

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

**BIOMASSA E NUTRIENTES EM UM POVOAMENTO
DE *Eucalyptus saligna* Smith SUBMETIDO AO
PRIMEIRO DESBASTE**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Lien da Silveira Beulch

Santa Maria, RS, Brasil.

2013

**BIOMASSA E NUTRIENTES EM UM POVOAMENTO DE
Eucalyptus saligna Smith SUBMETIDO AO PRIMEIRO
DESBASTE**

Lien da Silveira Beulch

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Silvicultura: ecologia, solos e nutrição de florestas, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Florestal**.

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

Santa Maria, RS, Brasil

2013

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

da Silveira Beulch, Lien
BIOMASSA E NUTRIENTES EM UM POVOAMENTO DE Eucalyptus
saligna Smith SUBMETIDO AO PRIMEIRO DESBASTE / Lien da
Silveira Beulch.-2013.
59 p.; 30cm

Orientador: Mauro Valdir Schumacher
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2013

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

© 2013

Todos os direitos autorais reservados a Lien da Silveira Beulch. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.
E-mail: lsbeulch@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 Dissertação de Mestrado

BIOMASSA E NUTRIENTES EM UM POVOAMENTO de *Eucalyptus saligna* Smith SUBMETIDO AO PRIMEIRO DESBASTE

elaborada por
Lien da Silveira Beulch

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Florestal

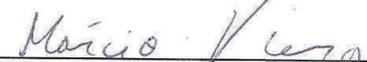
COMISSÃO EXAMINADORA:



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



Hamilton Luiz Munari Vogel, Dr. (UNIPAMPA)



Márcio Viera, Dr. (UFSM/ UDESSM)

Santa Maria, 26 de fevereiro de 2013

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha filha Júlia que apesar da idade sempre entendeu a minha ausência.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas, órgãos e instituições que de maneira direta ou indireta, ajudaram para a realização deste trabalho, em especial ao Capes pela bolsa concedida;

Ao orientador Professor Dr. rer. nat. techn. Mauro Valdir Schumacher, pela orientação, ensinamentos, oportunidade e confiança;

Aos membros da banca, professores Dr. Hamilton Luiz Munari Vogel e professor Dr. Márcio Viera;

À empresa Stora Enso, pela colaboração, apoio técnico, logístico e financeiro na realização desta pesquisa, especialmente ao funcionário Técnico Agrícola Huan Pablo de Souza e ao caseiro da Fazenda Estância das Oliveiras, Sr. Vilmar Silveira.

Aos colegas do Laboratório de Ecologia Florestal, Eng. Florestais Rudi Witschoreck e Prof. Dr. Robson Schaff Corrêa pelas conversas e ensinamentos, ao Eng. Florestal Edenilson Liberalesso, Eng. Florestal Eduardo Prass, Eng. Florestal Gabriel Piovesan e aos acadêmicos do curso de Engenharia Florestal, Dione Momolli, Fernando Pissinin, Caroline Weimann e Vinícius de Oliveira Weise pela ajuda incansável a campo e pela amizade;

Aos funcionários do Laboratório de Ecologia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria, Vitor Hugo Braga dos Santos e Cristiano Kasdorf Giesbrecht, pela realização de parte das análises químicas e pela amizade;

À secretária do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Cerlene da Silva Machado (Tita), pelo apoio e amizade;

Aos colegas engenheiros florestais Kelen Pureza Soares, Régis Villanova Longhi e Mirella Ferraz, pela amizade sincera e ajuda sempre que precisei;

Aos meus pais Rui e Ivone, meus irmãos Fabiani, Enzo, Marcius, Suen; a minha filha Júlia e ao meu noivo Lucas, pelo apoio incondicional.

RESUMO

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

BIOMASSA E NUTRIENTES EM UM POVOAMENTO DE *Eucalyptus saligna* Smith SUBMETIDO AO PRIMEIRO DESBASTE

AUTORA: LIEN DA SILVEIRA BEULCH

ORIENTADOR: MAURO VALDIR SCHUMACHER

Data e local da defesa: Santa Maria, 26 de fevereiro de 2013.

O eucalipto é uma das espécies florestais mais cultivadas no Brasil devido ao seu rápido crescimento e adaptação a vários tipos de solos e características climáticas. No Rio Grande do Sul, houve aumento na área de abrangência dos plantios florestais, passando a ocupar regiões anteriormente predominadas pela agricultura e pecuária, tornando necessária a realização de pesquisas que visem à garantia do pleno estabelecimento dos plantios de *Eucalyptus* de forma sustentável. O presente estudo teve como objetivo quantificar a biomassa e o estoque de nutrientes em um povoamento de *Eucalyptus saligna* submetidos ao primeiro desbaste no município de São Francisco de Assis-RS. Os dados foram coletados em um talhão de quatro anos de idade, estabelecido em solo de baixa fertilidade na Fazenda Estância das Oliveiras, pertencente a Empresa Florestal Stora Enso. Foram selecionadas no total nove árvores para comporem as amostras. A amostragem destrutiva consistiu na individualização dos compartimentos da biomassa acima do solo (folhas, galhos, casca e madeira). A coleta das amostras teve como objetivo a determinação da matéria seca nos diferentes componentes do *Eucalyptus saligna*. A produção de biomassa aos quatro anos foi de 88,81 Mg ha⁻¹, apresentando o seguinte percentual de distribuição: 76,8% na madeira, 9,3% na casca, 7,9% nos galhos e 6,0% nas folhas. A magnitude de armazenamento dos elementos na biomassa total apresentou a seguinte ordem decrescente de acúmulo para macronutrientes: Ca > K > N > Mg > P > S e Mn > Fe > B > Zn > Cu para os micronutrientes. Na ocasião do desbaste de 40% do povoamento a produção de biomassa foi de 35,52 Mg ha⁻¹. Quando realizada apenas a colheita da madeira comercial e casca comercial (d ≥ 8 cm) a biomassa deixada no campo contribuiria com 60,2% dos macronutrientes e 59,9% dos micronutrientes. Removendo apenas a madeira comercial, a porcentagem de nutrientes deixados no campo subiria para 80,5% de macronutrientes e 88,4% de micronutrientes. Independente da intensidade de colheita aplicada, o nutriente mais limitante para as futuras rotações seria o potássio. Em termos ecológicos e silviculturais, o processo que menos exportaria nutrientes do sistema seria aquele em que se colheiria apenas a madeira comercial, deixando os demais componentes (folhas, ponteiros, galhos, casca) no sítio, como resíduo florestal.

Palavras-chave: Ciclagem de nutrientes. Nutrição florestal. Solos florestais.

ABSTRACT

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

BIOMASS AND NUTRIENTS IN STAND OF *Eucalyptus saligna* Smith SUBMITTED TO THE FIRST THINNING

AUTHOR: LIEN DA SILVEIRA BEULCH

ADVISER: MAURO VALDIR SCHUMACHER

Defense Place and Date: Santa Maria, February 26th, 2013.

Eucalyptus is one of the most cultivated species in Brazil due to its fast increment and adaptation to the various types of soils and its characteristics related to the climate. In the county of Rio Grande do Sul (RS), the area of forestry planting has expanded taking over areas where previously were used for agriculture and cattle. Therefore it has been made necessary the development of researches that aim to fully establish the cultivation of *Eucalyptus saligna* in a sustainable way. The present study had the objective to quantify the biomass and the storage of nutrients of an area planted with *Eucalyptus saligna* which had its first thinning in São Francisco de Assis – RS. The data was collected in a plot which is 4 years old, situated in an area which has low fertility soil, in the farm Estancia das Oliveiras, which belongs to the company Stora Enso. In total it was selected nine trees to sample. The destructive sampling consisted of the individualization of compartments of the biomass presented over the soil (leaves, twigs, bark and wood). The collection of samples aimed to determine the quantity of dried material in the different compartments of *Eucalyptus saligna*. The production of biomass in the clear-cutting was 88.81 Mg ha⁻¹, showing the following percentage of distribution: 76.8% in the wood, 9.3% in the bark, 7.9% in the twigs and 6.0% in the leaves. The capacity of storage of elements by the biomass presented the following decreased order of accumulation of macronutrients Ca > K > N > Mg > P > S and Mn > Fe > B > Zn > Cu of micronutrients. In the occasion of the thinning of 40% of the plot, the production of biomass was 35.52 Mg ha⁻¹. When it was solely done the collection of the commercial wood and bark (d_g ≥ 8 cm), the biomass left in the field would contribute with 60.2% of the macronutrients and 59.9% of the micronutrients. Removing only the commercial wood, the percentage of nutrients left in the field raises to 80.5% of macronutrients and 88.4% of micronutrients. Independently on the chosen system, the most limiting nutrient for the next rotations would be Potassium. In ecological terms, the process that would least export nutrients from the system would be the one in which you would only collect the commercial wood, living the other components such as leaves, twigs and bark in the soil as a forestry waste.

Key-words: Nutrients cycling. Forestry nutrition. Forestry soils.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1–	Atributos físicos do solo na área experimental, localizada em São Francisco de Assis-RS.....	30
Tabela 2–	Atributos químicos do solo na área experimental, localizada no município de São Francisco de Assis-RS.....	30
Tabela 3–	Características dendrométricas do povoamento de <i>Eucalyptus saligna</i> aos quatro anos de idade.....	32
Tabela 4–	Quantidade de biomassa acima do solo ($Mg\ ha^{-1}$) em povoamento de <i>Eucalyptus saligna</i> aos quatro anos de idade.....	33
Tabela 5–	Teores de macronutrientes nos diferentes componentes da biomassa do <i>Eucalyptus saligna</i> aos quatro anos de idade.....	34
Tabela 6–	Teores de micronutrientes nos diferentes componentes da biomassa do <i>Eucalyptus saligna</i> aos quatro anos de idade.....	35
Tabela 7–	Quantidade de macronutrientes nos diferentes componentes formadores da biomassa do <i>Eucalyptus saligna</i> aos quatro anos de idade.....	37
Tabela 8–	Quantidade de micronutrientes nos diferentes componentes formadores da biomassa do <i>Eucalyptus saligna</i> aos quatro anos de idade.....	37
Tabela 9–	Coefficiente de utilização biológica (CUB) de nutrientes dos diferentes componentes da biomassa de <i>Eucalyptus saligna</i> aos quatro anos de idade.....	39
Tabela 10–	Quantidade de biomassa ($Mg\ ha^{-1}$) em povoamento de <i>Eucalyptus saligna</i> submetido ao primeiro desbaste.....	40
Tabela 11–	Quantidade de macronutrientes exportados nos diferentes componentes em função do desbaste de 40%.....	40
Tabela 12–	Quantidade de micronutrientes exportados nos diferentes componentes em função do desbaste de 40%.....	40
Tabela 13–	Quantidade de biomassa ($Mg\ ha^{-1}$) presentes na madeira, na casca e ponteiro em povoamento de <i>Eucalyptus saligna</i> submetido ao desbaste de 40%.....	42

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1–Histórico do plantio de <i>Eucalyptus</i> no Brasil de 2005 a 2011.....	16
Figura 2–A) Localização do município de São Francisco de Assis no RS. B) Croqui de localização de São Francisco de Assis com municípios que fazem divisa.....	22
Figura 3–Croqui de localização do talhão onde foi realizado o desbaste.....	23
Figura 4–Posição da coleta dos discos para a amostragem de madeira e casca.....	27
Figura 5–Quantidade de nutrientes (kg ha^{-1}) que são mantidos e exportados na ocasião do desbaste de 40% do povoamento.....	41
Figura 6–Quantidade de nutrientes (kg ha^{-1}) que são mantidos e exportados do sistema com o aproveitamento da madeira com casca com diâmetro superior a 8 cm.....	43
Figura 7–Quantidade de nutrientes (kg ha^{-1}) que são mantidos e exportados do sistema com o aproveitamento da madeira sem casca com diâmetro superior a 8 cm.....	44

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice 1– Separação dos galhos e folhas no povoamento de <i>Eucalyptus saligna</i>	55
Apêndice 2– Determinação do peso da amostra de madeira com casca de <i>Eucalyptus saligna</i>	55
Apêndice 3– Determinação do peso da amostra de madeira sem casca de <i>Eucalyptus saligna</i>	56
Apêndice 4– Amostra de cascas de <i>Eucalyptus saligna</i>	56
Apêndice 5– Determinação do peso da madeira com casca de <i>Eucalyptus saligna</i>	57
Apêndice 6– Madeira de <i>Eucalyptus saligna</i> sendo descascada no campo.....	57
Apêndice 7– Determinação do peso das folhas de <i>Eucalyptus saligna</i>	58
Apêndice 8– Determinação do peso dos galhos de <i>Eucalyptus saligna</i>	58
Apêndice 9– Coleta das amostras de solo no povoamento de <i>Eucalyptus saligna</i>	59
Apêndice 10– Fotografia das folhas de <i>Eucalyptus saligna</i> para determinação do IAF.....	59

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo Geral	15
2.2 Objetivos Específicos	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1 O cultivo do Eucalipto no Brasil	16
3.2 Ciclagem de nutrientes	18
3.4 Biomassa e nutrientes	21
4 MATERIAIS E MÉTODOS	23
4.1 Localização da área de estudo	23
4.2 Características da região e da área de estudo	24
4.2.1 Clima	24
4.2.2 Solos	25
4.2.3 Implantação do povoamento de <i>Eucalyptus saligna</i>	25
4.3 Caracterização dendrométrica do povoamento	26
4.3.1 Inventário das parcelas	26
4.3.2 Determinação do volume de madeira e casca	26
4.4 Biomassa acima do solo e nutrientes	27
4.5 Caracterização física e química do solo	28
4.6 Determinação do índice de área foliar	29
4.7 Implicações ecológicas e silviculturais da colheita da biomassa	29
4.8 Coeficiente de utilização biológica	30
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5.1 Análise física e química do solo	31
5.2 Características dendrométricas	32
5.3. Biomassa acima do solo	33
5.4 Nutrientes na biomassa	35
5.5 Coeficiente de utilização biológica (CUB)	39
5.6 Implicações silviculturais e ecológicas	40
6 CONCLUSÃO	47
7. RECOMENDAÇÕES	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

1 INTRODUÇÃO

O eucalipto é uma das espécies florestais mais cultivadas no Brasil devido ao seu rápido crescimento e adaptação a vários tipos de solos e características climáticas. Sua madeira é responsável pelo abastecimento da maior parte do setor industrial de base florestal, sendo utilizada principalmente para a produção de papel e celulose, chapa de fibra e energia. (AZEVEDO E QUIRINO, 2006).

A demanda por produtos florestais cresce cada vez mais no país e para suprir as necessidades do mercado, as empresas do setor florestal expandem suas áreas de plantios de eucalipto com o objetivo de aumentar a produção de matéria-prima.

No Rio Grande do Sul, houve aumento na área de abrangência dos plantios florestais, passando a ocupar regiões anteriormente predominadas pela agricultura e pecuária. Essas regiões ainda carecem de pesquisas que contribuam para o desenvolvimento de tecnologias de manejo, visando à garantia do pleno estabelecimento dos plantios de *Eucalyptus saligna* de forma sustentável.

Schumacher & Hoppe, (1997) comentam que para que se obtenham todos os benefícios e uma boa produtividade das florestas, é extremamente necessário o conhecimento dos ciclos que regem estas variáveis. Gonçalves et al. (2005) complementa esta ideia afirmando que a compreensão do ciclo dos nutrientes é fundamental para a definição de tecnologias de manejo florestal, particularmente na definição de dose, método e época de aplicação de fertilizantes.

Switzer & Nelson (1972) descrevem estes ciclos de forma resumida, onde o ciclo biogeoquímico refere-se a trocas (entrada e saída) de elementos minerais entre os diversos ecossistemas; o ciclo biogeoquímico é caracterizado como aquele que se estabelece nas relações entre o solo e a planta e a atmosfera; e o ciclo bioquímico é o que relaciona-se com as transferências internas dos elementos dentro dos processos vegetais.

Um importante instrumento para que se obtenha o conhecimento acerca da ciclagem de nutrientes é a quantificação de biomassa.

O estudo da biomassa é uma ferramenta extremamente útil na avaliação dos ecossistemas florestais, pois garante informações sobre a conversão e armazenamento de energia e ciclagem de nutrientes (CAMPOS, 1991) e também para que se direcionem as decisões para o planejamento do tipo de manejo a ser utilizado (ANDRAE & KRAPEFENBAUER, 1983).

Segundo Pritchett (1990) o teor de nutrientes em geral, acompanha a expansão da biomassa, aumentando de maneira linear ou exponencial durante os períodos iniciais de rápido crescimento e a um ritmo decrescente quando a floresta alcança o estágio adulto.

Schumacher (1996) e Freitas (2000) comentam que durante a fase inicial de desenvolvimento de um povoamento florestal, grande parte dos assimilados são utilizados na formação da copa. Entretanto, à medida que o povoamento vai se desenvolvendo e as copas começam a competir entre si, a produção de biomassa do tronco aumenta enquanto que a das folhas e ramos diminui gradativamente, estabilizando-se quando a floresta atinge a maturidade.

As concentrações de nutrientes nos diferentes compartimentos da biomassa variam de acordo com a espécie, as condições do solo, o clima e a idade da floresta (POGGIANI et al., 1983).

A quantidade de nutrientes exportada de um ecossistema pela colheita florestal é determinada pela interação de concentrações, proporções entre os componentes da biomassa e intensidade da colheita utilizada. Para que se consiga obter produtividade sem degradar o ecossistema, o silvicultor deve conhecer as variáveis que interagem com o ecossistema florestal, visando às plantações futuras.

Neste contexto a biomassa apresenta-se como um elemento de extrema importância para manutenção do equilíbrio dos ciclos biogeoquímicos, e um eficiente meio de avaliação da conversão de energia e ciclagem de nutrientes dentro do povoamento. Com isto, é possível chegar a conclusões para o manejo racional dos diferentes ecossistemas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Este estudo tem como objetivo quantificar a biomassa e o estoque de nutrientes em um povoamento de *Eucalyptus saligna* Smith submetidos ao primeiro desbaste.

2.2 Objetivos Específicos

- Quantificar a biomassa acima do solo das árvores de *E. saligna*.
- Determinar o estoque de nutrientes nos diferentes componentes da biomassa.
- Determinar os atributos físicos e químicos do solo.
- Avaliar as implicações silviculturais e ecológicas mediante a simulação de diferentes intensidades de aproveitamento da biomassa do primeiro desbaste.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 O cultivo do Eucalipto no Brasil

A palavra *Eucalyptus* é derivada do grego “eu” e significa “boa” e “Kalyptós” que significa “coberto”, ou seja, “boa cobertura” (HASSE, 2006). Pertence à família Mirtaceae, as quais são plantas lenhosas, arbustivas ou arbóreas, e encontram-se distribuídas pelas regiões tropicais e subtropicais do mundo (SILVA, 2001).

A espécie foi descoberta pelos ingleses na Austrália, em 1788, e no início do século XIX suas sementes já haviam sido disseminadas no mundo todo. Na América do Sul, o primeiro país a introduzir o eucalipto foi o Chile, em 1823 e, posteriormente, a Argentina e o Uruguai. No Brasil, os primeiros plantios de eucalipto iniciaram no século XX, porém, apenas com função paisagística ou como quebra-ventos, devido ao seu rápido desenvolvimento e propriedades sanitárias (ANDRADE, 1961).

Com o passar do tempo as espécies do gênero *Eucalyptus* começaram a ser introduzidas no Brasil para fins de reflorestamento, pois permitem um ciclo de corte relativamente curto e uma alta produtividade, quando comparadas com espécies florestais nativas.

A introdução da cultura do eucalipto em projetos de reflorestamento teve início em 1904, pela Companhia Paulista de Estradas de Ferro, para ser usado como dormentes postes e lenha (MORA; GARCIA, 2000).

De acordo com a FAO (1981), em 1973 o Brasil já era o maior produtor mundial em extensão de áreas plantadas com eucalipto, com mais de 1 milhão de hectares e, na mesma época, as plantações mundiais de eucalipto eram de apenas 4 milhões de hectares.

Em 2010, a área plantada com eucalipto era de aproximadamente 4,8 milhões de hectares no Brasil, representando cerca de 73% da área com plantações. (ABRAF, 2011).

Neste contexto, o Rio Grande do Sul representava no ano de 2010, 6% da área nacional coberta com plantações de eucalipto (ABRAF, 2011).

Na Figura 1, encontra-se o histórico do plantio de *Eucalyptus* no Brasil entre os anos de 2005 a 2011 com a porcentagem da variação anual de expansão.



Figura 1 – Histórico do plantio de *Eucalyptus* no Brasil de 2005 a 2011

Fonte ABRAF, 2012.

No RS, a expansão na área plantada com a espécie, foi resultado de um conjunto de fatores, destacando-se o rápido crescimento em ciclo de curta rotação, a alta produtividade florestal 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).

O manejo e o ciclo de cultivo do eucalipto variam em função do produto final desejado. Quando a finalidade da madeira é celulose, papel, carvão, lenha, paletes e caixotaria, a cultura será submetida a um ciclo curto e, nesse caso, a colheita é realizada entre 7 e 10 anos após o plantio. Para a produção de madeira destinada à movelaria, construção civil e outros fins, que necessitam madeira com diâmetro

maior, o ciclo será longo, entre 14 e 25 anos. Essa variação no tempo de cultivo é função da finalidade do produto, do sistema de cultivo, espaçamento e adubação, clima e solo, entre outros fatores (SCARPINELLA, 2002).

De acordo com Silva (2001), o *Eucalyptus saligna* é a segunda espécie de eucalipto mais cultivada, porém apresenta suscetibilidade às geadas severas, o que limita seu cultivo em diversas regiões. Apresenta alta capacidade de regeneração por brotação das cepas, tornando a espécie economicamente atrativa.

De ocorrência natural na Austrália, a espécie é encontrada principalmente na região litorânea e vales das cadeias montanhosas próximas ao litoral de New South Wales, além da região sul de Queensland, nas Latitudes entre 21 e 36° S, com altitudes variando desde o nível do mar até 1100 m. O clima é principalmente quente e úmido, com média das temperaturas máximas do mês mais quente entre 24 e 33° C, e a mínima do mês mais frio está entre -2 e 8° C. A precipitação anual varia de 900 a 1800 mm, mais concentrada no verão, porém, o período seco não ultrapassa 4 meses (IPEF, 2011).

A espécie é de floresta aberta alta; portanto, são árvores de tamanho alto a muito altas, atingindo de 30 a 55 m de altura e mais de 2 m de DAP. Excepcionalmente, pode atingir mais de 65 m de altura e 2,5 m de DAP. Apresenta excelente forma do fuste. A copa alcança 1/2 a 1/3 da altura total da árvore. O melhor desenvolvimento é atingido em solos franco-arenoso de boa qualidade, porém apresenta bom crescimento em Latossolos profundos e bem drenados. A madeira apresenta densidade básica de 0,900 g/cm³ (IPEF, 2011).

3.2 Ciclagem de nutrientes

Conforme Vilela e Matos (1997) a ciclagem de nutrientes é um conjunto de processos integrados que envolvem a transferência de energia e nutrientes entre as partes integrantes de um ecossistema.

Outro conceito de ciclagem de nutrientes utilizado por Larcher (2006) é de que consiste em um processo segundo o qual os minerais são retirados pelas raízes

do solo, são mantidos nas plantas e, após a degradação da serapilheira, os nutrientes absorvidos retornam ao solo.

As florestas, em grande parte, estão estabelecidas em solos pobres em nutrientes minerais, o que torna sua manutenção dependente dos ciclos geoquímico, bioquímico e biogeoquímico.

Remezov (1959) caracterizou dois principais ciclos dos nutrientes em ecossistemas florestais: a) **ciclo geoquímico** e b) **ciclo biológico**. O primeiro é relativo às entradas e saídas de nutrientes do ecossistema, por meio de processos como precipitação atmosférica, aplicação de fertilizantes, erosão, lixiviação e volatilização. O segundo, relativo ao fluxo de nutrientes no sistema solo-planta. Este pode ser subdividido em **ciclo bioquímico** e **ciclo biogeoquímico**. O autor supracitado explica que a ciclagem bioquímica se refere à movimentação de nutrientes entre tecidos da própria árvore. Normalmente, a retranslocação de nutrientes dos tecidos senescentes para os tecidos em formação constitui a principal forma de transferência de nutrientes internamente na árvore. Ainda para o mesmo autor, a ciclagem biogeoquímica abrange a ciclagem de nutrientes entre o solo e a biomassa, principalmente através da deposição, mineralização e reabsorção de nutrientes contidos em materiais vegetais.

Os nutrientes extraídos do solo pelas plantas são incorporados aos tecidos vegetais e retornam ao solo pela decomposição e mineralização da matéria orgânica (CINTRA, 2004). A autora ainda comenta que a quantidade de nutrientes translocados depende da mobilidade do elemento, da espécie vegetal, do status nutricional do solo e também do estágio sucessional no qual se encontra a vegetação. E ainda ressalta que é com frequência descrita a inabilidade do solo para manter nutrientes em estoque e disponibiliza-los para a absorção pelas raízes na medida exata em que a planta solicite.

De acordo com a autora supracitada, qualquer evento que interfira direta ou indiretamente nas fontes de entrada e saída de nutrientes afetará a quantidade de nutrientes prontamente assimiláveis pela vegetação. Isto afetará também processos de ciclagem internos ao ecossistema e ainda pode modificar a sincronia entre a disponibilidade de nutrientes oriundos da decomposição dos resíduos vegetais e a demanda nutricional das plantas, gerando, na maioria das vezes, uma maior perda de nutrientes do solo.

A ciclagem de nutrientes pode ser analisada por meio da distribuição da biomassa acumulada nos diferentes estratos e da quantificação das taxas de nutrientes que se movem através dos diferentes compartimentos, como também pela produção de serapilheira e sua decomposição, lixiviação das copas e outros, (POGGIANI; SCHUMACHER, 2004).

Viera e Schumacher (2010) afirmam que a ciclagem de nutrientes abrange as trocas de elementos minerais entre os seres vivos e o ambiente que os circunda, centrando-se nas relações entre a vegetação e o solo. Por meio dela, obtêm-se informações sobre a distribuição de nutrientes no ecossistema, podendo-se inferir sobre os fluxos entre os diferentes compartimentos.

Por isto acredita-se que este fenômeno de troca dinâmica entre componentes bióticos e abióticos tem relação muito estreita com a sustentabilidade de ecossistemas florestais.

A manutenção dos ecossistemas florestais depende da capacidade em circular e acumular os nutrientes existentes nos diferentes compartimentos. A manutenção do estoque de nutrientes minerais no solo, bem como da produtividade de biomassa das florestas de rápido crescimento, está intimamente relacionada ao processo de ciclagem de nutrientes (LEITÃO FILHO, 1993).

Os nutrientes minerais no solo são incrementados pela deposição atmosférica, intemperização das rochas e minerais e decomposição da serapilheira e raízes e liberados pelas plantas. A saída de nutrientes dos ecossistemas ocorre pela liberação na drenagem da água, remoção pela colheita, absorção pelas plantas e volatilização durante a queima (PALLARDY, 2008).

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

Em condições naturais, os principais fatores que interferem na ciclagem de nutrientes são o clima, a composição das espécies vegetais, o status sucessional da floresta (tempo após alguma perturbação) e a fertilidade do solo (VITOUSEK; SANFORD, 1986).

3.4 Biomassa e nutrientes

A quantificação da biomassa da floresta é fundamental no estudo da ciclagem mineral. A biomassa representa matéria orgânica armazenada no ecossistema; ela especifica o valor numérico dos componentes do ecossistema. Com a informação sobre a biomassa orgânica e a sua concentração de elementos, pode-se calcular o reservatório de elementos minerais da floresta (GOLLEY et al., 1975).

De acordo com Higuchi et al. (1998), as estimativas de biomassa florestal são informações imprescindíveis nas questões ligadas, entre outras, às áreas de manejo florestal e de clima. No primeiro caso, segundo os autores supracitados, a biomassa está relacionada com estoques de macro e micronutrientes da vegetação, que são obtidos pelo produto da massa pelos teores de cada mineral. No caso do clima, a biomassa é usada para estimar o balanço de carbono da interação biosfera-atmosfera.

Para se desenvolverem e acumularem biomassa, as plantas superiores necessitam de energia solar, CO₂, O₂, água e elementos minerais como: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, cloro, ferro, manganês, molibdênio, zinco, cloro, Níquel (HAAG, 1987).

Segundo Kramer; Kozłowski (1972) a acumulação de biomassa é influenciada por todos aqueles fatores que afetam a fotossíntese e a respiração.

Para os referidos autores, os principais fatores são: luz, temperatura, concentração de CO₂ do ar, umidade e fertilidade do solo, fungicidas, inseticidas e doenças além de fatores internos que incluem a idade das folhas, sua estrutura e disposição, distribuição e comportamento dos estômatos, teor em clorofila, e acumulação de hidratos de carbono, CALDEIRA, 1998; CALDEIRA et al., 2000; 2001, ainda salientam a importância da qualidade do sítio, textura e disponibilidade de nutrientes no solo, das características climáticas e da altitude na qual está localizado o povoamento e da procedência.

De acordo com Schumacher (1996), a manutenção da capacidade produtiva de um sítio, só poderá ser mantida em longo prazo, quando a utilização da biomassa

e as perdas pela erosão forem repostas de forma eficiente. Para o autor é fundamental quantificar a biomassa produzida e a quantidade de nutrientes que é exportada pela colheita florestal.

Para que a avaliação seja completa e se conheça a quantidade de nutrientes exportados de um sítio por um plantio florestal devem-se avaliar os aspectos como concentração de nutrientes em cada componente da biomassa; grau de utilização da biomassa; período de rotação; etc.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Localização da área de estudo

O estudo foi realizado na Fazenda Estância das Oliveiras, propriedade da empresa Stora Enso e está localizada no município de São Francisco de Assis – RS (Figura 2).

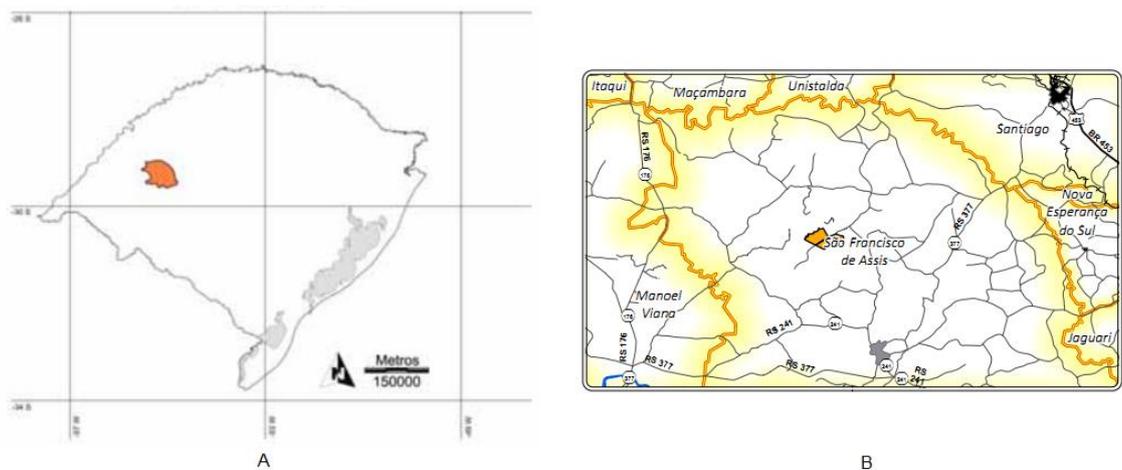


Figura 2 – A) Localização do município de São Francisco de Assis no RS. B) Croqui de localização de São Francisco de Assis com municípios que fazem divisa.

Fonte: Empresa Stora Enso, 2012.

Foi utilizado um povoamento de 10 hectares formado por plantio clonal de *E. saligna* com 4 anos de idade e espaçamento de 3,5 m x 2,5 m. Sua localização dentro da Fazenda Estância das Oliveiras pode ser observada na Figura 3.

O povoamento foi escolhido devido ao fato da empresa estar realizando um desbaste sistemático, onde foram abatidas todas as árvores da terceira linha de plantio, o que equivale a um desbaste de 33,3% da área e onde posteriormente foram escolhidas algumas árvores de acordo com o porte para que o desbaste atingisse 40% do povoamento.

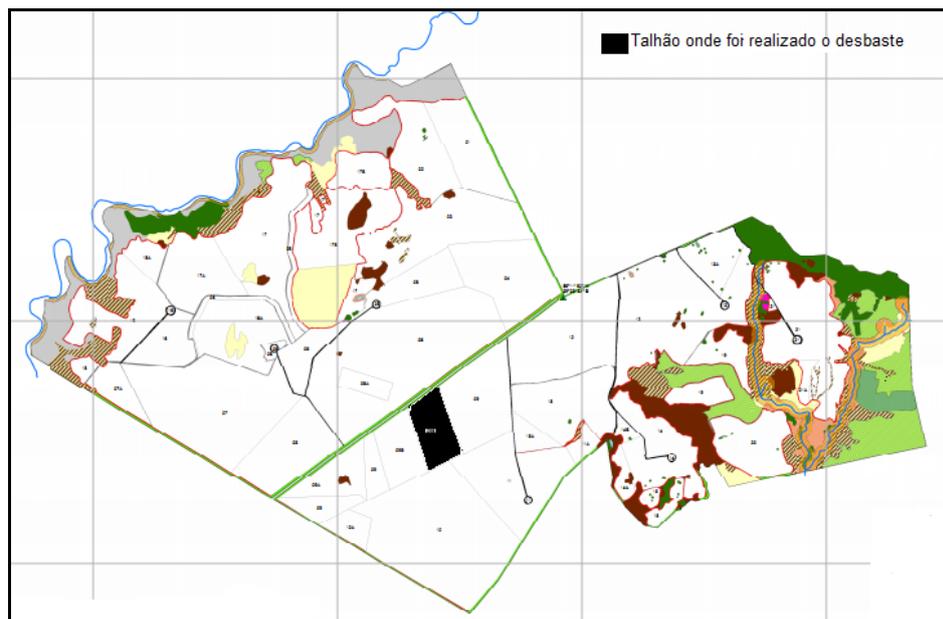


Figura 3– Croqui de localização do talhão onde foi realizado o desbaste.

Fonte: Empresa Stora Enso, 2012.

4.2 Características da região e da área de estudo

4.2.1 Clima

Maluf (2000) propôs uma nova classificação climática, de acordo com esta proposta o clima da região de estudo é subtemperado úmido. De acordo com o Atlas Climático – Rio Grande do Sul, FEPAGRO (2012) o município de São Francisco de

Assis apresenta temperatura média anual de 21°C, precipitação pluviométrica anual de 1700 mm, umidade relativa do ar anual de 70% e evapotranspiração potencial anual de 970 mm.

4.2.2 Solos

Verdum (2004) classifica os solos de São Francisco de Assis em quatro classes: Planossolos, Latossolos, Argissolos, Litossolos. Na área experimental o solo encontrado é o Latossolo vermelho.

De acordo com o mesmo autor, os latossolos são solos profundos e permeáveis com alta suscetibilidade à erosão hídrica, localizados nos relevos pouco ondulados e com energia fraca, formados a partir de conglomerados do Botucatu ou basalto, apresentando textura que varia entre arenosa e argilosa.

Segundo Streck et al. (2008) os Latossolos tem boa aptidão agrícola, desde que corrigida sua fertilidade química.

Trafegabilidade sem problemas o ano todo. Solos com declividade suave e pendentes longas com risco erosivo alto; as estradas são drenadas com retirada de água a cada 70 a 80 metros (Empresa Stora Enso, 2012).

4.2.3 Implantação do povoamento de *Eucalyptus saligna*

A implantação do povoamento foi realizada em 23 de agosto de 2007. A adubação adotada foi a seguinte:

Hiperfosfato reativo: Aplicado no ato da subsolagem a 25 cm de profundidade aproximadamente, no sulco em filete contínuo 400 kg ha⁻¹.

NPK 06 – 30 - 06 + 0,6 % de Boro, sendo 130,00 kg ha⁻¹ localizada em covetas laterais a cada planta a uma distância mínima de 20,00 cm, 15 dias após o plantio.

NPK 22 – 00 - 18 + 0,3 % de Boro. Sendo 130,00 kg ha⁻¹ em filete ou semicírculo na projeção da copa da planta 60 dias após o plantio (Adubação de cobertura).

NPK 22 – 00 - 18 + 0,03 de Boro. Sendo 180,00 kg ha⁻¹ em filete contínuo ou a lanço (mecanizada) a partir do sexto mês após o plantio mediante necessidade nutricional obtida através de observações visuais e análises laboratoriais.

4.3 Caracterização dendrométrica do povoamento

4.3.1 Inventário das parcelas

O inventário foi realizado em dezembro de 2011. Na ocasião foram instaladas três parcelas de 28 m x 32,5 m. No inventário, foram medidos todos os diâmetros à altura do peito (DAP), com a utilização de uma fita diamétrica e a altura total (H) das 15 primeiras árvores através da utilização do hipsômetro Vertex III. Os resultados do inventário encontram-se na tabela 3. De posse destes dados, foram estimadas as alturas totais das demais árvores, através da equação $h = b_0 + b_1 (DAP) + b_2 (DAP)^2$. As mensurações foram realizadas conforme especificações de Finger (1992) e Pélico Netto; Brena (1997).

4.3.2 Determinação do volume de madeira e casca

Para a determinação do volume das árvores (V , m³), em cada uma das parcelas foram abatidas três árvores, sendo elas: DAP médio – desvio padrão, DAP médio e DAP médio + desvio padrão, determinadas pelo inventário florestal, totalizando nove árvores em que foi realizada a cubagem rigorosa.

A cubagem foi determinada segundo o método desenvolvido por SMALIAN e escrito por Soares, Neto e Souza (2006), seguindo a expressão:

$$V = \sum \frac{(AS1 + AS2)}{2} \times L$$

Onde:

AS1 e AS2 = áreas seccionais com casca, obtidas nas extremidades da seção, em m²;

L = comprimento de cada seção, em m.

As áreas seccionais foram obtidas a 0,10; 0,30; 1,30 m de altura do tronco em relação ao nível do solo e, em seguida a cada metro, até atingirem a altura total.

4.4 Biomassa acima do solo e nutrientes

Para a determinação da biomassa acima do solo, utilizou-se das nove árvores abatidas. As referidas árvores foram fracionadas em madeira, casca, galhos e folhas e pesadas na sua totalidade com auxílio de balança de gancho, amostradas e pesadas em balança com precisão de 1,0 g.

Em relação à madeira e à casca, a amostragem foi realizada da seguinte maneira: mediu-se a altura total do fuste, e dividiu-se esta altura em três partes iguais e posteriormente foi coletado um disco nas posições medianas de cada umas dessas seções (Figura 4).

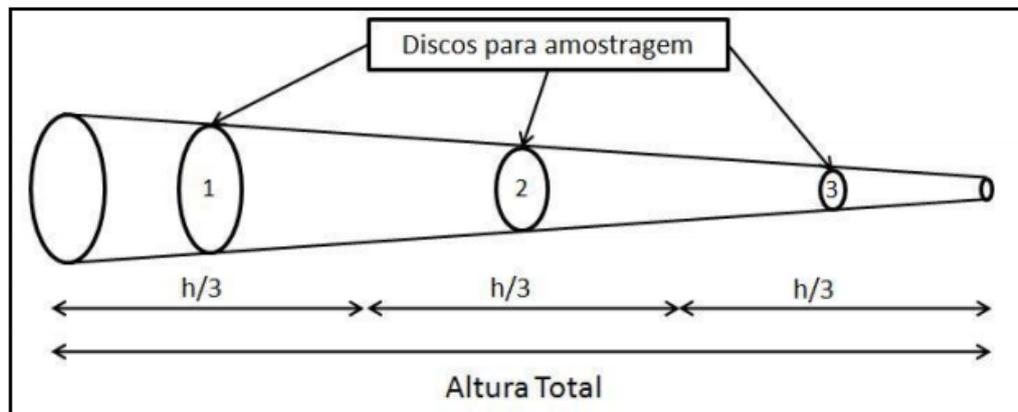


Figura 4– Posição da coleta dos discos para a amostragem de madeira e casca.

Para a análise química dos nutrientes, na fração galhos foi realizada a amostragem de forma aleatória onde todo o componente, desde galhos finos e grossos, vivos e mortos localizados em toda a copa foram coletados. Na fração folhas, assim como nos galhos, a amostragem foi realizada de forma aleatória.

Após a amostragem de cada componente, o que correspondia a 150 g de massa úmida de cada, eles foram colocados em embalagens de papel pardo, devidamente identificadas e posteriormente levadas ao Laboratório de Ecologia Florestal do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Santa Maria. No laboratório foram postas para secagem em estufa de circulação e renovação de ar a 70 °C, até atingirem peso constante, sendo então determinada a massa seca em balança digital de precisão (0,01 g).

A quantificação da biomassa foi realizada com base na biomassa média seca de cada componente e estimada com base nas áreas amostradas. O cálculo da quantidade de nutrientes nos compartimentos do *Eucalyptus saligna*, foi efetuada por meio do produto da concentração média de nutrientes e a biomassa. As análises estatísticas foram realizadas com o aplicativo SPSS 13.0 *for Windows* (1996), ao nível de 5% de probabilidade de erro. Para separação dos contrastes de médias, utilizou-se do teste de Tukey, considerando-se um delineamento inteiramente casualizado, onde cada árvore analisada correspondia a uma repetição para cada componente da biomassa.

4.5 Caracterização física e química do solo

Foi realizada coleta de solo para análise física e química, para isto foram abertas três trincheiras, sendo uma em cada parcela já delimitada anteriormente. O solo foi coletado nas camadas de 0 a 20 cm, 20 a 40 cm e 40 a 100 cm, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao laboratório. Durante a coleta de solo para a análise química, também foram coletados, nos mesmos pontos amostrais, anéis volumétricos de Kopecky para avaliação da densidade do solo.

As análises físicas e químicas do solo foram feitas no Laboratório de Ecologia Florestal do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Santa Maria, seguindo a metodologia de Tedesco et al. (1995), sendo P e K extraídos com solução Mehlich – 1; Ca e Mg extraídos por solução de KCl (1mol l⁻¹); S extraído por solução de Ca (H₂PO₄)² a 500 mg de P l⁻¹; B extraído com água quente (55°C); Cu e Zn com HCl 0,1 M.

4.6 Determinação do índice de área foliar

O índice de área foliar foi determinado a partir da área foliar específica (AFE), obtida através da coleta de uma alíquota de folhas (100 g) na ocasião da determinação da biomassa desta fração, nas 9 árvores abatidas. As folhas foram pesadas a campo, levadas ao laboratório onde foram fotografadas com auxílio de uma câmera fotográfica digital e, após, foram processadas no *software* UTHSCSA, *Image tool for windons version 3.0* (2002) para a obtenção da área foliar.

Após a determinação das imagens digitais, as folhas foram secas em estufa de circulação e renovação de ar a 70°C e, após a secagem foram pesadas em balança com leitura de precisão 0,01 g. De posse da área foliar e peso seco das amostras, foi determinada a área foliar específica que é a razão entre área foliar (m²) pelo peso seco da amostra (kg).

De posse da AFE o índice de área foliar foi calculado através da equação:

$$IAF = (\sum PSFP * AFE) / AP$$

Onde:

IAF: índice de área foliar, m². m⁻²

$\sum PSFP$ = peso seco total de folhas da parcela, Kg;

AFE= área Foliar específica, kg m⁻²;

AP= Área da parcela, m².

4.7 Implicações ecológicas e silviculturais da colheita da biomassa

Para tal avaliação foram realizadas as seguintes simulações de aproveitamento da biomassa:

- Colheita da biomassa total aos quatro anos de idade.
- Colheita da madeira do tronco + casca do tronco + copa das árvores no desbaste de 40% do povoamento.
- Colheita da madeira comercial + casca comercial ($d \geq 8$ cm) no desbaste de 40% do povoamento.
- Colheita apenas da madeira comercial ($d \geq 8$ cm) sem a casca no desbaste de 40% do povoamento.

4.8 Coeficiente de utilização biológica

O coeficiente de utilização biológica (CUB) de nutrientes foi obtido pela relação entre quantidade de biomassa de cada componente e os nutrientes, ambos com a mesma unidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise física e química do solo

Tabela 1– Atributos físicos do solo na área experimental, localizada em São Francisco de Assis-RS.

Profundidade (cm)	Areia %		Silte % (0,05 - 0,002 mm)	Argila % (< 0,002 mm)	Densidade (g cm ⁻³)
	(2,0 - 0,2 mm)	(0,2 - 0,05 mm)			
0-20	57,6	25,9	83,5	0,3	1,26
20-40	57,3	26,3	83,6	1,5	1,23
40-100	55,2	27,7	82,9	1,5	1,13

O local de estudo envolve solos profundos, fortemente drenados, de textura areia franca até 50 cm de profundidade, seguidos de textura franco arenosa e/ou franco argilo arenosa nos horizontes mais profundos.

Tabela 2– Atributos químicos do solo na área do experimento, localizada no município de São Francisco de Assis-RS.

Profundidade (cm)	MO	pH	P	K	S	m	V
	(%)	(H ₂ O)		(mg dm ⁻³)		(%)	
0-20	0,7	4,9	3,5	33,0	7,9	76,0	11,8
20-40	0,6	4,9	1,4	13,7	9,3	93,7	3,5
40-100	0,6	4,7	1,7	10,3	15,5	92,3	4,0
Profundidade (cm)	CTC _{efet.}	CTC _{pH7}	Ca	Mg	B	Cu	Zn
		(cmol _c dm ⁻³)				mg dm ⁻³	
0-20	1,25	2,54	0,11	0,10	0,3	0,9	0,3
20-40	1,24	2,25	<0,05	0,02	0,3	0,8	0,2
40-100	1,23	2,45	0,05	0,03	0,3	1,0	0,1

Onde: m= Saturacao por alumínio; V= Saturação por bases; CTC_{efet.}=Capacidade de Troca de cátions efetiva; CTC_{pH7}= Capacidade de Troca de Cations a pH 7.

Segundo a Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004), o teor de matéria orgânica no solo é considerado baixo ($\leq 2,5\%$), o pH em água e o fósforo (P) disponíveis são considerados muito baixo ($\leq 5,0$; e $\leq 7,0 \text{ mg dm}^{-3}$ respectivamente), o K trocável é médio na profundidade de 0 - 20 cm ($31 - 45 \text{ mg dm}^{-3}$) e muito baixo nas demais profundidades ($\leq 15 \text{ mg dm}^{-3}$), o enxofre extraível do solo é alto (> 5). A saturação por bases é considerada muito baixa ($< 45\%$) e saturação por alumínio alta ($> 20\%$). O Ca e Mg trocáveis são baixos ($\leq 2,0$ e $\leq 0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente).

Quanto aos micronutrientes, o teor de boro é considerado médio ($0,1 - 0,3 \text{ mg dm}^{-3}$), o cobre considerado alto ($> 0,4 \text{ mg dm}^{-3}$) e o zinco é considerado médio nas profundidades de 0 - 20 cm e de 20 - 40 cm ($0,2 - 0,5 \text{ mg dm}^{-3}$), porém é considerado baixo na profundidade de 40 - 100 cm ($< 0,2 \text{ mg dm}^{-3}$).

Através destes dados, de maneira geral, pode-se concluir que o solo da área experimental de São Francisco de Assis-RS é de baixa fertilidade, o que poderia trazer diversos reflexos para o crescimento das plantas.

5.2 Características dendrométricas

O diâmetro a altura do peito máximo, médio e mínimo encontrados foram de 18,4, 15,6 e 8,6 cm respectivamente. Nas três parcelas de 28 m x 32,5 m (910 m^2) avaliadas, obteve-se uma média de 97,3 árvores por parcela. O número inicial de plantas de eucalipto foi de 1.142, porém aos quatro anos de idade o povoamento apresentou 93,6% dos indivíduos iniciais, o que equivale a $1.069 \text{ plantas ha}^{-1}$. (Tabela 3).

O povoamento apresentou volume com casca de 200 m^3 , ou seja, um incremento médio de $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

Tabela 3– Características dendrométricas do povoamento de *Eucalyptus saligna* aos quatro anos de idade.

Variável	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Média
n	96	95	101	97,3
N	1054	1043	1109	1069
DAP médio (cm)	15,4	15,9	15,6	15,6
H. Média (m)	20,1	20,4	20,3	20,2
IAF	2,88	3,10	3,75	3,24

Onde: n= Número de árvores; N= Número de árvores por hectare; DAP médio= Diâmetro à altura do peito médio; H média= média das Alturas das árvores.

O índice de área foliar encontrado no estudo foi de 3,24. Este valor foi menor que o de 4,31 encontrado por Xavier et al (2002), estudando a variação do índice de área foliar ao longo do ciclo de desenvolvimento de clones de eucalipto em um talhão de 2 anos de idade. No mesmo trabalho, porém, foi encontrado o valor de 1,72 em um talhão de 5 anos de idade. Esta variação deve estar relacionada à diferença de idade entre os povoamentos, ao espaçamento entre plantas e também a diferença de espécies.

5.3. Biomassa acima do solo

A biomassa total de *Eucalyptus saligna* acima do solo foi de 88,81 Mg ha⁻¹. O componente madeira apresentou a maior quantidade de biomassa (68,2 Mg ha⁻¹) ou seja 76,8% do total da parte aérea, seguido pela casca (9,3%), galhos (7,9%) e folhas (6%) (Tabela 4).

Valor muito semelhante foi encontrado por Schumacher e Caldeira (2001) estudando um povoamento de *Eucalyptus globulus* subespécie *maidenii* aos 4 anos de idade no município de Butiá- RS. Neste trabalho os autores encontraram a biomassa total acima do solo de 83,2 Mg ha⁻¹.

Tabela 4– Quantidade de biomassa acima do solo (Mg ha^{-1}) em povoamento de *Eucalyptus saligna* aos quatro anos de idade.

Estadística	Madeira	Casca	Galhos	Folhas	Total
Biomassa	68,2	8,2	7	5,4	89
%	76,8	9,3	8	6	100
σ	10,2	1	2	1	
CV%	15,9	14	32	19	

Onde: %= porcentagem; σ = Desvio padrão; CV % = Coeficiente de variação.

Estes dados apresentam a mesma tendência (madeira > casca > galhos > folhas) dos apresentados por Santana et al (1999), avaliando a biomassa e conteúdo de nutrientes de procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em alguns sítios no estado de SP.

Conforme CURLIN (1970), geralmente a parte aérea das árvores tem sua biomassa distribuída na seguinte ordem: lenho > galhos > casca > folhas. Estas diferenças podem ser explicadas devido ao fato que a quantidade de biomassa nos diferentes componentes pode variar de acordo com a qualidade do sítio, da disponibilidade de nutrientes no solo ou devido às características climáticas do povoamento (KADEBA, 1994), e também pela diferença de espécies e de procedências.

Quando se soma o valor da casca ao componente madeira, a biomassa passa a representar 86,1% e a biomassa da copa (folhas e galhos) representa apenas 13,9%. Valores semelhantes foram encontrados por Poggiani et al. (1983) que estudaram um povoamento de *Eucalyptus saligna* aos 8 anos de idade e verificaram que em média 85% da biomassa aérea encontra-se no fuste e o restante na copa; Schumacher e Caldeira (2001) em um povoamento de *Eucalyptus globulus* subespécie *maidenii* aos 4 anos, encontraram uma biomassa do fuste (madeira+ casca) e biomassa da copa de 77,8% e 22,2% respectivamente.

Andrae (1983) estudando um povoamento de *Eucalyptus saligna* com 8 anos de idade, encontrou a participação percentual dos galhos na biomassa arbórea acima do solo de apenas 9%

Schumacher (1998) com *Eucalyptus globulus* subespécie *bicostata*, aos 4 anos de idade, observou que a copa representa 28% da biomassa total acima do

solo, enquanto os 72% restantes são representados pela casca e pela madeira do tronco.

No entanto, alguns trabalhos não similares também foram encontrados como o de ANDRAE & KRAPPENBAUER (1979), com *Eucalyptus saligna*, aos quatro anos de idade; e o de FREITAS (2000) com *Eucalyptus grandis*, aos 9 anos de idade.

5.4 Nutrientes na biomassa

Os teores de nutrientes nos diferentes componentes da biomassa acima do solo, em povoamento de eucalipto, foram significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) (Tabela 5 e 6).

Tabela 5– Teores de macronutrientes nos diferentes componentes da biomassa do *Eucalyptus saligna* aos quatro anos de idade.

Componente		Macronutrientes (g kg ⁻¹)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Folha	Teor	16,36	1,63	9,09	5,72	2,77	0,9
	σ	1,22	0,21	1,5	0,73	0,26	0,17
	CV%	7,34	12,8	16,5	12,72	9,49	19,11
		<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>a</i>
Casca	Teor	3,04	0,61	4,79	12,44	2,38	0,22
	σ	0,18	0,1	0,26	2,19	0,36	0,08
	CV%	5,95	16,31	5,48	17,6	15,22	37,14
		<i>b</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>b</i>
Galho	Teor	3,14	0,58	5,32	5,49	1,79	0,27
	σ	0,67	0,19	1,52	0,82	0,37	0,03
	CV%	21,24	32,44	28,61	14,98	20,57	11,5
		<i>b</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>b</i>
Madeira	Teor	0,8	0,13	1,01	0,49	0,23	0,09
	σ	0,06	0,02	0,09	0,09	0,04	0,03
	CV%	7,21	16,48	9,05	17,99	19,39	38,86
		<i>c</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>c</i>

Onde: σ = desvio padrão; CV%= coeficiente de variação. Letras diferentes na vertical, em itálico, indicam diferenças significativas entre os diferentes componentes da biomassa acima do solo, ao nível de 0,05 de significância, pelo teste de Tukey.

Tabela 6– Teores de micronutrientes nos diferentes componentes da biomassa do *Eucalyptus saligna* aos 4 anos de idade.

Componente		Micronutrientes (mg kg ⁻¹)				
		B	Cu	Fe	Mn	Zn
Folha	Teor	31,86	4,83	90,35	1 469,94	8,11
	σ	3,88	1,3	5,76	240,7	1,38
	CV%	12,19	26,84	6,38	16,37	17,07
		<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>
Casca	Teor	11,32	2,84	18,45	1 845,03	4,37
	σ	1,82	0,4	8,38	166,21	0,81
	CV%	16,03	14,24	45,4	9,01	18,67
		<i>b</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
Galho	Teor	11,70	5,90	28,19	1 175,09	4,31
	σ	1,21	1,13	7,55	218,9	1,35
	CV%	10,3	19,16	26,78	18,63	31,22
		<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>b</i>
Madeira	Teor	4,68	1,27	6,73	68,10	2,10
	σ	1,25	0,23	5,87	11,51	0,69
	CV%	26,64	18,02	87,21	16,9	33,04
		<i>c</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>c</i>

Onde: σ = desvio padrão; CV%= coeficiente de variação. Letras diferentes na vertical, em itálico, indicam diferenças significativas entre os diferentes componentes da biomassa acima do solo, ao nível de 0,05 de significância, pelo teste de Tukey.

A maior concentração de nutrientes ocorreu no componente folha. Já a menor concentração ocorreu no componente madeira e os componentes galhos e casca apresentaram concentração intermediária de nutrientes. O Ca e Mn foram exceção, pois estiveram mais concentrados na fração casca, e o Cu, que não apresentou diferença significativa entre as folhas e galhos.

De acordo com Haag (1987), os nutrientes são distribuídos entre os vários componentes de forma diferenciada. Flores, frutos, folhas e tecidos em crescimento apresentam maiores concentrações, enquanto que caules do extrato superior e estruturas maduras apresentam níveis mais baixos de nutrientes.

A mesma tendência foi encontrada por Viera et al (2012), estudando um povoamento de *Eucalyptus urograndis* com 18 meses de idade em Piratini-RS; por Schumacher (1998) com *Eucalyptus globulus*. Porém Freitas (2000) em seu estudo

com *Eucalyptus grandis*, observou que as maiores diferenças de teor de N, P e K estavam na madeira.

O maior teor de nutrientes na folha pode ser explicado devido ao fato de que é nesta fração que encontram-se a maioria das células vivas que tendem acumular maiores quantidades de nutrientes, em razão dos processos de transpiração e fotossíntese.

Segundo Kramer e Kozlowski (1972), o magnésio faz parte do componente fotossintético, ou seja, faz parte da estrutura da clorofila a e b, sendo comum sua maior concentração nas folhas do que em outros componentes das plantas.

As variações na distribuição de biomassa à medida que a árvore envelhece e diferenças na concentração de nutrientes em cada componente irão refletir na variação da quantidade de nutrientes totais em cada componente da árvore.

A disponibilidade de nutrientes é um dos principais fatores para o crescimento das plantas, embora nem sempre se consiga boa equivalência entre teores no solo e quantidade absorvida pela planta.

Comparando-se a distribuição percentual da biomassa com a alocação de nutrientes nos diversos componentes da árvore, verifica-se que a quantidade de nutrientes nas folhas, mesmo representando apenas 6% da biomassa acima do solo, é relativamente superior àquela existente na madeira. Haag (1985) afirma que o teor de nutrientes no tronco é sempre menor do que o teor de nutrientes da copa, cuja biomassa sempre representa uma pequena parcela da árvore total.

Os teores de nutrientes na planta refletem o estado nutricional da mesma, assim como, a fertilidade do solo. Portanto, no enfoque mais comum, são estabelecidos intervalos de teores de cada nutriente no tecido que indicam deficiência, suficiência ou toxicidade.

Relacionando os teores de macronutrientes nas folhas com aqueles citados por Gonçalves (1995), para *Eucalyptus*, os teores de N e K estão dentro da faixa adequada (13,5-18; 9,0-13, respectivamente), o de P esta acima da faixa adequada (0,9-1,3), o Ca, o Mg e o S estão abaixo do considerado adequado (6,0-10; 3,5-5; 1,5-2,0 respectivamente). Para os micronutrientes os teores do B está dentro da faixa adequada (30,0-50,0) e do Cu, o Fe e o Zn estão abaixo da faixa adequada (7,0-10,0; 150-200; 35,0-50,0), os teores do Mn estão acima da faixa de suficiência (400-600). Porém o mesmo autor afirma que as espécies de *Eucalyptus* e *Pinus*

plantados no Brasil são adaptadas a baixos níveis de fertilidade do solo. Estas espécies são pouco sensíveis à acidez do solo e toleram altos níveis de Al e Mn.

Na madeira foram encontrados 28,7% de N, 32,5% de P, 35,4% de K, 16,2% de Ca; 25% Mg e 40,7% de S, enquanto que nas folhas estes mesmos elementos representavam 46,6% N; 32,9% P, 25% K; 14,9% Ca; 23,6% Mg e 33,6% S.

Tabela 7 – Quantidade de macronutrientes nos diferentes componentes formadores da biomassa do *Eucalyptus saligna* aos quatro anos de idade.

Componente.	Macronutrientes (Kg ha ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Folha	89,09 (46,6)	8,72 (32,9)	48,73 (25,0)	30,67 (14,9)	14,87 (23,6)	4,83 (33,6)
Casca	25,06 (13,1)	5,05 (19,1)	39,47 (20,3)	102,50 (50,1)	19,64 (31,3)	1,79 (12,5)
Galho	22,03 (11,5)	4,10 (15,5)	37,33 (19,2)	38,50 (18,8)	12,57 (20,0)	1,89 (13,2)
Madeira	54,78 (28,7)	8,59 (32,5)	68,85 (35,4)	33,13 (16,2)	15,70 (25,0)	5,84 (40,7)
Total	190,96	26,47	194,37	204,80	62,78	14,35

Onde: Valores em itálico e entre parênteses correspondem ao percentual de cada componente em relação ao total.

Tabela 8 – Quantidade de micronutrientes nos diferentes componentes formadores da biomassa do *Eucalyptus saligna* aos quatro anos de idade.

Componente	Micronutrientes (g ha ⁻¹)				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Folha	170,84 (25,6)	25,91 (14,6)	484,37 (37,5)	7880,81 (21,9)	43,49 (17,2)
Casca	93,32 (14,0)	23,40 (13,2)	149,30 (11,6)	15204,83 (42,3)	35,98 (14,2)
Galho	82,07 (12,3)	41,38 (23,3)	197,76 (15,3)	8242,72 (22,9)	30,23 (11,9)
Madeira	319,36 (48,0)	86,74 (48,9)	459,40 (35,6)	4647,42 (12,9)	143,45 (56,7)
Total	665,59	177,43	1290,84	35975,78	253,16

Onde: Valores em itálico e entre parênteses correspondem ao percentual de cada componente em relação ao total.

Observou-se que dos 693,73 kg ha⁻¹ de macronutrientes acumulados na biomassa do *Eucalyptus saligna*, 27,5% foram de N; 3,8% de P; 28,0% de K; 29,5% de Ca; 9,0% de Mg e 2,2% de S. Dos 38,36 kg ha⁻¹ de micronutrientes acumulados 1,7% foi de B, 0,5% de Cu, 3,4% de Fe, 93,8% de Mn e 0,6% de Zn.

A magnitude de armazenamento dos elementos na biomassa total apresentou a seguinte ordem decrescente de acúmulo para macronutrientes: Ca > K > N > Mg > P > S e Mn > Fe > B > Zn > Cu para os micronutrientes. Esta sequência de macronutrientes diferiu em relação a dois elementos (K e N) do trabalho de Schumacher e Caldeira 2001; do trabalho realizado por Freitas 2000; o de Santana et al 1999 e o de Viera 2012, onde nitrogênio foi maior do que o potássio. Para os micronutrientes foi igual a sequência encontrada por Viera et al 2012.

5.5 Coeficiente de utilização biológica (CUB)

Os maiores valores de CUB foram encontrados para o S e o P (Tabela 9), isto indica que, dentre os nutrientes avaliados, eles foram utilizados com maior eficiência para a produção de madeira. O coeficiente de utilização de macronutrientes da madeira decresceu na seguinte ordem: S > P > Mg > Ca > N > K. Esta ordem foi igual a encontrada por Melo et al 1995 em plantios de *Eucalyptus saligna* no Rio Grande do Sul, e diferiu do trabalho realizado por Viera 2012, com o híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus* em Eldorado do Sul-RS, onde observou a magnitude média de: P > S > Mg > Ca > N > K; e também por Santana, Barros e Neves (2002), em três procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*, que observaram a magnitude média de: P > Mg > K > N > Ca.

Em relação à eficiência de utilização de micronutrientes, o cobre é o nutriente mais eficientemente utilizado pelos componentes da biomassa, com exceção dos galhos, seguido pelo Zn, B, Fe e Mn (Tabela 9).

Tabela 9 - Coeficiente de utilização biológica (CUB) de nutrientes dos diferentes componentes da biomassa de *Eucalyptus saligna* aos quatro anos de idade.

Componentes	Macronutrientes						Micronutrientes				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Folhas	60	614	110	175	360	1109	31	207	11	1	123
Casca	329	1631	209	80	420	4608	88	352	55	1	229
Galhos	318	1710	188	182	558	3705	85	170	35	1	232
Madeira	1246	7944	991	2059	4348	11688	214	787	149	15	476

A madeira apresenta os maiores valores do CUB e nas folhas estão os menores valores do CUB, com exceção do Ca e CU que estão na casca, alertando para a importância de manter este componente no sitio após a colheita.

5.6 Implicações silviculturais e ecológicas

No talhão onde o estudo foi alocado, realizou-se um desbaste sistemático de 40% da área, a partir desta seção todos os cálculos foram realizados com base nestes dados (Tabela 10).

Tabela 10– Quantidade de biomassa (Mg ha^{-1}) em povoamento de *Eucalyptus saligna* submetido ao primeiro desbaste.

Estatística	Madeira	Casca	Galhos	Folhas	Total
Média (Mg ha^{-1})	27,28	3,30	2,80	2,14	35,52
%	76,8	9,3	7,9	6,0	100,0

No desbaste de 40% da área a biomassa total exportada é de $35,52 \text{ Mg ha}^{-1}$, sendo $27,28 \text{ Mg ha}^{-1}$ de madeira, $3,30 \text{ Mg ha}^{-1}$ de casca, $2,80 \text{ Mg ha}^{-1}$ de galhos e $2,14 \text{ Mg ha}^{-1}$ de folhas.

Na tabela 11 e 12 abaixo encontram-se as quantidades de nutrientes exportadas do sistema nesta intensidade de desbaste.

Tabela 11– Quantidade de macronutrientes exportados nos diferentes componentes em função do desbaste de 40%.

Componente	Macronutrientes (kg ha ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Folha	35,64	3,49	19,49	12,27	5,95	1,93
Casca	10,02	2,02	15,79	41,00	7,86	0,72
Galho	8,81	1,64	14,93	15,40	5,03	0,76
Madeira	21,91	3,44	27,54	13,25	6,28	2,34
Total	76,38	10,59	77,75	81,92	25,11	5,74

Foram exportados 76,38 kg ha⁻¹ de N, 10,59 kg ha⁻¹ de P, 77,75 kg ha⁻¹ de K, 81,92 kg ha⁻¹ de Ca, 25,11 kg ha⁻¹ de Mg e 5,74 kg ha⁻¹ de S.

Tabela 12 Quantidade de micronutrientes exportados nos diferentes componentes em função do desbaste de 40%.

Componente	Micronutrientes (g ha ⁻¹)				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Folha	68,33	10,36	193,75	3152,32	17,40
Casca	37,33	9,36	59,72	6081,93	14,39
Galho	32,83	16,55	79,11	3297,09	12,09
Madeira	127,74	34,70	183,76	1858,97	57,38
Total	266,24	70,97	516,34	14390,31	101,26

Esta situação torna-se de extrema importância para a manutenção dos sítios, uma vez que as empresas tem optado pelo corte cada vez mais cedo do povoamento.

Na figura 5, pode-se observar a quantidade de nutrientes que são mantidos e exportados do campo através do desbaste de 40% do povoamento em relação ao corte raso. Neste caso, considerando que seria feita a colheita de todos os componentes da biomassa.

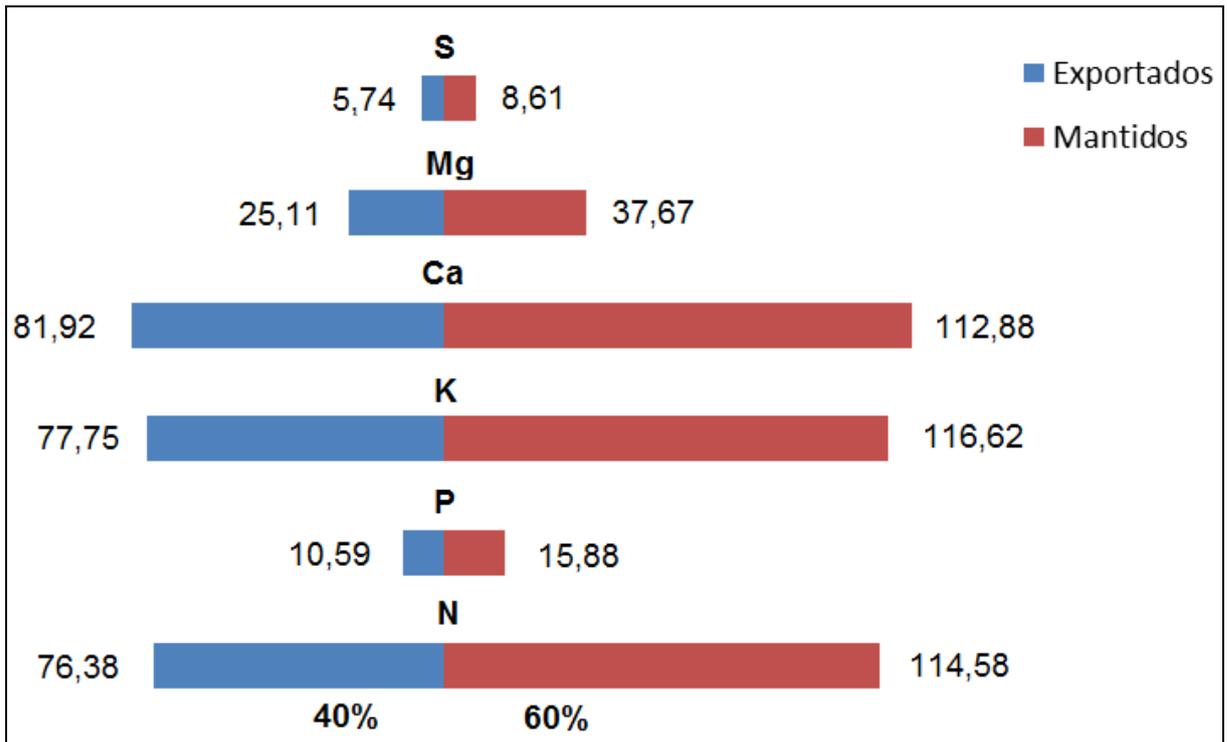


Figura 5– Quantidade de nutrientes (kg ha⁻¹) que são mantidos e exportados na ocasião do desbaste de 40% do povoamento.

Com isto, 60% da biomassa e dos nutrientes permanecem na área para que venham a ser retirados no corte raso com 7 anos de idade.

As empresas florestais estão cada vez mais preocupadas com a capacidade produtiva do sítio e por isto acabam optando pela colheita apenas dos componentes da biomassa que serão utilizados para suprir a matéria-prima da indústria florestal, deixando os resíduos da colheita no solo para que se exporte o mínimo de nutrientes possíveis do sítio.

Os componentes da biomassa, madeira e casca, podem ser separados em madeira comercial, casca comercial e ponteiro da árvore (madeira ponteiro + casca ponteiro). Isto porque, a ponteira normalmente não é utilizada comercialmente e pode ser deixada no campo.

O valor de referência utilizado para o cálculo do ponteiro, foi o diâmetro mínimo de 8 cm, ou seja, a madeira com diâmetro maior que 8 cm é classificada como madeira e casca comercial, diâmetros menores que 8 cm, fazem parte da ponteira. Com base neste valor de referência, avalia-se que o ponteiro representa 23,7% da biomassa (Tabela 13).

Tabela 13– Quantidade de biomassa (Mg ha^{-1}) presentes na madeira, na casca e ponteiro em povoamento de *Eucalyptus saligna* submetido ao desbaste de 40%.

Estatística	Madeira comercial	Madeira ponteira	Casca comercial	Casca ponteira	Ponteira
Média	19,77	7,50	2,40	0,90	8,41
%	72,5	27,5	72,6	27,4	23,7%

Quando soma-se a ponteira (23,7%), os componentes galhos (7,9%) e folhas (6%), 37,6% da biomassa permanece no campo, o que na situação apresentada (desbaste de 40% do povoamento), equivale a $13,34 \text{ Mg ha}^{-1}$. Portanto, do ponto de vista ecológico, visando à sustentabilidade do ecossistema no passar de outros ciclos da cultura, o aproveitamento da madeira e casca cujo diâmetro seja superior a 8 cm é de suma importância, pois a biomassa que fica no campo estaria contribuindo com 60,2% dos macronutrientes e 59,9% dos micronutrientes, que ficariam disponíveis às rotações futuras pelo processo de decomposição gradativa do material.

Na figura 6, encontram-se as quantidades de macronutrientes que são mantidas e que são exportadas na área com a colheita apenas da madeira comercial e casca comercial, com diâmetro superior a 8 cm.

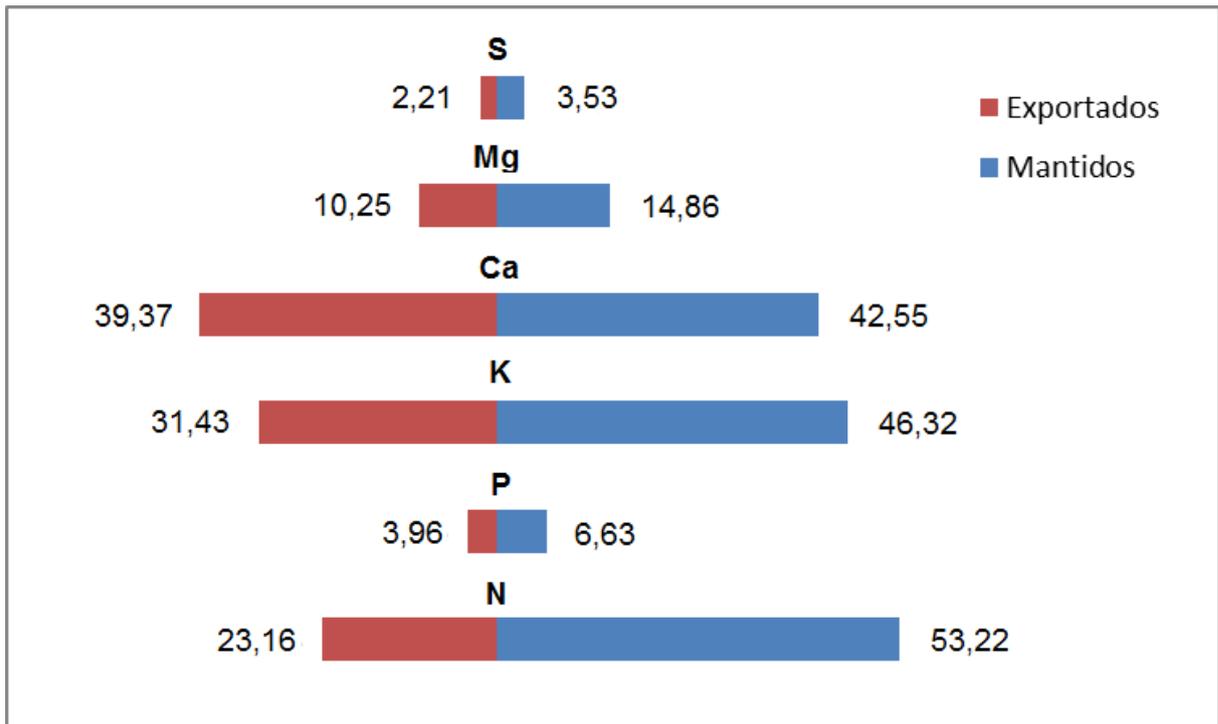


Figura 6 - Quantidade de nutrientes (kg ha⁻¹) que são mantidos e exportados do sistema com o aproveitamento da madeira com casca com diâmetro superior a 8 cm.

Como pode-se observar, seriam exportados apenas 23,16 kg ha⁻¹ de N, 3,96 kg ha⁻¹ de P, 31,43 kg ha⁻¹ de K, 39,37 kg ha⁻¹ de Ca, 10,25 kg ha⁻¹ de Mg e 2,21 kg ha⁻¹ de S. Para os micronutrientes a exportação seria de 119,72 g ha⁻¹ de B, 31,95 g ha⁻¹ de Cu, 176,59 g ha⁻¹ de Fe, 5763,23 g ha⁻¹ de Mn e 52,05 g ha⁻¹ de Zn.

Vale ressaltar ainda, que se fosse realizado o descascamento da madeira no campo, os ganhos seriam ainda maiores, uma vez que a quantidade de nutrientes contida na casca é muito significativo, particularmente para o eucalipto, que tem o Ca como o nutriente mais acumulado neste componente. Esta decisão acarretaria numa grande economia de nutrientes para o estoque da área, com elevada repercussão sobre o potencial produtivo da mesma. Realizando-se esta operação a porcentagem da biomassa deixada no campo subiria para 46,9% da biomassa, totalizando 16,36 Mg ha⁻¹, com isto a quantidade de macronutrientes mantida seria de 80,5% (Figura 7) e de micronutrientes de 88,4%, sendo 92,61 g ha⁻¹ de B, 25,25 g ha⁻¹ de Cu, 133,23 g ha⁻¹ de Fe, 1347,75 g ha⁻¹ de Mn e 41,60 g ha⁻¹ de Zn.

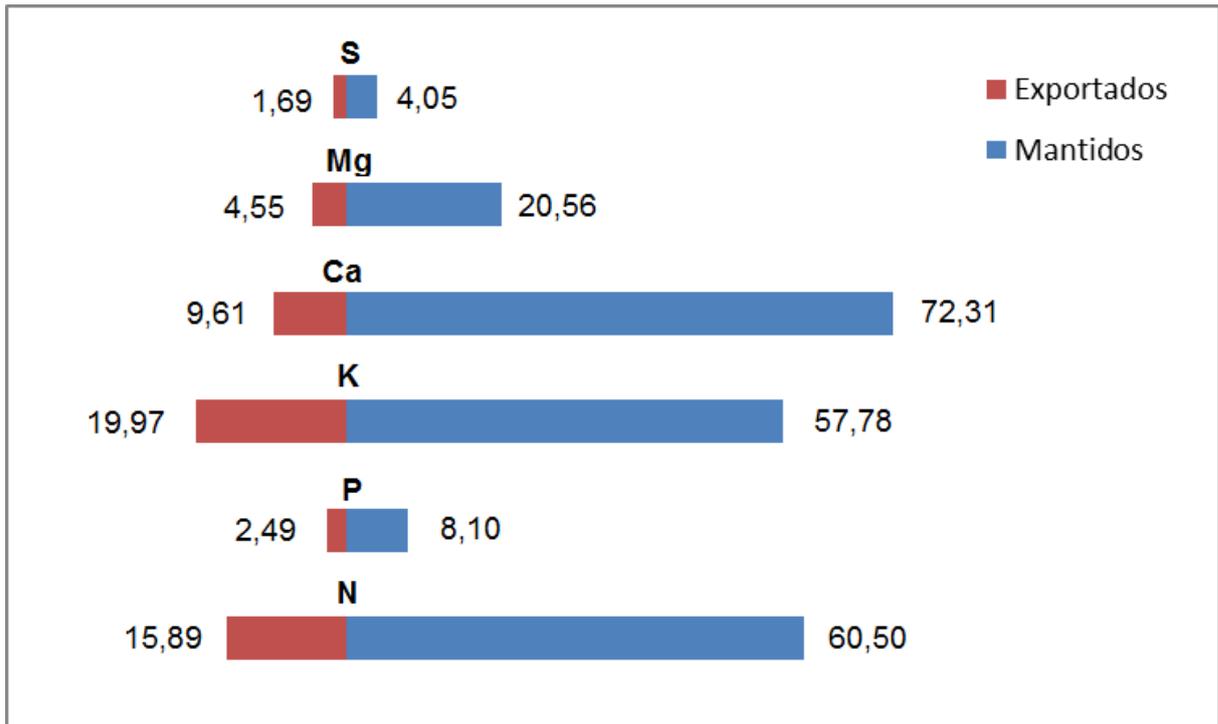


Figura 7 - Quantidade de nutrientes (kg ha⁻¹) que são mantidos e exportados do sistema com o aproveitamento da madeira sem casca com diâmetro superior a 8 cm.

Gonçalves et al. (2000), trabalhando com *Eucalyptus grandis*, relatam que os resíduos florestais (folhas, galhos, casca e serapilheira), equivalem a 28% do total da biomassa acima do solo, estando contidos nestes 57% do N, 61% do P, 51% do K e 76% de Ca+Mg.

Santana et al. (1999), estudando *E. grandis* e *E. saligna* observou que o conteúdo de nutrientes da copa e da casca representa, aproximadamente respectivamente, 68-78% de cálcio, 70-74% de magnésio, 57-62% de fósforo, 48-46% de nitrogênio e 45-44% de potássio em relação ao conteúdo total.

Segundo Goncalves (1995), para espécies de *Eucalyptus*, a recomendação de Ca e Mg poderá ser baseada nas quantidades de Ca exportadas com a exploração das florestas. Pode-se tomar como base de cálculo das doses a serem aplicadas a exportação de 300 Kg ha⁻¹ de Ca, para solos de baixa fertilidade. Estas quantidades de Ca correspondem a doses de calcário dolomítico equivalentes a 1.500 kg ha⁻¹. No caso do desbaste de 40% com colheita de todos os componentes, a exportação de Ca foi de 81,92 kg ha⁻¹, então para que fosse repostado, seria necessário a aplicação de aproximadamente 410 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico, valor

este, que baixaria para 197 kg ha⁻¹ se o ponteiro e a copa fossem deixadas no sítio e ainda para 48 kg ha⁻¹ se apenas a madeira comercial fosse retirada do sítio, causando redução de custos e passivos ambientais, com a reposição nutricional do sítio florestal.

A concentração de nutrientes nos tecidos vegetais reflete a influência da fertilidade do solo. Em solos com baixos teores de nutrientes em formas disponíveis e totais, a exportação de elevadas quantidades de nutrientes pela colheita florestal ao longo das rotações pode levar a redução da capacidade produtiva do sítio.

Com base nos teores no solo, cálcio e potássio são os nutrientes que mais poderão limitar a produtividade do próximo ciclo, quando se considera a colheita da madeira + casca. Entretanto esta limitação pode ser substancialmente reduzida, principalmente para o cálcio, se a colheita se restringir a madeira comercial. Os resultados indicam que a permanência do ponteiro, da copa e o descascamento no campo é recomendável, pois além de garantir maior proteção ao solo, adiciona cerca de 16,36 Mg ha⁻¹ de biomassa, evitando a exportação, em média de 88,3% de Ca, 81,9% de Mg, 79,2% de N, 76,5% de P, 74,3% de K, e 70,55% de S.

Independente do sistema de aproveitamento escolhido, o nutriente mais limitante para as futuras rotações seria o potássio.

A utilização de técnicas de colheita conservacionistas contribuiria de forma significativa para não diminuir em demasia os níveis de fertilidade dos solos. Isto também influenciaria nas perturbações dos sítios e as conseqüentes perdas de matéria orgânica, favorecendo a biodiversidade microbiana do sítio, devido a manutenção de maior quantidade de biomassa no solo.

6 CONCLUSÃO

A maior biomassa acima do solo está no compartimento madeira, correspondendo a 76,8% da biomassa total.

As folhas apresentaram as maiores concentrações de nutrientes, com exceção do Ca, Mn que estão alocados em maior quantidade na casca e do Cu que não apresentou diferença significativa entre as folhas e galhos.

A magnitude total da quantidade de nutrientes na biomassa foi: Ca > K > N > Mg > P > S, para os macronutrientes e Mn > Fe > B > Zn > Cu, para os micronutrientes.

Quando realizada apenas a colheita da madeira comercial e casca comercial ($d \geq 8$ cm) a biomassa deixada no campo contribuiria com 60,2% dos macronutrientes e 59,9% dos micronutrientes.

Removendo apenas a madeira comercial, a porcentagem de nutrientes deixados no campo sobe para 80,5% de macronutrientes e 88,4% de micronutrientes.

Independente do sistema de aproveitamento escolhido, o nutriente mais limitante para as futuras rotações será o potássio.

7. RECOMENDAÇÕES

Em termos ecológicos e silviculturais, o processo que menos exportaria nutrientes do sistema seria aquele em que se colheria apenas a madeira comercial, com isto recomenda-se que seja deixado os demais componentes (folhas, ponteiros, galhos, casca) no sítio, como resíduo florestal, diminuindo assim a adubação.

Para que se tenha uma resposta mais efetiva com relação a ciclagem de nutrientes no povoamento, recomenda-se que estudos sejam realizados novamente quando o povoamento estiver com 7 anos de idade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF – Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico da ABRAF**: ano base 2009. Brasília. 2010. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas.asp>>. Acesso em: 15 de janeiro de 2013.

ABRAF – Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico da ABRAF**: ano base 2010. Brasília. 2011. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas.asp>>. Acesso em: 15 de janeiro de 2013.

ABRAF – Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico da ABRAF**: ano base 2011. Brasília. 2012. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas.asp>>. Acesso em: 15 de janeiro de 2013.

ANDRADE, E. N. de. **O Eucalipto**. Companhia Paulista de Estradas de Ferro, Jundiaí, SP. 1961. 667 p.

ANDRAE, F. **ECOLOGIA FLORESTAL**. Santa Maria, Imprensa Universitária da Universidade Federal de Santa Maria, 1978. 230 p.

ANDRAE, F.; KRAPPENBAUER, A. Untersuchungen ueber Biomassen und Naehrstoffverhaeltnisse in einer 4-jaehrigen Aufforstung mit Eucalyptus saligna Smith in Santa Maria, R. S. Brasilien. **Centralblatt fuer das Gesamte Forstwesen**, v. 96, n. 1, p. 1-29, 1979.

ANDRAE, F. H.; KRAPPENBAUER, A. Inventário de um reflorestamento de Araucária de 17 anos em Passo Fundo, RS. Parte I: Inventário de Biomassa. In:_____. (Eds). **Pesquisa Austro-Brasileira 1973- 1982 sobre Araucária angustifolia, Podocarpus lambertii e Eucalyptus saligna**. Santa Maria, Brasil/ Viena-Áustria: Universidade Federal de Santa Maria/ Universitaet fuer Bodenkultur, 1983. p. 16-29.

ATLAS CLIMATICO- RIO GRANDE DO SUL. Disponível em: <http://www.r3pb.com.br/atlas/Atlas_Climatico_do_Rio_Grande_do_Sul/Atlas.html> Acesso em 27 de janeiro de 2013.

AZEVEDO, A. C. S.; QUIRINO, W. F. Aumento da estabilidade na madeira de eucalipto através de tratamento térmico. **Revista da Madeira**, Curitiba, ano 16, n. 98, p. 50-58, ago. 2006.

CALDEIRA, M.V.W. **Quantificação da biomassa e do conteúdo de nutrientes em diferentes procedências de Acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.)** 1998. 96 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1998.

CALDEIRA, M.V.W. SCHUMACHER, M.V.; NETO, R.M.R.; WATZLAWICK, L.F.; SANTOS, E.M. Quantificação da biomassa acima do solo de *Acacia mearnsii* De Wild., procedência Batemans Bay- Austrália. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.11, n. 2, p.79-91, 2001.

CALDEIRA, M.V.W.; SCHUMACHER, M.V.; TEDESCO, N.; PEREIRA, J.C., SANTOS, E.M. Produção de biomassa em uma procedência australiana de *Acacia mearnsii* De Wild. plantada no sul do Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v.24, p.201-206, 2000.

CAMPOS, M.A.A. **Balço de biomassa e nutrientes em povoamentos de *Ilex paraguariensis*: avaliação na safra e na safrinha.** 1991. 106p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

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 de Mestrado em Silvicultura - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

CURLIN, J. W. Nutriente cycling as a factor in site productivity and forest fertilization. In: YOUNGBERG, C.T.; DAVEY, C. B. Ed. **Tree growth and forest soils.** Oregon: Oregon State University Press, 1970. p. 313-26.

FAO. **El eucalipto en la repoblación forestal.** Roma, 1981. 303p.

FINGER, C.A.G. **Fundamentos de Biometria Florestal.** Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, 1992. 269 p.

FOELKEL, C. Minerais e nutrientes. das árvores dos eucaliptos: Aspectos ambientais, fisiológicos, silviculturais e industriais acerca dos elementos inorgânicos presentes nas árvores. **Eucalytus Online Book & Newsletter.** Disponível em < http://www.eucalytus.com.br/capitulos/capitulo_minerais.pdf> Acesso em: 11 de janeiro de 2013).

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

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

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.

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. de M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal.** Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2000. p.1-57.

GONÇALVES, J. L. M. Recomendações de Adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e Espécies Típicas da Mata Atlântica. **DOCUMENTOS FLORESTAIS.** Piracicaba (15): 1 –23, 1995

HAAG, H. P. A nutrição mineral e o ecossistema. In: CASTRO, P. R. C.; FERREIRA, S. O.; YAMADA, T. **Ecofisiologia da produção agrícola.** Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. p.49-52.

HASSE, G. **Eucalipto: Histórias de um imigrante vegetal.** Porto Alegre: Já Editores, 2006. 127 p.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; RIBEIRO, R. J.; MINETTE, L.; BIOT, Y. Biomassa da parte aérea da vegetação de floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia Brasileira. **Acta Amazônica,** Manaus, v. 28, p. 153-165, 1998.

HIGSTON, F. J.; GALBRAITH, J. H.; DIMMOCK, G. M. Application of the process-based model biomass to *Eucalyptus globulus* ssp. *Globulus* plantation on ex-farmland in south western Australia – I. Water use by trees and assessing risk of losses due to drought. **Forest Ecology and Management,** v. 106, p. 141-156, 1998.

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS. **Chave de Identificação**

de Espécies Florestais (CIEF). Piracicaba, SP. Disponível em: <<http://www.ipef.br/identificacao/cief/especies/saligna.asp> >. Acesso em: 11/01/2013.

KADEBA, O. Growth and nutrient accumulation by *Pinus caribaea* on tree savanna sites in northern Nigeria. **Agriculture, ecosystems and environment**, Amsterdam, v.49, n.2, p.139-147, 1994.

KALLARACKAL, J.; ND SOMEN, C. K. An ecophysiological evaluation of the suitability for plant in the tropics. **Forest Ecological and Manegement**, v.95, p.53-61, 1997.

KRAMER, R.J. & KOZLOWSKI, T.T. **Fisiologia das Árvores**. Lisboa. Fundação Kalouste Goulbenkian, 1972. 745 p.

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

LEITÃO FILHO, H. de F. **Ecologia da mata Atlântica em Cubatão (SP)**. São Paulo: UNESP, 1993. 184 p.

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.

MELO V. de F et al. Balanço nutricional, eficiência de utilização e avaliação da fertilidade do solo em P, K, Ca e Mg em plantios de Eucalipto no Rio Grande do Sul. **IPEF** n.48/49, p.8-17, jan./dez.1995

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo, SP. Sociedade Brasileira de Silvicultura, 112 p. 2000.

PALLARDY, S. G. **Physiology of wood plants**. 3. ed. Burlington, MA: Elsevier Academic Press. 2008. 454 p.

PEREIRA, J. C. CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; HOPPE, J. M.; SANTOS, E. M. Estimativa de conteúdo de nutrientes em um povoamento de *Acacia mearnsii* no Rio Grande do Sul- Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 2, p.193-199, 2000.

PÉLLICO NETTO, S. & BRENA, D. A. **Inventário Florestal**. Curitiba: Editorado pelos autores, 1997. 316 p.

POGGIANI, F.; SCHUMACHER, M. V. Nutrient cycling in native forest. In: GONÇALVES, J.L.M; BENEDETTI, V. **Forest nutrition and fertilization**. Piracicaba: IPEF, 2004. p. 285 – 305.

POGGIANI, F. et al. Exportação de biomassa e nutrientes através da exploração dos troncos e das copas de um povoamento de *Eucalyptus saligna*. **IPEF**, n. 25, p.37-39, 1983.

PRITCHETT, W. L. **Suelos forestales**: propiedades, conservación y mejoramiento. México: Limusa Noriega, 1990. 634 p.

REMEZOV, N. P., **The method of studying the biological cycle of elements in forests**. Pochvovedenie, p. 71-79, 1959.

SANTANA, R. C.; BARROS, N. F. de; NEVES, J.C.L. Biomassa e conteúdo de nutrientes de procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em alguns sítios florestais do Estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**, n. 56, p. 155- 169, dez. 1999.

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

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.

SCHUMACHER, M.V. Ciclagem de nutrients 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. Estudo da biomassa e dos nutrientes de um povoamento de *Eucalyptus globulus* (Labillardière) sub-espécie *bicostata*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 22, n.2, p.281-286, 1998.

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

SCHUMACHER, M. V.; HOPPE, J. M. **Complexidade dos ecossistemas**: Porto Alegre, 1997. 50 p.

SILVA, J. C. Eucalipto – **A madeira do futuro**. Revista da Madeira. Curitiba, PR. 114 p. set. 2001. Edição nº 59.

SOARES, C. P. B.; NETO, F. P.; SOUZA, A. L. Dendrometria e Inventário Florestal. Viçosa: UFV. 2006. 276 p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão de química e fertilidade do solo. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre, 2004. 400 p.

SOUZA, J. A.; DAVIDE, A. C. Deposição de serapilheira em uma mata não minerada e em plantações de bracatinga (*Mimosa scabrella*) e de eucalipto (*Eucalyptus saligna*) em áreas de mineração de bauxita. **Revista Cerne**, Lavras, v.7, n. 1, p. 101-113, jan./mar. 2001.

STRECK, E. V. KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S. Solos do Rio Grande do Sul. 2. Ed. Porto Alegre: EMATER/RS, 2008. 222 p.

SWITZER, G. L.; NELSON, L. E. Nutrient accumulation and cycling in Loblolly Pine (*Pinus taeda*) plantation ecosystems: The first 20 years. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison.,v. 36, p.143-147, 1972.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995. 118 p. (Boletim Técnico).

UTHSCSA. Image Tool for Windows version 3.00. University of Texas Health Science Center in San Antonio, 2002.

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.; BONACINA, D. M.; SCHUMACHER, M. V.; CALIL, F. N.; CALDEIRA, V. W.; WATZLAWICK, L. F. **Biomassa e nutrientes em povoamento de *Eucalyptus urograndis* na Serra do Sudeste- RS**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 33, suplemento 1, p. 2481-2490, 2012.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V. Deposição de serapilheira e de macronutrientes em um povoamento de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) no Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 2, p. 225-233, abr.-jun. 2010.

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

VILELA, S.M., MATOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: Mcgraw-Hill do Brasil, 1997. 245 p.

VITOUSEK, P.M. & SANFORD, R.L.Jr. 1986. **Nutrient cycling in moist tropical forest**. Ann. Rev. Ecol. Syst. 17:137-167.

XAVIER, A. C.; SOARES, J. V.; ALMEIDA, A. C. de. Variação do índice de área foliar em clones de eucalipto ao longo de seu ciclo de crescimento. **Revista Árvore**, Viçosa- MG, v. 26, n. 4, p. 421-427, 2002.

WATSON, D. J. **Comparative physiological studies on growth of field crops: I. Variation in net assimilation rate and leaf between species and varieties, and within and between years**. Annals of Botany, v.11, p.41-76. 1947.

APÊNDICES



Apêndice 1– Separação dos galhos e folhas no povoamento de *Eucalyptus saligna*.



Apêndice 2 – Determinação do peso da amostra de madeira com casca de *Eucalyptus saligna*.



Apêndice 3– Determinação do peso da amostra de madeira sem casca de *Eucalyptus saligna*.



Apêndice 4– Amostra de cascas de *Eucalyptus saligna*.



Apêndice 5– Determinação do peso da madeira com casca de *Eucalyptus saligna*.



Apêndice 6– Madeira de *Eucalyptus saligna* sendo descascada no campo.



Apêndice 7 – Determinação do peso das folhas de *Eucalyptus saligna*.



Apêndice 8 – Determinação do peso dos galhos de *Eucalyptus saligna*.



Apêndice 9 – Coleta das amostras de solo no povoamento de *Eucalyptus saligna*.



Apêndice 10– Fotografia das folhas de *Eucalyptus saligna* para determinação do IAF.