas do solo implicam em menor fertilidade deste, em função da pouca retenção de cátions e ânions, incorrendo em elevada lixiviação dos nutrientes.

Tabela 1 – Atributos físicos e químicos do solo (Argissolo Vermelho Distrófico Arênico) na área do estudo no município de São Francisco de Assis – RS.

Atributo	Unidade	Profundidades (cm)		
		0 - 20	20 - 40	40 - 100
DS	g cm^{-3}	1,44 ^a	1,44a	1,41a
AG	%	45,69a	47,71a	53,62a
AF	%	15,08a	9,65a	15,18a
Silte	%	27,06a	29,14a	18,37a
Argila	%	12,16a	13,49a	12,83a
MO	%	0,79 ^a	0,66b	0,53c
pH	(1:2,5 _{água})	4,47 ^a	4,55a	4,56a
Al	$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	1,07 ^a	1,4a	0,97a
Ca	$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	0,27 ^a	0,3a	0,28a
Mg	$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	0,40 ^a	0,41a	0,36a
P	mg dm^{-3}	3,93ab	3,2b	5,47a
K	mg dm^{-3}	36,73a	32,97a	21,88a
t	$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	1,84 ^a	2,2a	1,67a
T	$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$	4,34 ^a	4,18a	4,15a
V	%	17,61a	18,92a	16,75a
M	%	58,27a	62,65a	55,2ab

(continua)

S	mg dm ⁻³	4,97b	9,27b	18,87a
B	mg dm ⁻³	0,39 ^a	0,30a	0,25a
Cu	mg dm ⁻³	0,33 ^a	0,16a	0,17a
Zn	mg dm ⁻³	0,30 ^a	0,18a	0,54a

Onde: Densidade do solo (DS); Areia Grossa (2 – 0,2 mm) (AG); Areia Fina (0,2-0,05mm) (AF); Silte (0,05 – 0,002mm); Argila(<0,002 mm); Matéria Orgânica (MO); CTCefetiva (t); CTCpH7 (T). Letras diferentes na vertical indicam diferenças significativas entre os macronutrientes da biomassa, ao nível de 0,05 de significância, pelo teste de Tukey.

4.2 Metodologia do estudo

4.2.1 Caracterização do Povoamento

Para o estudo se utilizou uma Área de Produção de Sementes (APS), proveniente de plantio estabelecido com material seminal de *Eucalyptus benthamii*, em área total de 3,21 hectares e 513 árvores matrizes com 6 anos de idade (Figura 4).

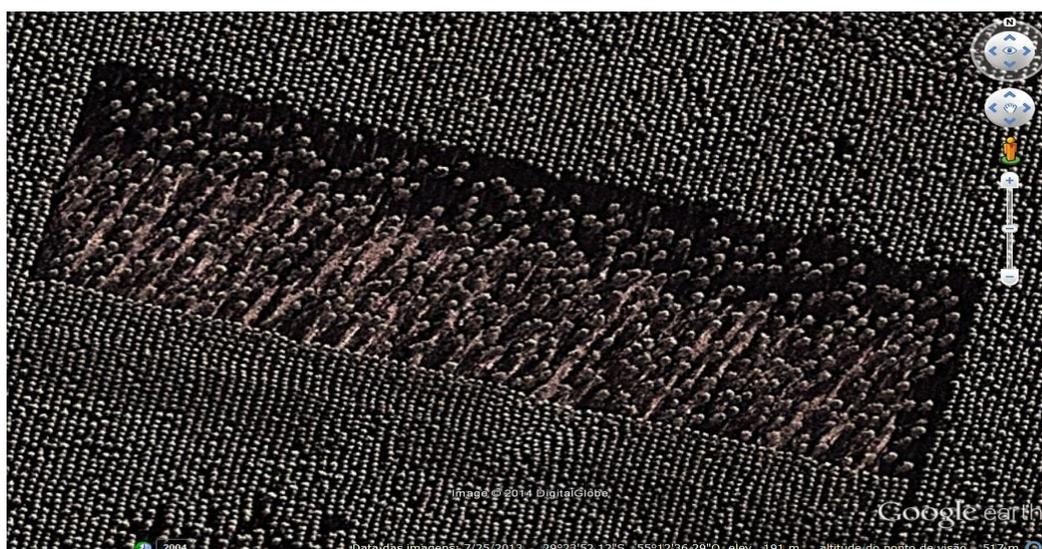


Figura 4 – Detalhe da Área de Produção de Sementes de *Eucalyptus benthamii* no município de São Francisco de Assis – RS.

Fonte: Google Earth (2014).

Para a implantação da área foram realizadas atividades de marcação e construção de estradas e aceiros, controle de formigas, aplicação de herbicida, subsolagem e fosfatagem, plantio, replantio e adubação pós-plantio. A subsolagem foi realizada em agosto de 2007, utilizando subsolador com 3 hastes, incorporando fosfato natural (400 kg ha^{-1}) no centro e a 40 cm de profundidade, mais grade leve (para melhorar efeito do herbicida pré-emergente).

O plantio foi realizado em setembro de 2007 utilizando mudas seminais de *Eucalyptus benthamii*, no espaçamento 3,5 m x 2,0 m, totalizando uma densidade inicial de $1428 \text{ plantas ha}^{-1}$.

Foram realizadas três fertilizações pós-plantio, sendo a primeira em 15 dias após o plantio, utilizando o $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$ 06:30:06 + 0,6 % B, $150 \text{ g planta}^{-1}$ ($214,2 \text{ kg ha}^{-1}$) dividido em duas sub-doses de 75 gramas incorporadas a 15 cm de cada lado da muda. A segunda adubação foi realizada aos 90 dias pós-plantio, utilizando o $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$ 22:01:18 + 0,3 % B + 0,2 % Cu, $140 \text{ g planta}^{-1}$ (200 kg ha^{-1}) aplicadas manualmente na projeção da copa. A terceira adubação foi realizada aos 270 dias, utilizando o fertilizante $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$ 22:01:18 + 0,3 % B + 0,2 % Cu, $140 \text{ g planta}^{-1}$ (200 kg ha^{-1}) aplicadas mecanicamente na entre linha.

No ano de 2011, quando o povoamento estava com quatro anos e apresentava florescimento precoce, a área foi transformada em APS – Área de Produção de Semente, onde foram mantidas 160 árvores por hectare da população inicial. Essas árvores foram selecionadas fenotipicamente por alto, com o objetivo de selecionar as melhores matrizes para a produção de sementes, buscando manter uma boa distribuição das árvores dentro da área.

4.2.2 Caracterização dendrométrica do povoamento

Como a escolha das matrizes se deu através de seleção fenotípica por alto buscando características desejadas para árvores matrizes futuras produtoras de sementes, apenas os melhores indivíduos do plantio inicial foram mantidos na área do estudo, devido a isso, a variação diamétrica é baixa entre as matrizes, ficando as distinções nas características fenotípicas. Pode-se desta forma considerar que é muito alta a uniformidade das matrizes presentes na área do estudo.

Com o manejo nutricional estabelecido para a produção de sementes, todas as árvores matrizes deveram receber o rebaixamento de copa a 10 ou 12 metros do nível do solo, isso, para que as operações de colheita dos frutos possam ser facilitadas, bem como todos os demais manejos que necessitem ser realizados, nas matrizes com as copas mais próximas do solo.

Para determinar as árvores a serem abatidas para o estudo, realizou-se um censo na APS, chegando-se a três classes de diâmetro, limite inferior, classe central e limite superior, conforme apresentado na Tabela (2), três árvores foram abatidas em cada classe de diâmetro.

Tabela 2 – Classes de diâmetro nas árvores de *Eucalyptus benthamii*, aos 6 anos de idade, no município de São Francisco de Assis – RS.

INTERVALOS DE CLASSE (cm)			
CLASSE	Limite Inferior	Classe Central	Limite Superior
1 ^a	22,0	23,5	25,5
2 ^a	25,1	26,5	28,0
3 ^a	28,1	29,5	31,0

4.2.3 Amostragem e determinação da biomassa

Na área destinada ao estudo foi realizado um censo, ou seja, todas as árvores tiveram seus diâmetros aferidos, para a determinação das classes de diâmetro.

Para a determinação da biomassa acima do solo, foram selecionadas nove árvores médias, sendo três em cada classe de diâmetro.

As matrizes foram abatidas em janeiro de 2014, as árvores foram seccionadas ao nível do solo e fracionadas nos seguintes componentes: frutos (cápsulas seminais), folhas, galhos, casca do tronco, madeira do tronco e raiz. A biomassa total de cada componente foi pesada no campo com balança de gancho e realizada a coleta de amostra representativa de cada compartimento quantificado, as

amostras foram coletadas para a determinação de matéria seca e realização das avaliações nutricionais.

Para estimar a biomassa das raízes, utilizou-se as três árvores centrais de cada classe de diâmetros abatidas para a determinação da biomassa acima do solo. O sistema radicular das árvores foi removido por escavação manual e auxílio de retroescavadeira, com remoção manual e lavagem do solo aderido às raízes, pesagem da biomassa total em campo e coleta de amostra representativa para a determinação da massa seca e a realização das análises químicas deste componente.

Todas as amostras coletadas em campo foram pesadas com balança de precisão e acondicionadas em sacos de papel. As determinações das concentrações dos elementos na biomassa e no solo foram realizadas no Laboratório de Ecologia Florestal do Departamento de Ciências Florestais/UFSM. Estas amostras foram secas a 70 °C, em estufa de circulação e renovação de ar, até a estabilização do peso, para determinação do teor de umidade, onde a partir deste teor foi possível determinar os valores totais de biomassa acima e abaixo do solo, para cada compartimento estudado.

Para a determinação da biomassa total por hectare, realizou-se uma extrapolação com base no número de árvores presentes em cada uma das classes de diâmetro.

4.2.4 Análise estatística

Os resultados foram analisados estatisticamente através do pacote SAS *for Windows* (2003), por meio do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro, considerando-se o delineamento inteiramente casualizado, onde cada árvore amostrada correspondeu a uma repetição, para cada componente da biomassa estudado.

4.2.5 Nutrientes na biomassa

Após a secagem, as amostras foram moídas em moinho de lâminas do tipo Wiley com peneira de 20 mesh. As determinações analíticas de macro nutrientes: N, P, K, Ca, Mg e S, e dos micronutrientes: B, Cu, Fe, Mn e Zn, foram realizadas segundo a metodologia sugerida por Tedesco et al. (1995). As análises químicas das amostras dos nutrientes na biomassa foram realizadas no Laboratório de Ecologia Florestal do Departamento de Ciências Florestais/UFSM.

Tabela 3 – Descrição dos procedimentos analíticos utilizados na determinação dos nutrientes, em amostras de tecido vegetal.

Nutriente	Digestão	Método	Comprimento de onda (nm)
N	Sulfúrica (H ₂ SO ₄ + H ₂ O ₂)	Kjeldahl	–
Ca	Nítrica-perclórica (HNO ₃ + HClO ₄) [3:1]	Espectrofotometria de absorção atômica	422,67
Mg			285,21
Cu			324,75
Fe			248,33
Mn		279,48	
Zn		213,86	
K		Fotometria de chama	–
P	Espectrofotometria	660,00	
S	Turbidimetria	420,00	
B	Seca	Espectrofotometria	460,00

A quantidade de nutrientes em cada um dos componentes das árvores, foi obtida através do produto entre a biomassa e a concentração de nutrientes em cada um dos referidos componentes. A estimativa do estoque de nutrientes na biomassa por hectare foi realizada pela extrapolação do estoque médio de nutrientes com base na área amostrada.

4.2.6 Estimativa do estoque de nutrientes disponíveis no solo

Para estimar o estoque de nutrientes no solo até 100 cm de profundidade e para a análise física, foram coletadas amostras nas trincheiras onde se coletaram as raízes, ou seja, nas camadas de 0 - 20 cm, 20 - 40 cm e 40 - 100 cm. Durante a coleta de solo para a análise química, também foram coletados, nos mesmos pontos, amostras com anéis volumétricos, para avaliação da densidade do solo.

A estimativa do estoque de nutrientes no solo, nas camadas de 0 - 20 cm, 20 - 40 cm e 40 - 100 cm de profundidade, foi realizada através do produto entre a concentração de nutrientes e a densidade de solo obtida no ponto médio de cada camada. No caso do nitrogênio, como a maioria do nitrogênio (N) total está contida em formas pouco ou não-disponíveis (frações húmicas muito estáveis), para efeito de cálculo, será considerado apenas 10% como disponível para as plantas (GONÇALVES; et al., 2001).

4.2.7 Intensidade de colheita da biomassa

Na operação de colheita dos frutos, parte da copa é removida juntamente das cápsulas seminais. A exportação de nutrientes foi obtida com base nos cenários estabelecidos para a colheita da biomassa, além de colher os frutos, parte dos galhos e folhas também serão removidos nesta operação.

Três cenários de colheita foram avaliados:

- 1º Cenário: Colheita de 30% da biomassa de galhos e folhas junto dos frutos.
- 2º Cenário: Colheita de 50% da biomassa de galhos e folhas junto dos frutos.
- 3º Cenário: Colheita de 100% da biomassa de galhos e folhas junto dos frutos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Solos e nutrientes

5.1.1 Análise química do solo

Ao considerar a quantidade de nutrientes no solo, pode-se observar que a quantidade de nitrogênio (N) tende a diminuir nas maiores profundidades, devido à diminuição da matéria orgânica (Tabela 4). Já o fósforo (P) está mais presente em profundidades superiores a 40 cm, devido a adubação fosfatada que a plantação recebeu nesta profundidade e a baixa mobilidade deste elemento no solo, já elementos como potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) que apresentam grande mobilidade no solo, tendem a apresentar maiores concentrações abaixo de 20 cm de profundidade.

Tabela 4 – Quantidade de nutrientes no solo nas diferentes profundidades, na área do estudo, no município de São Francisco de Assis - RS.

Profundidade (cm)	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Zn
	(kg ha ⁻¹)								
0-20	794,7	7,87	73,46	108,0	96,48	7,15	3,67	8,68	35,2
20-40	664,7	6,40	65,94	121,3	97,92	6,77	4,40	8,36	37,8
40-100	525,3	32,8	131,28	340,0	257,04	20,72	9,99	24,9	100,0

Conforme pode ser observado na tabela 4, as quantidades de nutrientes disponíveis no solo são baixas. Em especial para elementos essenciais aos processos reprodutivos das árvores como os macronutrientes nitrogênio (N) e o fósforo (P) e o micronutriente boro (B). Evidenciando dessa forma a necessidade de adubações complementares para a garantia na produção de frutos.

Guimarães (2014) ao estudar *Eucalyptus dunnii*, *Eucalyptus grandis* e o híbrido *urograndis* na região do bioma Pampa em Argissolo Vermelho Distrófico Típico no município de Alegrete, encontrou na profundidade de 0 – 20 cm uma média de 2399,0 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N), também foram observados valores superiores para fósforo (P) e potássio (K) ultrapassando em até três vezes os valores encontrados no presente estudo.

5.2 Biomassa de *Eucalyptus benthamii*

É importante destacar que os aspectos silviculturais dessa Área de Produção de Sementes de *Eucalyptus benthamii*, aos seis anos de idade, não podem ser comparados em termos produtivos, com plantações da espécie com a mesma idade.

Isso porque o número de matrizes é muito reduzido, em relação aos povoamentos comerciais. Para essa condição, onde existem 160 árvores por hectare, estimou-se uma biomassa total na ordem de 47,59 Mg ha⁻¹. Para o manejo da APS aspectos operacionais, principalmente na colheita da biomassa devem ser observados com atenção, visando que o impacto nas árvores seja o menor possível, objetivando dessa forma à manutenção dos nutrientes através da ciclagem da biomassa. Removendo juntamente dos frutos as menores porções possíveis de folhas e galhos. Componentes esses que concentram importantes porções de nutrientes em sua massa.

A distribuição da biomassa apresentou a seguinte proporcionalidade: madeira do tronco > raiz > casca do tronco > galhos > folhas > frutos. Comportamento semelhante para os demais componentes foi observado por Beulch (2013) ao estudar um povoamento de *Eucalyptus saligna* aos quatro anos e Guimarães (2014) ao estudar as espécies; *Eucalyptus dunnii*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus grandis*, também aos quatro anos de idade. Fatores genéticos, ambientais e silviculturais influenciam diretamente na capacidade produtiva das plantações, no entanto, para Barros e Comerford (2002) o tipo de solo e a disponibilidade nutricional são os principais fatores influenciando a produção em plantações florestais.

Tabela 5 – Biomassa nos diferentes componentes das árvores de *Eucalyptus benthamii*, aos 6 anos, em São Francisco de Assis - RS.

Componente	(Mg ha ⁻¹)	(%)
Madeira	29,57	62,14%
Raiz	6,24	13,11%
Galhos	4,85	10,19%
Casca	3,93	8,25%
Folhas	2,97	6,26%
Frutos	0,02	0,05%
Total	47,59	100%

Considerando os resultados obtidos em outros trabalhos de biomassa sobre o gênero *Eucalyptus*, percebe-se que os valores obtidos no presente estudo são menores, em virtude do número reduzido de matrizes que ocupam a área, conforme abordado anteriormente. Para *Eucalyptus globulus* subespécie *maidenii* aos quatro anos de idade, Schumacher e Caldeira (2001) estimaram biomassa acima do solo em 83,2 Mg ha⁻¹.

Em situação edáfica de baixa fertilidade, um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* com quatro anos, apresentou biomassa total acima do solo de 74,49 Mg ha⁻¹, no Distrito Federal (GATTO et al., 2014).

Na mesma área do presente estudo, em um povoamento destinado à produção de madeira, situação diferente da presente pesquisa, Beulch (2013) avaliou a produção de biomassa de *Eucalyptus saligna* aos quatro anos em São Francisco de Assis, RS, encontrou 88,81 Mg ha⁻¹, com 76,8% fração madeira, 9,3% casca, 7,9% galhos e 6,0% folhas.

Fica evidenciado dessa forma que o menor volume encontrado está diretamente relacionado ao manejo que se deu na área do estudo, mantendo um número reduzido de matrizes com o objetivo de produzir sementes.

5.3 Estoque de nutrientes na biomassa de *Eucalyptus benthamii*

Apesar de a madeira ser o componente de maior proporção da biomassa acima do solo em povoamentos florestais, a concentração de nutrientes é maior nas folhas, galhos e frutos das plantas. Isto se deve ao fato destes compartimentos serem diretamente relacionadas a produção de carboidratos e reprodução da planta. Segundo Viera (2012), em povoamentos florestais com rotações sucessivas, a compartimentalização dos nutrientes na biomassa é de suma importância para as tomadas de decisões em relação ao manejo das plantações.

Podemos observar que existe grande concentração de nutrientes nos frutos, sendo este superado apenas pelo compartimento folhas. Porém, quando analisamos no contexto geral, essas concentrações representam baixíssimas proporções, isso porque, esse compartimento representou apenas 0,05 % da biomassa total, o que representa, 0,02 Mg ha⁻¹.

De acordo com a Tabela (6) todos os macronutrientes apresentam maiores concentrações nas folhas e nos frutos, com destaque especial para elementos importantes para os processos reprodutivos como nitrogênio (N) e potássio (K), que possuem grandes concentrações nesses componentes.

Beulch (2013) ao estudar um clone de *Eucalyptus saligna*, aos 4 anos de idade, no mesmo sítio observou comportamento semelhante na concentração de macronutrientes, com as maiores concentrações nas folhas, onde encontrou 16,36 g kg⁻¹ de nitrogênio (N) neste componente. Ficando abaixo da concentração observada para o *Eucalyptus benthamii*, aos 6 anos de idade, que foi de 22,85 g kg⁻¹.

Guimarães (2014) também encontrou as maiores concentrações de macronutrientes nas folhas ao estudar *Eucalyptus dunnii*, *Eucalyptus grandis* e o híbrido Urograndis, aos 4 anos e 6 meses de idade, no bioma Pampa, tendo 17,9 g kg⁻¹, 18,3 g kg⁻¹ e 17,8 g kg⁻¹ de nitrogênio (N) para as espécies respectivamente.

Malavolta et al. (1974), Destacam que de maneira geral, as concentrações dos nutrientes na copa inteira são mais baixas em relação aos teores de nutrientes usualmente encontrados, apenas nas folhas dos eucaliptos. Porém é preciso salientar que para os elementos potássio (K) e cálcio (Ca) as concentrações encontradas nos galhos de *Eucalyptus benthamii* foram muito próximas das

concentrações foliares. Isto evidencia que estes elementos ainda estão muito acumulados nos ramos.

Laclau et al. (1999) estudando plantações de *Eucalyptus urophylla* x *Euacalyptus grandis*, híbrido Urograndis aos sete anos no Congo, encontraram as maiores concentrações de nutrientes nas folhas e nos galhos respectivamente. Estando de acordo com os resultados encontrados nesse trabalho. Tendo em vista que os pesquisadores não avaliaram o componente fruto, que no presente estudo possui a segunda maior concentração de nutrientes, sendo superado pelas folhas.

Tabela 6 – Concentração de macronutrientes nos componentes das árvores de *Eucalyptus benthamii*, em São Francisco de Assis – RS.

Componente	N	P	K	Ca	Mg	S
	(g kg ⁻¹)					
Folhas	22,85 a	1,48 a	10,86 b	4,26 b	2,25 bc	1,33 a
Frutos	15,88 b	1,67 a	12,67 a	3,83 b	2,56 ab	1,17 a
Galhos	7,26 c	0,74 b	6,56 cd	4,98 b	1,38 d	0,40 bc
Madeira	1,61 d	0,38 c	1,94 e	0,69 b	0,21 e	0,21 c
Casca	2,93 c	0,56 b	3,65 c	5,87 a	2,86 a	0,26 bc
Raiz	7,49 c	1,53 a	5,38 d	3,11 b	1,88 c	0,48 b

Onde: letras diferentes na vertical indicam diferenças significativas entre os macronutrientes da biomassa, ao nível de 0,05 de significância, pelo teste de Tukey.

Quanto aos micronutrientes, existiram diferenças significativas na concentração nos diferentes componentes da biomassa (Tabela 7).

Observa-se a alta concentração de cobre (Cu) nos frutos das árvores. Este resultado não é surpreendente uma vez que este nutriente está diretamente ligado aos processos reprodutivos das plantas. A contaminação do solo por óxido de ferro explica o alto teor de Ferro (Fe) nas raízes.

Comportamento semelhante ao observado nos macronutrientes se repete para os micronutrientes, onde as maiores concentrações dos elementos avaliados estão nas folhas seguidos pelos frutos. Porém os frutos nas proporções gerais da biomassa se tornam insignificantes em termos representativos na totalidade da biomassa.

Beulch (2013) ao estudar *Eucalyptus saligna* no mesmo sítio, aos 4 anos de idade, observou comportamento semelhante para a concentração de micronutrientes nos componentes da biomassa, com variação de concentrações nos componentes avaliados. Para o manganês (Mn) a maior concentração se deu na casca, onde se observou 1845,03 mg kg⁻¹, valor muito superior ao encontrado no *Eucalyptus benthamii*, aos 6 anos de idade, que foi de 449,57 mg kg⁻¹. Onde as maiores concentrações de manganês (Mn) estão nas folhas com 841,17 mg kg⁻¹.

Guimarães (2014) também observou variação nas concentrações de micronutrientes nos diferentes componentes da biomassa, para *Eucalyptus dunnii*, *Eucalyptus grandis* e o híbrido Urograndis. O elemento boro (B), esta com as maiores concentrações nas folhas para as três espécies, assim como no *Eucalyptus benthamii*, onde foi encontrado 24,59 mg kg⁻¹. Já o zinco (Zn) está com as maiores concentrações nas folhas no *Eucalyptus dunnii* e Urograndis, no *Eucalyptus grandis*, as maiores concentrações de zinco (Zn) estão nas raízes. No *Eucalyptus benthamii* o zinco (Zn) está mais concentrado nos frutos, com 28,99 mg kg⁻¹.

O ferro (Fe) é o elemento com as maiores concentrações nas raízes, assim como nos estudos apresentados com outras espécies do gênero. Guimarães (2014) encontrou 1351,4 mg kg⁻¹ de ferro (Fe) nas raízes de *Eucalyptus dunnii*, aos 4 anos e 6 meses de idade. Para o *Eucalyptus benthamii* a concentração encontrada foi de 748,16 mg kg⁻¹.

Tabela 7 – Concentração de micronutrientes nos componentes da biomassa das árvores de *Eucalyptus benthamii*, no município de São Francisco de Assis – RS.

Componente	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	(mg kg ⁻¹)				
Folhas	24,59 a	7,23 b	129,49 b	841,17 b	15,21 bc
Frutos	19,07 ab	10,95 a	65,02 bc	572,78 c	28,99 a
Galhos	12,35 b	7,30 b	48,90 bc	623,65 c	20,81 b
Madeira	3,59 b	1,49 d	23,51 bc	64,79 d	15,42 bc
Casca	7,98 c	2,28 c	47,55 c	449,57 a	14,56 c
Raiz	13,07 b	3,11 cd	748,16 a	247,06 d	27,32 a

Onde: letras diferentes na vertical indicam diferenças significativas entre os micronutrientes da biomassa, ao nível de 0,05 de significância, pelo teste de Tukey.

Conforme se observa na Tabela 8, a maior parte dos macronutrientes está armazenado na madeira por ser o componente mais representativo da biomassa em termos percentuais, com 62,14 % da biomassa total, com exceção do nitrogênio (N) que teve sua maior concentração nas folhas.

Beulch (2013) ao estudar *Eucalyptus saligna*, aos 4 anos de idade, no mesmo sítio, encontrou 89,09 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N) armazenado nas folhas. No presente estudo o nitrogênio (N) presente nas folhas corresponde a 67,89 kg ha⁻¹. Os galhos e a casca também apresentam estoque significativo de elementos importantes para os mecanismos reprodutivos como fósforo (P), potássio (K) e cálcio (Ca), que devem ser observados com atenção para garantir a produção de frutos.

Guimarães (2014) encontrou as maiores quantidades de nitrogênio (N) nas folhas para *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii*. Para o híbrido Urogradis a maior quantidade de nitrogênio (N) esta na madeira. O mesmo autor encontrou as maiores quantidades de cálcio (Ca) na casca para as três espécies avaliadas. Diferente do *Eucalyptus benthamii*, onde a maior quantidade de cálcio (Ca) esta presente nos galhos. Já o potássio (K) esta com as maiores quantidades acumuladas na madeira, assim como no *Eucalyptus benthamii*.

Tabela 8 – Quantidade de macronutrientes na biomassa de *Eucalyptus benthamii*, em São Francisco de Assis – RS.

Componente	N	P	K	Ca	Mg	S
	(kg ha ⁻¹)					
Folhas	67,89	4,39	32,28	12,65	6,69	3,97
Frutos	0,37	0,04	0,29	0,09	0,06	0,03
Galhos	35,21	3,58	31,85	24,14	6,70	1,95
Madeira	47,67	11,33	57,33	20,52	6,29	6,17
Casca	11,52	2,21	14,34	23,04	4,68	1,00
Raiz	46,68	9,51	33,53	19,41	11,72	2,99
Total	209,34	31,07	169,62	99,85	36,13	16,10

Analisando a Tabela 9, podemos observar que para os micronutrientes os maiores estoques também estão na madeira, ficando a exceção para o manganês

(Mn) que apresentou maiores proporções na casca e o ferro (Fe) que esta mais presente nas raízes. Da mesma forma grande parte do estoque de nutrientes esta presente nas folhas, galhos e casca. As concentrações de ferro (Fe) são bastante elevadas nas raízes.

Comportamento semelhante foi observado por Guimarães (2014) ao estudar *Eucalyptus dunnii*, *Eucalyptus grandis* e o híbrido Urograndis, aos 4 anos e 6 meses de idade, onde observou que as maiores quantidades de boro (B) estão na madeira, o mesmo se observou no *Eucalyptus benthamii*. De acordo com o mesmo autor, o ferro (Fe) esta mais presente nas raízes, o mesmo resultado foi encontrado neste estudo.

Já Beulch (2013) ao estudar *Eucalyptus saligna*, aos 4 anos de idade, no mesmo sítio, encontrou as maiores quantidades de manganês (Mn) presentes na madeira, resultados semelhantes aos encontrados nesse trabalho, assim como observados por Guimarães em (2014).

Tabela 9 – Quantidade de micronutrientes na biomassa de *Eucalyptus benthamii*, em São Francisco de Assis – RS.

Componente	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	(g ha ⁻¹)				
Folhas	73,07	21,47	384,76	2499,45	45,19
Frutos	0,44	0,25	1,50	13,21	0,67
Galhos	59,91	35,42	237,27	3026,31	100,97
Madeira	106,23	44,02	695,28	1916,21	456,00
Casca	31,34	8,95	186,76	1765,75	57,17
Raiz	81,48	19,41	4665,52	1540,68	170,39

5.4 Colheita da biomassa

O manejo de colheita da biomassa ideal para a Área de Produção de Sementes seria aquele onde apenas os frutos fossem removidos, dessa forma o sistema estaria em equilíbrio nutricional apenas na ciclagem biogeoquímica, pelo fato do compartimento frutos representar menos de 1% da biomassa total.

Porém, do ponto de vista operacional, coletar os frutos apenas é algo muito difícil de praticar, dessa forma, no momento da coleta, parte das folhas e galhos também serão removidos. Para a definição do manejo nutricional a ser adotado, três cenários de colheita da biomassa foram considerados.

Para o cenário de colheita 1 (Figura 5), onde serão removidos 30% dos galhos, além de 30 % das folhas e todos frutos, os elementos constituintes da biomassa nesses componentes, considerando os macro e micronutrientes que terão sua maior proporção exportada, serão em termos percentuais respectivamente; Mn > N > Mg > Cu > B > K > Mg > S > Ca > P > Zn > Fe.

Esse é o cenário com o menor impacto nos aspectos nutricionais e silviculturais, pois pequenas porções dos componentes galhos e folhas serão exportados. Porém é importante ressaltar que não será possível assegurar que todos os frutos serão removidos nesse cenário de colheita, tendo em vista que eles estão distribuídos ao longo dos galhos e os galhos não serão removidos na sua totalidade.

Para que se atenda de forma efetiva a reposição necessária dos elementos minerais é importante que se utilize formulações que contenham as quantidades de cada elemento, ou ainda, compostos concentrados de macro e micro elementos para a garantia dos ciclos produtivos anuais ou bienais.

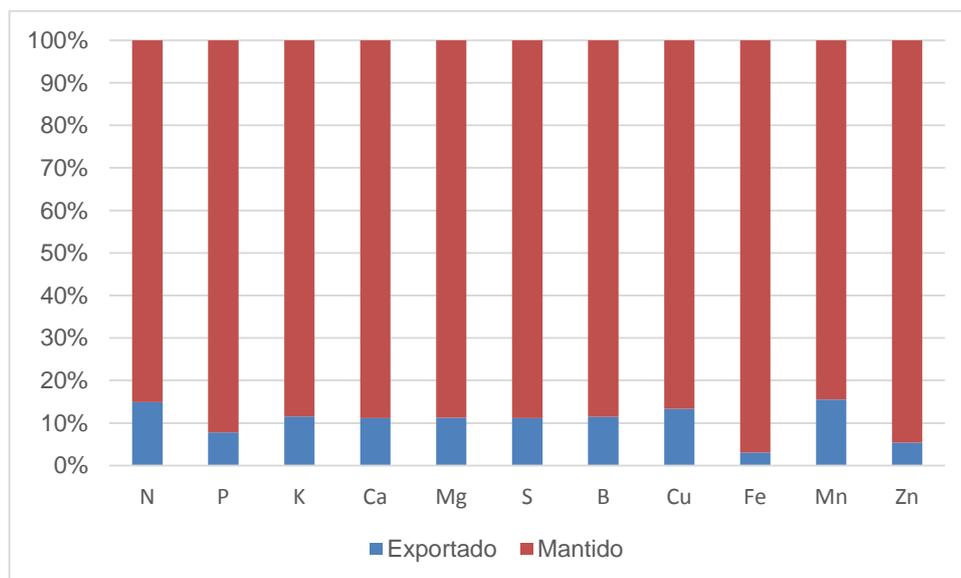


Figura 5 – Cenário de Colheita 1: Remoção de 30% de folhas,+ 30% de galhos e remoção total dos frutos, das árvores de *Eucalyptus benthamii*.

Para o cenário de colheita 2 (Figura 6) da biomassa será considerada a remoção de 50% dos galhos e 50% das folhas além da remoção de todos os frutos. Para esse sistema de colheita da biomassa os elementos que terão suas maiores percentagens exportandas são respectivamente; N > Mn > Cu > K > B > Ca > S > Mg > P > Zn > Fe. Para esse cenário, o nitrogênio (N) mais uma vez é o elemento com as maiores exportações, isso se deve ao fato de grandes porções estarem presentes nas folhas, que são exportadas em partes na colheita da biomassa.

Elementos importantes para a reprodução das árvores como o nitrogênio (N) que terá 24% exportado e o potássio (K) que terá 19% exportado, devem estar entre os elementos de maior atenção para a manutenção na produção de frutos.

Neste cenário a efetividade de remoção dos frutos será maior, porem ainda podem permanecer frutos nas árvores após a colheita da biomassa, que irá remover 50% das folhas e 50 % dos galhos.

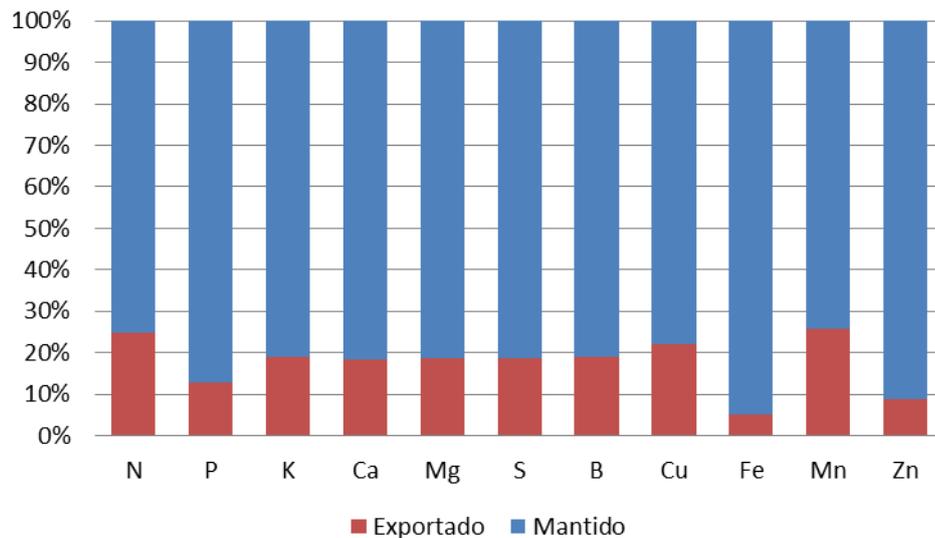


Figura 6 – Cenário de Colheita 2: Remoção de 50% de folhas, + 50% galhos e remoção total dos frutos, das árvores de *Eucalyptus benthamii*.

No cenário de colheita 3: Considerou-se a remoção de 100% de folhas, + 100% galhos e a totalidade dos frutos. Esse é o cenário de colheita mais impactante do ponto de vista nutricional e também silvicultural, considerando que as árvores terão a exportação total de componentes importantes na produção de frutos como os

galhos e as folhas demandando de um período para a recuperação da copa e nova frutificação.

Quando se considera o valor comercial dos frutos, bem como a baixa disponibilidade de pomares ou áreas de produção de sementes em algum momento poderá se fazer necessário o uso mais intensivo da colheita dos frutos, conforme apresentado no cenário de colheita 3 assim sendo, é conhecido qual será o impacto e quais serão as medidas necessárias para a reposição nutricional e a recuperação das árvores, garantindo a produção de frutos.

Para este cenário a exportação de nutrientes apresentou a seguinte grandeza; $Mn > N > Cu > K > B > Mg > Ca > S > P > Zn > Fe$.

É importante destacar que nesse cenário de colheita 50 % do manganês (Mn) e 49% do nitrogênio (N) serão exportados, sendo necessário a reposição desses elementos para a manutenção da produtividade. Assim como cobre (Cu) potássio (K) e boro (B) devem receber atenção especial.

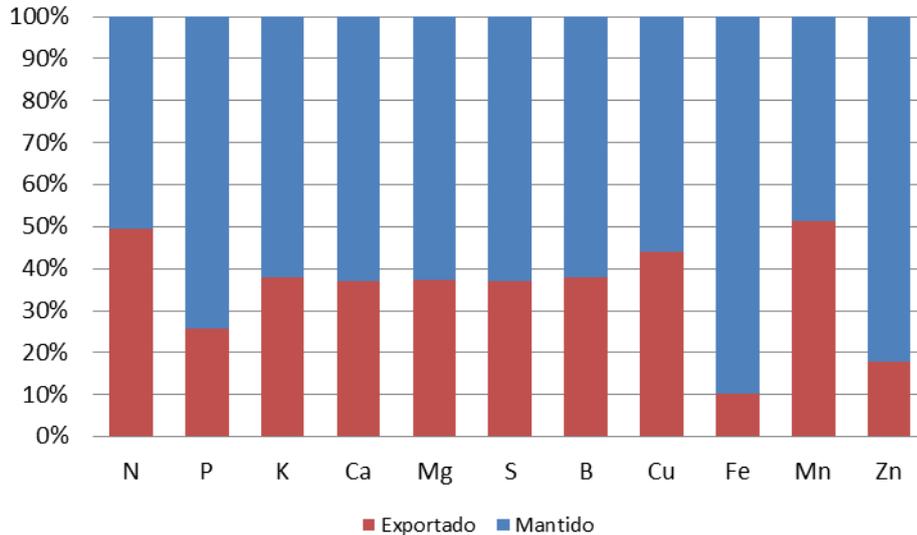


Figura 7 – Cenário de Colheita 3: Remoção de 100% de folhas, + 100% de galhos e remoção total dos frutos, das árvores de *Eucalyptus benthamii*.

Nos três cenários de colheita avaliados o manganês (Mn) é o elemento que será mais exportando, seguido sempre do nitrogênio (N) e do cobre (Cu). Assim

como para todos os cenários de colheita o ferro (Fe) é o elemento que terá suas menores porções exportadas, seguido pelo zinco (Zn).

Os modelos de colheita da biomassa são mecanismos que devem ser melhorados, objetivando o menor impacto nas matrizes no ato colheita dos frutos, diminuindo de forma gradativa a necessidade de eliminações de grandes porções de folhas e galhos juntamente dos frutos. Esse avanço se dará com a operacionalização da atividade, bem como com as adequações necessárias para as melhorias, através da observação rotineira do trabalho.

Outros estudos relacionados à exportação de nutrientes com base na intensidade de colheita da biomassa possuem um enfoque maior nos elementos exportados na madeira do tronco, com os demais componentes permanecendo no povoamento garantindo assim a ciclagem de grande parte dos elementos que estão presentes em folhas, galhos e casca.

Poggiani et al. (1983) ao estudarem a colheita do fuste mais a copa em povoamentos de *Eucalyptus saligna*, constataram que comparada com a exploração convencional, onde é utilizada apenas a madeira do troco, a utilização completa da árvore extrai uma maior quantidade de nutrientes do sitio, dessa forma a quantidade de nutrientes disponíveis no solo pode tornar-se crítico para as próximas rotações.

Guimarães (2014), ao estudar *Eucalyptus dunnii*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urograndis*, no bioma Pampa do Rio Grande do Sul considerando a exportação de nutrientes com base na intensidade de colheita da biomassa, pondera que a colheita da madeira do tronco apresentou a menor remoção de nutrientes do sistema. Este cenário proporciona uma manutenção dos nutrientes acumulados nos demais componentes da biomassa de 63% do N, 74% do P, 47% do K, 91% do Ca, 73% do Mg, 34% do S do total de macronutrientes e 46% do B, 41% do Cu, 38% do Fe, 87% do Mn e 38% do Zn do total de micronutrientes. Que de acordo com o mesmo autor, estão presentes nas folhas e galhos que permaneceram no campo. Considerando a colheita da madeira do tronco com casca esta permanência decresce para: 49% do N, 44% do P, 28% do K, 34% do Ca, 34% do Mg, 24% do S e 32% do B, 30% do Cu, 27% do Fe, 41% do Mn e 28% do Zn.

6 CONCLUSÕES

A madeira do tronco é o compartimento com maior representação na biomassa, correspondendo a 62,14%, seguido por raiz com 13,11%, casca do tronco com 8,25%, galhos com 10,11%, folhas com 6,26% e frutos com 0,05% da biomassa total.

Nas folhas estão presentes as maiores concentrações de macronutrientes, com exceção do potássio (K), que está nos frutos e o cálcio (Ca) e magnésio (Mg) que estão em maiores concentrações na casca do tronco.

Para os micronutrientes as maiores concentrações estão distribuídas de forma variada entre os compartimentos avaliados, nas folhas estão as maiores concentrações de boro (B), já o cobre (Cu) apresenta-se em maiores proporções nos frutos. O ferro (Fe) e o zinco (Zn) apresentaram suas maiores concentrações na raiz. Já o manganês (Mn) está mais presente na casca.

A distribuição de macro nutrientes na biomassa apresentou a seguinte ordem: $N > K > Ca > Mg > P > S$.

Para os micronutrientes a distribuição foi a seguinte: $Mn > Fe > Zn > B > Cu$.

Considerando-se os cenários de colheita, onde haverá a remoção de folhas e galhos juntamente dos frutos, os macronutrientes que deverão receber atenção especial são: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e cálcio (Ca), que são elementos de extrema importância para os mecanismos reprodutivos e deverão ter suas demandas supridas através de adubações regulares.

Nos três cenários de colheita propostos o manganês (Mn) é o elemento mais exportando, seguido pelo nitrogênio (N). Já o elemento com a menor exportação é o ferro (Fe) seguido pelo zinco (Zn). Os demais apresentaram variação entre os cenários.

Para os micronutrientes, a atenção deverá ficar para; Manganês (Mn), boro (B) e cobre (Cu), que são elementos que exercem funções importantes nos sistema metabólico vegetal e podem ser limitantes para as futuras frutificações.

7 RECOMENDAÇÕES

Os mecanismos de colheita dos frutos devem ser aprimorados, objetivando a menor remoção possível de galhos e folhas no momento de colheita dos frutos. Com essa melhora, grande parte dos nutrientes exportados na colheita na biomassa irão permanecer no sítio, diminuindo de forma significativa a necessidade de adubações complementares.

A colheita deverá ser preferencialmente bienal, tendo em vista que será necessário um período para a recuperação das copas após a colheita, considerando os cenários propostos. Essa coleta poderá ser feita em 50% das árvores a cada ano, tendo assim, sementes novas todos os anos, sem impactar diretamente todas as matrizes anualmente.

As adubações complementares, seguindo as recomendações com base em análises de tecido vegetal e solo, devem ser feitas de forma parcelada, com preferência nos meses de setembro e outubro, momento em que as matrizes apresentam floração, e posteriormente, nos meses de fevereiro e março, no momento de desenvolvimento dos frutos e sementes.

Dessa forma, é necessário que o programa de adução, tenha flexibilidade quanto as formulações, dosagens e formas de aplicação.

A colheita dos frutos deverá ser feita preferencialmente na primavera, momento em que iniciam as aberturas espontâneas das cápsulas seminais. Essa operação deverá ser feita objetivando a remoção do maior número de frutos, provocando o menor dano possível a parte aérea da matriz.

A técnica de rebaixamento das copas ao nível de 10 até 12 metros do solo, certamente irá trazer grandes avanços quanto a operacionalização da atividade, bem como, a redução de biomassa colhida juntamente com os frutos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF, Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas, **Anuário Estatístico 2013 ano base 2012**, Disponível em <http://www.abraflor.org.br>. Acesso em: 29/09/2013.

BACCARIN, F. J. B. **Métodos para resgate, conservação e multiplicação em larga escala de matrizes de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cabbage**. 2012. 77p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” / USP. 2012.

BARROS, N. F.; COMERFORD, N. B. **Sustentabilidade da produção de florestas plantadas na região tropical**. In: ALVAREZ, V. V. H. et al. eds. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, Folha de Viçosa, 2002.

BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. Fertilização e correção do solo para o plantio de eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. **Relação Solo Eucalipto**. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. p. 127-181.

BEULCH, L. S. **Biomassa e Nutrientes em um povoamento de *Eucalyptus saligna* smith submetido ao primeiro desbaste**. 2013. 58 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

BOLAND, D.; BROKER, M. H.; CHIPPENDALE, G. M.; HALL, N.; HYLAND, B. P. M.; JONHSTON, R. D.; KLEINING, D. A.; MCDONALD, M. W.; TURNER, J. D. **Forest Trees of Australia**. Fifth Edition. CSIRO Publishing, 2006.

BUTCHER, P. A. et al. Increased inbreeding and inter-species gene flow in remnant population of the rare *Eucalyptus benthamii*. **Conservation Genetics**, Kingstown, v. 6, n. 2, p. 213-226, 2005.

CINTRA, A. T. F. **Entradas atmosféricas de nutrientes e poluentes em um ecossistema florestal urbano, Maciço da Pedra Branca – RJ**. Rio de Janeiro, 2004. 70p. Dissertação (Mestrado em Silvicultura) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

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**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 10. ed.– Porto Alegre, 2004.

DANIEL, T. W. **Princípios da Silvicultura**. México, MacGraw Hill, 1982. 492p.

DEFAP; UFSM, **Inventário Florestal Contínuo do RS 2002**. Disponível em <http://coralx.ufsm.br/ifcrs>. Acesso em: 29/08/2013.

FONCESCA, S. M. et al. **Manual Prático de Melhoramento Genético do Eucalipto**. Viçosa: UFV, 2010.

GATTO, A. et al. CICLAGEM E BALANÇO DE NUTRIENTES NO SISTEMA SOLO-PLANTA EM UM PLANTIO DE *Eucalyptus* sp. NO DISTRITO FEDERAL. Revista Brasileira de **Ciência do Solo**, v. 38, p. 879-887, 2014.

GOLLEY, F. B. et al. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta Tropical Úmida**. Tradução de Eurípides Malavolta – São Paulo: EPU. Ed. da USP, 1975, 256p.

GONÇALVES, J. L. **Fertilização de plantação de eucalipto**. In: Anais II Encontro Brasileiro de Silvicultura. Campinas – SP. p. 85 -113, abr. 2011.

GONÇALVES, J. L. M.; MENDES, K. C. F. S.; SASAKI, C. M. **Mineralização de nitrogênio em ecossistemas florestais naturais e implantados do estado de São Paulo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa, v. 25, n. 3, 2001.

GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L.; BENEDETTI, V.; FESSEL, V. A. G.; GAVA, J. L. **An evaluation of minimum and intensive soil preparation regarding fertility and tree nutrition**. In: GONÇALVES, J. L. M. & BENEDETTI, V. (eds.) Forest nutrition and fertilization. Piracicaba: IPEF, 2004.

GOOGLE EARTH. **Imagens públicas**. Disponível em : <https://eath.google.com> . Acesso em 17 de out. de 2014.

GUIMARÃES, C. C. **Biomassa e Nutrientes em Plantios de Eucaliptos no Bioma Pampa**. 2014. 63p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2010**, Brasília, Distrito Federal. 2010.

LACLAU, J. P.; BOUILLET, J. P.; RANGER, J. Dynamics of biomass and nutrient accumulation in a clonal plantation of Eucalyptus in Congo. **Forest Ecology and Management**. n. 128. 181-196. 2000.

LADEIRA, B. C.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; BARROS, N. F. **Produção de biomassa de eucalipto sob três espaçamentos em uma seqüência de idade**. Revista *Árvore*, v. 25, n. 1, 2001.

LANCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima, 2006. 531p.

LANDSBERG, J. J. **Physiological ecology of forest production**. London: Academic Press, 1986.

LELES, P. S. S.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; MORAIS, E. J. **Relações hídricas e crescimento de árvores de Eucalyptus camaldulensis e Eucalyptus pellita sob diferentes espaçamentos na região de cerrado**. Revista *Árvore*, v. 22, n. 1, 1998.

MÁLAVOLTA, E. et al. **Nutrição Mineral e Adubação de Plantas Cultivadas**. São Paulo, Pioneira. 1974, 752p.

MALUF, J. R. T. **Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 8, 2000.

MIAO, S. L.; BAZZAZ, F. A.; PRIMACK, R. B. Persistence of maternal nutrient effects in *Plantago major*: the 3rd generation. **Ecology** **72**: 1634-1642, 1991.

NISGOSKI, S.; MUÑIZ, G. I. B. de.; KLOCK, U. Caracterização anatômica da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 67-78, 1998.

PETRI, S.; FÚLFARO, V. J. **Geologia do Brasil**. São Paulo: T. A. Queiroz: Ed. Da 40 Universidade de São Paulo, 1983. 631p.

PINTO jr., J. E. **Problemas relacionados com o florescimento e produção de sementes em espécies florestais**. Piracicaba, ESALQ/DS, 1978.

POGGIANI, F.; DO COUTO, H. T. Z.; CORRADINI, L.; FAZZIO, E. C. M. Exportação da Biomassa e Nutrientes dos troncos e das copas de um povoamento de *Eucalyptus saligna*. **IPEF**, n.25, p. 37-39, 1983.

POGGIANI, F.; SCHUMACHER, M. V. **Nutrient cycling in native forests**. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (eds.). Forest nutrition and fertilization. Piracicaba: IPEF, 2004.

POSCHENRIEDER, C. et al. A glance into aluminum toxicity and resistance in plants. **Science of the total environment**, v. 400, n. 1-3, p. 356-368, ago.2008. Disponível em: <<http://www.scopus.com/record/display.url>>; Acesso em: 24 de out.2014.

PRITCHETT, W. L. **Suelos forestales: propiedad, conservación y mejoramiento**. México: Limusa Noriega, 1990.

PRYOR, L. D. **Australian endangered species: *Eucalyptus***. Canberra: Commonwealth of Australia. 1981.

RAMEZOV, N. P. **The method of studying the biological cycle of elements in forests**. Pochvovedenic, 1959.

REIS, M. G. F.; KIMMINS, J. P.; REZENDE, G. C.; BARROS, N. F. **Acúmulo de biomassa em uma seqüência de idade de *Eucalyptus grandis* plantado no cerrado em duas áreas com diferentes produtividades**. Revista Árvore, v. 9, n. 2, 1985.

SANTOS, P. E. T. et al. Produção e colheita de Sementes de Eucaliptos Subtropicais na Embrapa Florestas. 6p. 2007. **Comunicado Técnico**, Colombo, PR, 2007.

SAS. A simple regression model with correction of heteroscedasticity. Cary: SAS Institute, 2003.

SCARPINELLA, G. D. A. **Reflorestamento no Brasil e o Protocolo de Quioto**. 2002. 182 p. Dissertação (Mestrado em Energia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

SCHUMACHER, M. V. Ciclagem de nutrientes como base da produção sustentada em ecossistemas florestais. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS NATURAIS

DO MERCOSUL O AMBIENTE DA FLORESTA, 1, 1996, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria, UFSM/CEPEF, 1996, p. 65-77.

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

SCHUMACHER, M. V.; HOPPE, J. M.; WITSCHORECK, R.; SALVADEGO, M. **Quantificação do carbono e dos nutrientes em florestas de eucalipto de diferentes idades**. Santa Maria, RS: UFSM/FATECIENS, Departamento de Ciências Florestais, (Relatório Técnico), 2003.

STAPE, J. L. Manejo de *Eucalyptus* spp. Para desdobro frente aos avanços silviculturais de produção. In: SEMINÁRIO SOBRE PROCESSAMENTO E UTILIZAÇÃO DE MADEIRAS DE REFLORESTAMENTO. 4., 1996, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ABPM; SBS; 1996, v. 1.

STORAENSO. **Bando de Dados das Plantações Florestais no Rio Grande do Sul**. (Relatório Interno). Dados não publicados. 2014.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Emater, 2008.

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

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, (Boletim Técnico, 5), 1995.

VALE, R. S. do. **Agrossilvicultura com eucalipto como alternativa para o desenvolvimento sustentável da Zona da Mata de Minas Gerais**. 2004. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2004.

VERDUM, R. Depressão Periférica e Planalto. Potencial ecológico e utilização social da natureza. In: VERDUM, R.; BASSO, L. A.; SUERTEGARAY, D. M. A. (Org.) Rio Grande do Sul: **Paisagens e Territórios em Transformação**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004. p. 39-57.

VIERA, M. **Dinâmica nutricional em um povoamento híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus* em Eldorado do Sul – RS, Brasil.** 2012. 119p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.