



## Biomassa e nutrientes em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus*, em Eldorado do Sul-RS<sup>1</sup>

Márcio Viera<sup>2</sup>; Mauro Valdir Schumacher<sup>3</sup>; Peter Trüby<sup>4</sup>; Elias Frank de Araújo<sup>5</sup>

**Resumo:** A estimativa da biomassa e dos nutrientes, em povoamentos de eucaliptos, é importante para a obtenção e definição de técnicas que visem à conservação da capacidade produtiva dos solos. Com isso, o presente estudo teve por objetivo estimar a biomassa acima do solo e os nutrientes nela contidos em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus* (eucalipto), com dez anos de idade, em Eldorado do Sul-RS. Foram alocadas aleatoriamente quatro parcelas experimentais (35 m x 20 m), onde se realizou o inventário florestal e a definição das classes diamétricas do povoamento (cinco classes). Para cada classe de diâmetro, foram abatidas três árvores para a quantificação de biomassa e nutrientes. A quantificação da biomassa e dos nutrientes do sub-bosque foi realizada por meio da alocação aleatória de cinco parcelas de 25 m<sup>2</sup> cada. Para a estimativa da biomassa de eucalipto, utilizaram-se equações de regressão obtidas pelo procedimento *Stepwise*. As equações obtidas com a análise de regressão apresentaram boa predição das variáveis analisadas, devido ao alto coeficiente de determinação ajustado e ao baixo erro padrão das estimativas. A biomassa do eucalipto encontra-se predominantemente alocada no fuste (madeira + casca) com 93,7%. Esses mesmos componentes também apresentam os maiores estoques de nutrientes. A biomassa de sub-bosque compreende uma pequena fração da biomassa acima do solo (1,4%), mas representa 7,0 e 8,6% do nitrogênio e enxofre do estoque total. Os componentes da biomassa apresentaram composições químicas distintas, sendo geralmente maiores nas folhas e casca e menores na biomassa de madeira e galhos.

**Palavras - chave:** Estoque de nutrientes; Colheita florestal; Produtividade do eucalipto.

## Nutrients and biomass in *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus* stand in Eldorado do Sul-RS

**Abstract:** Nutrients and biomass estimation in eucalyptus stands are important for to obtain techniques and practices definition to keep the soil productive capacity. With this, the study had objective estimated aboveground biomass and nutrients contend within in *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus* 10 years-old stand, located in Eldorado do Sul - RS. Allocated four experimental plots (35 m x 20 m) where the forestry inventory was conducted and the definition of diametric classes stand (five classes). In each diametric class were harvested three trees for biomass and nutrients quantification. Understory biomass and nutrients was quantified in five plots of 25 m<sup>2</sup> each. Eucalyptus biomass was estimated using regression equations by *Stepwise* procedure. Equations obtained with regression analysis showed good prediction of the variables due to the high determination coefficient and low standard error estimates. Eucalyptus biomass was allocated predominantly to stem (Wood + bark) with 93.7%. These same components, also had the largest nutrients stock. Understory biomass comprises a small aboveground fraction (1.4%), but had 7.0 and 8.6% of nitrogen and sulfur from the total stock. Biomass components had different chemical composition, being generally higher in leaves and bark and smaller in wood and branches biomass.

**Keywords:** Nutrients stock; Forestry harvesting; Eucalyptus productivity.

<sup>1</sup> Recebido em 26.03.2012 e aceito para publicação em 25.10.2012.

<sup>2</sup> Engenheiro Florestal, Prof. Dr. do Departamento Multidisciplinar, Unidade Descentralizada de Ensino Superior de Silveira Martins/UFSM, Silveira Martins-RS. E-mail: <vieraflorestal@yahoo.com.br>.

<sup>3</sup> Engenheiro Florestal, Prof. Dr. nat. techn., Professor do Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS. E-mail: <mvschumacher@gmail.com>.

<sup>4</sup> Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Institut für Bodenkunde und Waldernährungslehre, Albert-LudwigsUniversität, Freiburg, Alemanha. E-mail: <peter.trueby@bodenkunde.uni-freiburg.de>.

<sup>5</sup> Engenheiro Florestal, CMPC - Celulose Riograndense, Guaíba-RS. E-mail: <efaraujo@cmprcs.com.br>.

## Introdução

Na avaliação das práticas de manejo adotadas em povoamentos de curta rotação, o estudo da biomassa e dos nutrientes removidos com a colheita florestal configura-se como um fator essencial, em favor do uso sustentado desses sítios. A escolha de um sistema adequado de colheita resultará na manutenção da produtividade do sítio (FREITAS, 2000). Colheitas intensivas, em rotações curtas, sem previsão de um período mínimo necessário para reposição de nutrientes, têm sido apontadas como as maiores responsáveis pela diminuição da fertilidade do solo em área sucessivamente cultivadas (COBB et al., 2008).

Nesse contexto, Barichello (2003) salienta que se não forem aplicadas práticas silviculturais adequadas nesses maciços, seu cultivo pode causar, dentre outros, a redução do estoque de nutrientes, comprometendo a produtividade contínua do ecossistema. Portanto, há necessidade de um melhor entendimento do potencial produtivo dos diferentes sítios, particularmente naquilo que diz respeito a características nutricionais e seu efeito na sustentabilidade da produção florestal. Assim, o conhecimento da taxa de exportação de nutrientes por diferentes genótipos constitui um requerimento essencial para a empresa, com vistas à adoção de técnicas de conservação e reposição de nutrientes ao ecossistema (SANTANA et al., 1999). Esse conhecimento é necessário para que sejam tomadas as medidas adequadas de monitoramento, pois plantações florestais mal manejadas poderão gerar impactos severos sobre os ciclos da água, dos nutrientes e sobre o equilíbrio ecológico dos ecossistemas naturais adjacentes (POGGIANI et al., 1998).

O manejo florestal permite o aumento da produtividade florestal, no entanto, esse aumento pode propiciar maior remoção de nutrientes por meio da colheita florestal. Em certos casos, a mudança de algumas técnicas silviculturais poderia ser suficiente para não ocorrer uma depleção na qualidade do sítio e na produção de biomassa. Segundo Harrison et al.

(2000), para avaliar o efeito da colheita florestal na disponibilidade de nutrientes no sítio, primeiramente, deve-se determinar a prioridade de alocação dos nutrientes nos diferentes componentes da árvore, podendo ser influenciado pela espécie, espaçamento, manejo, idade e intensidade de colheita, sendo, em seguida, avaliado o potencial de remoção em comparação com a produção de biomassa.

Sendo assim, estimar a alocação de biomassa e nutrientes nos diferentes componentes das árvores é importante para a compreensão de um manejo conveniente (GOLLEY et al., 1978; LATORRACA et al., 1984). Nesse sentido, objetiva-se, com o presente estudo, estimar a biomassa acima do solo e os nutrientes nela contidos em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus*.

## Material e métodos

### Caracterização da área experimental

O estudo foi realizado em um plantio híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus*, localizado no Horto Florestal Terra Dura, no município de Eldorado do Sul – RS, em área pertencente à empresa Celulose Riograndense (CMPC). O experimento está situado na coordenada geográfica central: 30°10'31,21" de latitude Sul e 51°36'17,85" de longitude Oeste.

O tipo de clima fundamental predominante é o subtropical úmido. A temperatura média do mês mais frio é de 14,0 °C e a temperatura média anual de 19,5 °C. A precipitação média anual chega a 1.309 mm, com deficiência hídrica anual de 50 mm e excesso hídrico anual de 211 mm (MALUF, 2000). O solo na área experimental é um Argissolo Vermelho Distrófico típico (STRECK et al., 2008) com baixa fertilidade natural.

### Estimativa da biomassa de eucalipto

A quantificação da biomassa e dos nutrientes acima do solo foi realizada aos dez anos de idade do povoamento de *Eucalyptus urophylla*



x *Eucalyptus globulus*, em Eldorado do Sul - RS. O plantio foi realizado em espaçamento de 3,5 m x 2,5 m (1.142 árvores ha<sup>-1</sup>). Foram instaladas quatro parcelas aleatórias (35 m x 20 m), onde foram realizadas as medições de diâmetro à altura do peito (DAP), com o auxílio de uma fita diamétrica, e de altura total, com hipsômetro Vertex III. As mensurações foram realizadas conforme especificações de Finger (1992) e Pélico Netto e Brena (1997).

Mediante o inventário florestal, os indivíduos foram classificados em cinco classes diamétricas (9,1-13,0; 13,1-17,0; 17,1-21,0; 21,1-25,0 e 25,1-29,0 cm). A determinação da biomassa do eucalipto baseou-se na amostragem de 15 árvores, 3 em cada classe diamétrica. As árvores selecionadas foram abatidas e fracionadas nos componentes: folhas, galhos, casca da madeira comercial e madeira comercial (diâmetro ≥ 6,0 cm). Troncos com diâmetro inferior a 6 cm foram considerados como fração galhos. As frações foram pesadas, em balança de plataforma com precisão de 100 g, para a obtenção da biomassa úmida total.

Para estimar a biomassa e os nutrientes, coletaram-se amostras dos diferentes componentes, procedendo-se da seguinte forma: para os componentes folha e galho, foi coletada uma amostra por árvore. Em relação à madeira e à casca, a amostragem procedeu-se da seguinte maneira: distribuíram-se três pontos de amostragem no percorrer do comprimento do fuste comercial, nas posições medianas das secções resultantes da divisão em três partes iguais do mesmo.

Após a amostragem, o que correspondia a 150 g de massa úmida de cada componente, foram colocadas 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 com circulação e renovação de ar a 70 °C até atingirem peso seco constante, sendo, então, determinada a massa seca (e conseqüente o teor de umidade) em balança digital de precisão (0,01g).

A estimativa da biomassa do eucalipto foi realizada com base no ajuste de equações de regressão. Os diferentes componentes da biomassa acima do solo (folha, galho, casca e madeira) foram considerados variáveis dependentes e as variações e combinações do diâmetro à altura do peito e altura total, variáveis independentes. As variações e combinações utilizadas foram as seguintes:  $d$  (diâmetro à altura do peito),  $h$  (altura total),  $d^2$ ,  $h^2$ ,  $d^3$ ,  $h^3$ ,  $d.h$ ,  $d^2.h$ ,  $d^3.h$ ,  $d.h^2$ ,  $d.h^3$ ,  $(d.h)^2$ ,  $(d.h)^3$ ,  $d^{-1}$ ,  $h^{-1}$ ,  $(d^2)^{-1}$ ,  $(h^2)^{-1}$ ,  $(d^3)^{-1}$ ,  $(h^3)^{-1}$ ,  $(d.h)^{-1}$ ,  $(d^2.h)^{-1}$ ,  $(d^3.h)^{-1}$ ,  $(d.h^2)^{-1}$ ,  $(d.h^3)^{-1}$ ,  $((d.h)^2)^{-1}$ ,  $((d.h)^3)^{-1}$ ,  $d.h^{-1}$ ,  $d^2.h^{-1}$ ,  $d^3.h^{-1}$ ,  $d^{-1}.h$ ,  $d^{-1}.h^2$ ,  $d^{-1}.h^3$ ,  $1/d^2.h^{-1}$ ,  $1/d^3.h^{-1}$ ,  $1/d^{-1}.h^2$ ,  $1/d^{-1}.h^3$ , bem como, o logaritmo natural das variáveis dependentes e independentes.

Utilizou-se o aplicativo *SPSS 7.5.1 for Windows* (1996) para a modelagem, seguindo procedimento *stepwise*. As estatísticas utilizadas para verificar a qualidade do ajuste das equações de regressão foram o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e o erro padrão da estimativa absoluto ( $S_{yx}$ ). A estimativa da biomassa por hectare foi realizada por meio da aplicação das equações de regressão com os dados do inventário florestal e extrapolação com base na área da parcela.

#### Estimativa da biomassa de sub-bosque

Para a determinação da biomassa do sub-bosque foram demarcadas cinco parcelas de 5,0 m x 5,0 m (25,0 m<sup>2</sup>), no interior do povoamento de eucalipto. Toda vegetação encontrada no interior de cada uma das parcelas, com exceção das plantas de eucalipto, foram quantificadas quanto à biomassa acima do solo. A biomassa foi separada em duas frações, folhas e lenho, e amostrados 150 g de massa úmida de cada uma, conforme descrito para a biomassa de eucalipto. A estimativa da biomassa de sub-bosque por hectare foi extrapolada com base na biomassa seca de cada componente por parcela.

#### Estimativa dos nutrientes

Após secagem e pesagem, as amostras foram

moídas em moinho tipo Willey com peneira de 30 *mesh*, para posterior determinação dos teores de nutrientes. As análises químicas foram realizadas no *Institut für Bodenkunde und Waldernährungslehre* da Universidade Albert - Ludwigs (Freiburg, Alemanha), onde se efetuaram a determinação de N, P, K, Ca, Mg, S, Na, Cu, Fe, Mn e Zn. O nitrogênio total foi determinado por via seca em aparelho CNS – *Analysator Carlo Erba NA 1500*. Os demais elementos químicos foram obtidos por meio de digestão em ácido HNO<sub>3</sub> (65%) e posterior determinação no equipamento denominado ICP (*Inductively Coupled Plasma*).

A análise estatística dos dados foi realizada com o aplicativo *SPSS 13.0 for Windows* (1996), ao nível de 5% de probabilidade de erro. Para a separação dos contrastes de médias utilizou-se o teste de Tukey, considerando-se um delineamento inteiramente casualizado, onde cada árvore analisada corresponde a uma repetição para cada componente da biomassa. A estimativa do estoque de nutrientes, tanto para o eucalipto como para o sub-bosque, foi baseada no produto entre o teor médio de nutrientes e a biomassa seca.

#### Volume e índice de área foliar

Em cada uma das quinze árvores abatidas foi determinado o volume com casca e sem casca e o índice de área foliar. O volume foi determinado por meio da cubagem rigorosa, segundo o método desenvolvido por SMALIAN e descrito por Soares et al. (2006). 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 dois metros, até atingirem o diâmetro mínimo considerado (6 cm).

Na determinação do Índice de Área Foliar (IAF), utilizaram-se os mesmos indivíduos nos quais se realizou a cubagem. Para a obtenção da área foliar, foi necessária a amostragem de folhas nas diferentes partes da copa da planta (aproximadamente 40 g de massa úmida), para que, dessa forma, fosse obtida uma amostragem representativa. Posteriormente, as amostras

foram levadas ao Laboratório de Ecologia Florestal / UFSM, onde foram fotografadas digitalmente, com auxílio de câmera digital (*Kodak C713, 7.0 Megapixels*), apoiada em uma estrutura metálica com altura fixa de 0,5 m, depois de terem sido prensadas entre uma superfície de cor branca e um vidro transparente. Após a obtenção das fotos digitais, as imagens foram processadas com o auxílio do aplicativo *UTHSCSA Image Tool for Windows version 3.00*<sup>©</sup> (2002), que determina a área das folhas. Dessa forma, com base na biomassa úmida das amostras, extrapolou-se a área foliar em m<sup>2</sup> árvore<sup>-1</sup>, para biomassa total de folhas de cada planta amostrada.

A estimativa de volume de madeira com casca e sem casca e do índice de área foliar do povoamento foi obtido por meio de equações de regressão, conforme descrito para a estimativa da biomassa de eucalipto.

## Resultados e discussão

### Características dendrométricas

O povoamento apresentou um incremento médio em volume de madeira com e sem casca de 44,4 e 36,7 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 1). O índice de área foliar encontrado foi de 2,55. Segundo Viera (2007), quanto maior o índice de área foliar de um povoamento, maior é a área fotossinteticamente ativa, conseqüentemente, haverá uma alta taxa de acumulação de fotoassimilados pelas plantas, aumentando, dessa maneira, a sua biomassa total. O mesmo autor, ao avaliar dois povoamentos de *Eucalyptus urograndis*, com 18 meses de idade, encontrou índices de área foliar de 3,7 e 4,6. Entretanto, Xavier et al. (2002), estudando a variação do índice de área foliar em clones de eucaliptos, ao longo do seu ciclo de desenvolvimento, obtiveram valores variando entre 1,7 e 4,3.

Aos dez anos de idade, o povoamento apresentou aproximadamente 70% dos indivíduos (707 plantas) com diâmetros à altura do peito entre 17,1 e 25,0 cm (Figura 1). O



número inicial de plantas de eucalipto foi de 1.142 árvores ha<sup>-1</sup>, mas após dez anos ocorreu uma redução para 1.024 árvores ha<sup>-1</sup>, devido a mortalidade. Em consonância com Finger

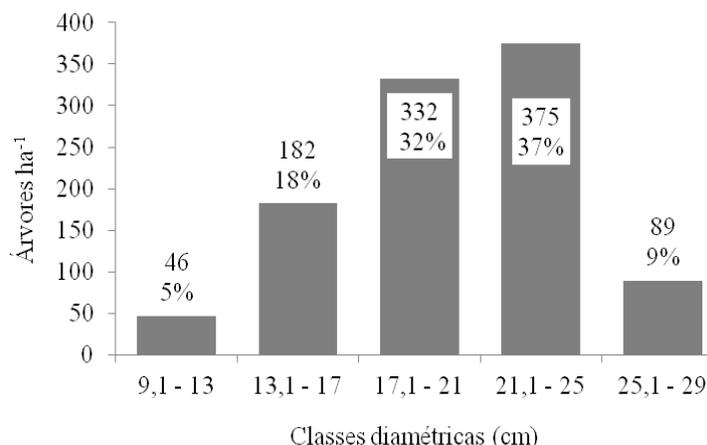
(1992), as maiores frequências em número de árvores por hectare situam-se em torno do diâmetro médio do povoamento, decrescendo para os menores e maiores valores de diâmetro.

**Tabela 1** – Variáveis dendrométricas (diâmetro à altura do peito, altura total, área basal, volume com casca e sem casca e índice de área foliar) de um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* com 10 anos de idade em Eldorado do Sul-RS.

**Table 1** – Dendrometric variables (diameter at breast height, total height, basal area, volume with and without bark and leaf area index) in *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* stand with 10 years-old in Eldorado do Sul-RS.

Variáveis	DAP (cm)*	H (m)	G (m <sup>2</sup> )	V <sub>c/c</sub>	V <sub>s/c</sub>	IAF
Média	20,16	28,67	34,6	444,3	366,9	2,55
CV (%)	20,21	2,62	7,6	9,8	9,9	6,01

\*Onde: DAP = Diâmetro à altura do peito; H = Altura total; G = Área basal por hectare; V<sub>c/c</sub> = Volume com casca (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>); V<sub>s/c</sub> = Volume sem casca (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>); IAF = Índice de área foliar; Desvpad = Desvio-padrão; CV = Coeficiente de variação.



**Figura 1** – Distribuição das plantas de eucalipto nas diferentes classes diamétricas de um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* com 10 anos de idade em Eldorado do Sul-RS.

**Figure 1** – Eucalyptus plant distribution in difference diametric class in *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* stand with 10 years-old in Eldorado do Sul-RS.

### Estimativa da biomassa

Com base na análise de regressão, foram selecionadas as equações com melhores ajustes e menores erros para a estimativa da biomassa por componente do eucalipto, do volume de madeira com e sem casca e da área foliar (Tabela 2). Com exceção da biomassa de galhos e da estimativa dos volumes, as demais equações apresentaram boa predição com base logarítmica natural.

As equações obtidas com a análise de

regressão apresentaram alto coeficiente de determinação ajustado e baixo erro padrão das estimativas (Tabela 3), tendo demonstrado, com isso, boa predição das variáveis analisadas.

A biomassa total de eucalipto acima do solo foi de 198,5 Mg ha<sup>-1</sup>, apresentando maior estoque na madeira (84,2%), seguida pela casca (9,5%), galhos (4,5%) e folhas (1,8%) (Tabela 4). O sub-bosque do eucalipto apresentou biomassa de 2,9 Mg ha<sup>-1</sup>, sendo 87,6% de lenho e 12,4% de folhas, demonstrando a importância da quantificação desse compartimento em

estudos de partição de biomassa e nutrientes em plantios florestais.

Em um povoamento de *Eucalyptus saligna*, aos quatro anos de idade, Schumacher e Caldeira (2004) encontraram uma produção de biomassa total de 79,6 Mg ha<sup>-1</sup>. Valor similar

foi observado por Schumacher e Caldeira (2001) em um povoamento de *Eucalyptus globulus* subespécie *maidenii*, também aos 4 anos de idade, onde a biomassa quantificada acima do solo foi de 83,2 Mg ha<sup>-1</sup>.

**Tabela 2** – Equações utilizadas para estimar a biomassa de cada componente, volume de madeira com e sem casca e área foliar de um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* com 10 anos de idade em Eldorado do Sul-RS.

**Table 2** – Equations used to estimate component biomass, wood volume with and without bark and eucalyptus leaf area in *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* stand with 10 years-old in Eldorado do Sul-RS.

Componentes	Equações
Madeira	$\ln y = b_0 + b_1.H + b_2.(H^3.DAP^{-1}) + b_3.DAP^{-1}$
Casca	$\ln y = b_0 + b_1.DAP$
Galhos	$y = b_0 + b_1.(DAP.H^{-1}) + b_2.(H.DAP^{-1})$
Folhas	$\ln y = b_0 + b_1.(DAP^2.H^{-1})$
Biomassa total	$\ln y = b_0 + b_1.H + b_2.\ln DAP$
Volume <sub>com casca</sub>	$y = b_0 + b_1.(DAP^2.H)$
Volume <sub>sem casca</sub>	$y = b_0 + b_1.(DAP^2.H)$
Área Foliar	$\ln y = b_0 + b_1.(DAP^2.H^{-1})$

Onde: ln = logaritmo natural; y = variável dependente - biomassa (kg árvore<sup>-1</sup>); volume (m<sup>3</sup> árvore<sup>-1</sup>); área foliar (m<sup>2</sup> árvore<sup>-1</sup>); b<sub>0</sub>, b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub> e b<sub>3</sub> = coeficientes da equação de regressão; DAP = diâmetro à altura do peito (cm); H = altura total (m).

**Tabela 3** – Estatísticas dos modelos de ajuste das equações de regressão utilizadas para estimar a biomassa e outras variáveis de um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* com 10 anos de idade em Eldorado do Sul-RS.

**Table 3** – Model fit statistic of regression equation used to estimate biomass and other variables in *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* stand with 10 years-old in Eldorado do Sul-RS.

Comp.	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	Valor-p	R <sup>2</sup> <sub>aj.</sub>	Syx
Madeira	2,139	0,163	-0,001	-13,155	0,000	0,998	0,038455
Casca	0,001	0,137	-	-	0,000	0,954	0,164477
Galhos	-333,838	268,221	107,793	-	0,000	0,920	0,999190
Folhas	0,137	0,075	-	-	0,000	0,858	0,151308
Total	-0,566	0,071	1,289	-	0,000	0,997	0,042609
Vc/c	-0,001	3,36E-05	-	-	0,000	0,996	0,016250
Vs/c	-0,004	2,80E-05	-	-	0,000	0,996	0,014080
AF	2,197	0,068	-	-	0,000	0,833	0,150790

Onde: Vc/c = volume do fuste com casca; Vs/c = volume do fuste sem casca; AF = área foliar; b<sub>0</sub>, b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub> e b<sub>3</sub> = coeficientes da equação de regressão; valor-p = nível de significância; R<sup>2</sup><sub>aj.</sub> = coeficiente de determinação ajustado; Syx = erro padrão absoluto da estimativa.

**Tabela 4** – Quantidade de biomassa acima do solo ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* com 10 anos de idade e, em seu sub-bosque, em Eldorado do Sul-RS.

**Table 4** – Aboveground biomass ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) in *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* stand with 10 years-old and understory in Eldorado do Sul-RS.

Estatística	Madeira	Casca	Galhos	Folhas	TE	FS	LS	TS	TE+S
Média	167,1	18,9	8,8	3,6	198,5	0,4	2,5	2,9	201,4
%	84,2	9,5	4,5	1,8	98,6	12,4	87,6	1,4	100,0
CV (%)	9,47	12,2	8,2	6,67	-	121	100	-	

Onde: Desvpd = desvio padrão da média; CV = coeficiente de variação; TE = Total do eucalipto; FS = Folhas do sub-bosque; LS = Lenho do sub-bosque; TS = Total do sub-bosque; TE+S = Total do eucalipto + sub-bosque.

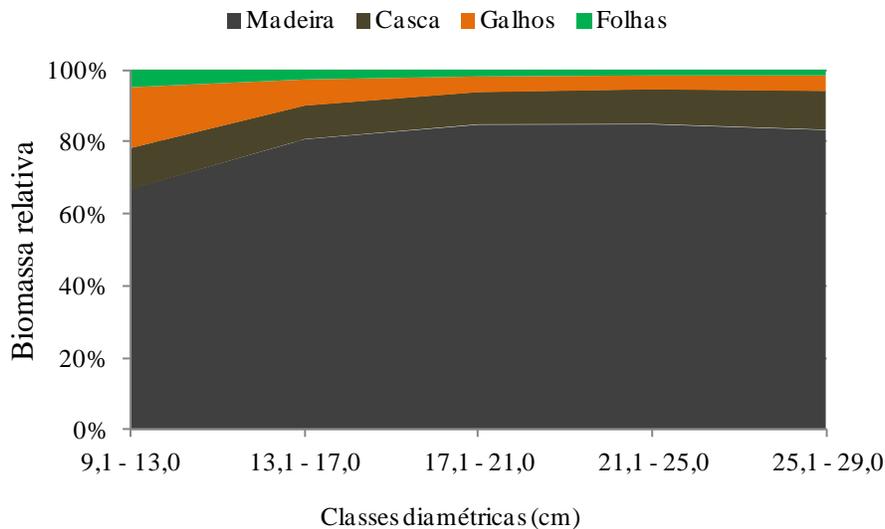
Os altos valores percentuais de biomassa de madeira e casca (93,7%) foram verificados também por Reis et al. (1985), estudando o acúmulo de biomassa em uma sequência de idade de *Eucalyptus grandis* plantados no Cerrado. Os autores relataram que, na fase inicial de desenvolvimento do povoamento (15 meses de idade), a biomassa contida nos componentes madeira + casca é inferior a 45% do total da biomassa aérea. Mas, com o passar do tempo, esses componentes apresentaram crescente elevação na contribuição, até atingir mais de 85% da biomassa aérea total, aos 73 meses de idade. Em outro estudo, Schumacher et al. (2003) também observaram que a alocação da biomassa de madeira, inicialmente, era inferior a 50% da biomassa total e, aos 6 - 8 anos de idade do povoamento, a mesma chegava a 75%.

Poggiani et al. (1983) e Pereira et al. (1984), analisando povoamentos de *Eucalyptus saligna*, aos 8 e 9 anos de idade, respectivamente, verificaram que, em média, 85% da biomassa aérea encontrava-se no fuste (madeira + casca) e o restante na copa. Para biomassa de fuste, Santana et al. (1999), encontraram valores superiores em relação aos referenciados pelos autores citados anteriormente, variando entre 88 e 92%, em diferentes procedências de

*Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis* em cinco sítios diferentes aos 6,5 anos de idade, no estado de São Paulo.

O comportamento variável da prioridade de alocação de biomassa acima do solo com a idade dos povoamentos decorre, segundo Larcher (2000), ao fato de que, durante a fase inicial do desenvolvimento de uma árvore, grande parte dos carboidratos é canalizada para a produção de biomassa da copa. Posteriormente, quando as copas começam a competir entre si, a produção relativa de tronco aumenta e a de folhas e ramos diminui, gradativamente (LARCHER, 2000). A distribuição de carboidratos, resultantes da fotossíntese, e o padrão de crescimento estrutural dos diferentes componentes de uma árvore podem ser distintos em função dos fatores edafoclimáticos do sítio onde se encontra estabelecida (KIMMINS, 1987; SCHUMACHER, 1996), da espécie e da densidade de plantio (SCHUMACHER et al., 2011).

A biomassa relativa de cada componente varia conforme a classe diamétrica (Figura 2). Indivíduos com diâmetros inferiores apresentam maior proporção de biomassa de copa em relação à de fuste, diminuindo com o aumento do DAP.



**Figura 2** – Biomassa relativa em cada componente nas cinco diferentes classes diamétricas de um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* com 10 anos de idade em Eldorado do Sul-RS.

**Figure 2** – Relative biomass in each component in difference diametric class in *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* stand with 10 years-old in Eldorado do Sul-RS.

#### Estimativa do estoque de nutrientes

Os teores de nutrientes nos diferentes componentes da biomassa acima do solo, no povoamento de eucalipto, foram significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ ) (Tabela 5). Com exceção do Ca e Mg, que estiveram mais concentrados na fração casca, assim como, do Zn, que esteve mais presente no lenho do sub-bosque, os demais nutrientes possuíam maior concentração no componente folhas (eucalipto e sub-bosque). Os menores teores de nutrientes foram encontrados na madeira do tronco, que representa a maior parte da biomassa.

Em termos gerais, os maiores teores de nutrientes foram encontrados na fração folhas e os menores na madeira. Já, as frações galhos e casca, apresentaram valores considerados intermediários. A tendência que a maioria dos nutrientes tem de se concentrar nas estruturas mais novas da planta é devida às folhas possuírem maior atividade metabólica. Além disso, nessas regiões é que se encontram a maioria das células vivas, responsáveis pela fotossíntese e pela transpiração.

Schumacher e Poggiani (1993), analisando

povoamentos de *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus torrelliana*, observaram que as maiores concentrações de Ca e Mg estão presentes na casca, o que constitui o mesmo padrão verificado nesse estudo.

Segundo Brun et al. (2011), o nitrogênio e o fósforo têm ampla mobilidade dentro da planta e, com isso, eles tendem a se concentrar nos órgãos mais novos, no caso desse estudo, o componente folha. Entretanto, para o Ca, o mesmo autor salienta que, sua imobilidade no floema das plantas poderia explicar a sua concentração elevada na fração casca, assim como o fato de o elemento ser componente estrutural, fazendo parte da lamela média da membrana celular.

Para Bellote e Silva (2004), cada componente possui uma concentração de nutrientes relacionada com suas funções, havendo gradiente que geralmente obedece à sequência de concentração folhas > casca > galhos > tronco, sendo que, dentro do mesmo compartimento, podem existir variações significativas de concentração. O mesmo ocorre em função do aumento da idade da planta, quando as concentrações de alguns nutrientes

por unidade de biomassa, principalmente os de maior mobilidade, diminuem, mas a quantidade total aumenta, como observado por Harrison et al. (2000) para o P e N, em povoamentos de *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus pellita* e *Eucalyptus camaldulensis*.

A maioria dos nutrientes possui mobilidade dentro da planta e, com isso, tendem a se concentrar nos órgãos mais novos (FERRI, 1985). É o caso, por exemplo, do nitrogênio, que possui teores bem superiores nas folhas do que nos demais componentes da biomassa. Esse comportamento pode ser explicado pelo fato desse elemento participar na maioria das reações de metabolismo de compostos (aminoácidos, proteínas, amins, amidas, vitaminas, etc.), as quais têm seu sítio de ocorrência principal nas folhas, em virtude da fotossíntese (MALAVOLTA, 1985; EPSTEIN

e BLOOM, 2006).

Além disso, a diferença de concentração de nutrientes entre os componentes e dentro dos componentes da planta é decorrente do ciclo bioquímico que envolve a retranslocação de um determinado elemento de um local de residência (órgão) para outro, como, por exemplo, de uma folha velha para uma nova (MALAVOLTA et al., 1997; VIERA e SCHUMACHER, 2009). Ou seja, refere-se à transferência de nutrientes no próprio interior da planta. Segundo Nambier e Fife (1987), a taxa de crescimento das árvores, mais do que a disponibilidade de nutrientes no solo, é o principal fator controlador da retranslocação e, em espécies florestais, a retranslocação dos nutrientes dentro da planta constitui-se em uma fonte de suprimento importante.

**Tabela 5** - Teores de nutrientes nos componentes formadores da biomassa em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* com 10 anos de idade e, em seu sub-bosque, em Eldorado do Sul-RS.

**Table 5** – Nutrients concentration in *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* stand with 10 years-old and understory in Eldorado do Sul-RS.

Comp.	Macronutrientes (g kg <sup>-1</sup> )						Micronutrientes (mg kg <sup>-1</sup> )			
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
Madeira	1,00 ±0,21 <i>e</i>	0,08 ±0,01 <i>d</i>	0,75 ±0,09 <i>d</i>	0,47 ±0,12 <i>d</i>	0,13 ±0,01 <i>e</i>	0,08 ±0,02 <i>e</i>	1,91 ±0,58 <i>c</i>	18,67 ±13,23 <i>b</i>	16,90 ±5,65 <i>d</i>	4,85 ±2,49 <i>b</i>
Casca	3,94 ±0,31 <i>d</i>	0,79 ±0,29 <i>b</i>	6,89 ±0,69 <i>b</i>	22,65 ±5,52 <i>a</i>	4,88 ±0,65 <i>a</i>	0,57 ±0,03 <i>cd</i>	3,15 ±1,05 <i>c</i>	28,09 ±15,60 <i>b</i>	428,07 ±204,05 <i>ab</i>	5,12 ±0,51 <i>b</i>
Galhos	4,40 ±0,87 <i>d</i>	0,44 ±0,11 <i>c</i>	4,16 ±0,75 <i>c</i>	8,38 ±2,03 <i>bc</i>	2,41 ±0,61 <i>c</i>	0,37 ±0,07 <i>de</i>	5,93 ±0,85 <i>b</i>	17,56 ±15,94 <i>b</i>	312,88 ±111,97 <i>bc</i>	10,32 ±3,92 <i>b</i>
Folhas	18,16 ±1,44 <i>b</i>	1,03 ±0,05 <i>a</i>	8,06 ±0,71 <i>b</i>	6,48 ±0,65 <i>bc</i>	2,19 ±0,25 <i>c</i>	1,23 ±0,06 <i>b</i>	6,72 ±1,49 <i>ab</i>	43,74 ±15,97 <i>b</i>	409,57 ±154,69 <i>abc</i>	7,05 ±3,70 <i>b</i>
FS*	22,12 ±4,71 <i>a</i>	1,19 ±0,12 <i>a</i>	10,21 ±3,24 <i>a</i>	9,70 ±3,05 <i>b</i>	3,25 ±0,61 <i>b</i>	2,44 ±0,91 <i>a</i>	8,59 ±3,09 <i>a</i>	86,68 ±30,09 <i>a</i>	634,29 ±406,36 <i>a</i>	14,56 ±6,03 <i>b</i>
LS**	7,30 ±4,97 <i>c</i>	0,55 ±0,30 <i>bc</i>	7,32 ±3,93 <i>b</i>	4,57 ±2,01 <i>c</i>	1,12 ±0,66 <i>d</i>	0,89 ±0,62 <i>bc</i>	6,42 ±1,63 <i>b</i>	33,08 ±23,50 <i>b</i>	180,73 ±164,81 <i>cd</i>	27,31 ±20,59 <i>a</i>

\* Fração folhas do sub-bosque; \*\* Fração lenho do sub-bosque. 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; ± desvio-padrão.

**Tabela 6** - Quantidade de nutrientes nos componentes da biomassa em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* com 10 anos de idade e, em seu sub-bosque, em Eldorado do Sul-RS.**Table 6** – Nutrients amount in *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* stand with 10 years-old and understory in Eldorado do Sul-RS.

Comp.	Mg ha <sup>-1</sup>		Macronutrientes (kg ha <sup>-1</sup> )					Micronutrientes (g ha <sup>-1</sup> )			
	Biom.	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
M	167,1	167,8	12,6	125,8	78,7	21,2	13,5	318,4	3.119,6	2.823,1	809,6
	<i>84,2</i>	<i>48,3</i>	<i>35,9</i>	<i>39,0</i>	<i>13,0</i>	<i>14,9</i>	<i>42,1</i>	<i>70,0</i>	<i>78,7</i>	<i>18,6</i>	<i>79,1</i>
C	18,9	74,7	14,9	130,5	429,1	92,4	10,8	59,7	532,2	8.110,5	96,9
	<i>9,5</i>	<i>21,5</i>	<i>42,4</i>	<i>40,5</i>	<i>70,9</i>	<i>64,7</i>	<i>33,8</i>	<i>13,1</i>	<i>13,4</i>	<i>53,4</i>	<i>9,5</i>
G	8,8	38,9	3,9	36,8	74,1	21,3	3,3	52,5	155,4	2.767,6	91,3
	<i>4,5</i>	<i>11,2</i>	<i>11,1</i>	<i>11,4</i>	<i>12,2</i>	<i>14,9</i>	<i>10,2</i>	<i>11,5</i>	<i>3,9</i>	<i>18,2</i>	<i>8,9</i>
F	3,6	65,6	3,7	29,1	23,4	7,9	4,5	24,3	158,1	1.479,9	25,5
	<i>1,8</i>	<i>18,9</i>	<i>10,6</i>	<i>9,0</i>	<i>3,9</i>	<i>5,5</i>	<i>13,9</i>	<i>5,3</i>	<i>4,0</i>	<i>9,7</i>	<i>2,5</i>
TE	198,5	347,0	35,1	322,3	605,3	142,8	32,0	454,8	3.965,3	15.181,2	1.023,2
	<i>98,6</i>	<i>93,0</i>	<i>95,1</i>	<i>93,6</i>	<i>97,6</i>	<i>97,3</i>	<i>91,1</i>	<i>95,9</i>	<i>97,2</i>	<i>95,7</i>	<i>93,2</i>
FS	0,4	7,9	0,4	3,6	3,5	1,2	0,9	3,1	30,9	226,2	5,2
	<i>12,4</i>	<i>30,0</i>	<i>23,3</i>	<i>16,5</i>	<i>23,1</i>	<i>29,0</i>	<i>27,9</i>	<i>15,9</i>	<i>27,0</i>	<i>33,2</i>	<i>7,0</i>
LS	2,5	18,4	1,4	18,5	11,5	2,8	2,2	16,2	83,5	456,0	68,9
	<i>87,6</i>	<i>70,0</i>	<i>76,7</i>	<i>83,5</i>	<i>76,9</i>	<i>71,0</i>	<i>72,1</i>	<i>84,1</i>	<i>73,0</i>	<i>66,8</i>	<i>93,0</i>
TS	2,9	26,3	1,8	22,1	15,0	4,0	3,1	19,2	114,4	682,2	74,1
	<i>1,4</i>	<i>7,0</i>	<i>4,9</i>	<i>6,4</i>	<i>2,4</i>	<i>2,7</i>	<i>8,9</i>	<i>4,1</i>	<i>2,8</i>	<i>4,3</i>	<i>6,8</i>
TE+TS	201,4	373,3	36,9	344,4	620,3	146,8	35,1	474,0	4.079,6	15.863,4	1.097,3

Onde: Comp. = Componentes; Biom. = Biomassa; M = Madeira; C = Casca; G = Galhos; F = Folhas; TE = Total do eucalipto; FS = Folhas do sub-bosque; LS = Lenho do sub-bosque; TS = Total do sub-bosque; TE+TS = Total do eucalipto + sub-bosque. Valores em itálico correspondem ao percentual de cada componente em relação ao total. Entretanto, os valores em itálico, correspondem ao percentual de participação do eucalipto ou do sub-bosque em relação ao total de biomassa ou estoque de nutrientes acima do solo.

A maior quantidade de nutrientes, com exceção do P, K, Ca, Mg e Mn, que estão mais armazenados na casca, ficaram estocadas na biomassa da madeira (Tabela 6). A importância geral do armazenamento para os nutrientes nos componentes da biomassa acima do solo segue a referida ordem: madeira > casca > galhos > folhas > lenho do sub-bosque > folhas do sub-bosque.

Apesar da biomassa do sub-bosque representar apenas 1,4% do total da biomassa acima do solo, esta acumula 7,8 e 8,9% do nitrogênio e enxofre. A magnitude de armazenamento dos diferentes elementos na biomassa total acima do solo apresentou a seguinte ordem decrescente de acúmulo para os macronutrientes: Ca > N > K > Mg > P > S. E para os micronutrientes essa ordem foi de: Mn > Fe > Zn > Cu.

Essa sequência foi verificada por Freitas (2000) com *Eucalyptus grandis*, aos nove anos de idade, e por Schumacher e Caldeira (2001) com *Eucalyptus globulus* subespécie *maidenii*, aos quatro anos de idade. Santana et al. (1999) e Teixeira et al. (1989), estudando povoamentos de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis*, encontraram a mesma tendência do presente estudo em relação à acumulação de macronutrientes nos componentes formadores da biomassa.

A distribuição dos nutrientes nos compartimentos das árvores tem grande importância na nutrição de povoamentos florestais manejados em rotações sucessivas. O manejo intensivo das plantações de eucaliptos (plantios adensados e rotações curtas), por exemplo, pode aumentar a produção de biomassa, mas, também, pode aumentar a

remoção de nutrientes. As maiores concentrações de nutrientes em árvores estão nos tecidos das copas. No entanto, a maior quantidade de biomassa encontra-se no tronco, que é a parte normalmente explorada.

É importante ressaltar que o acúmulo de nutrientes na biomassa arbórea varia de elemento para elemento, em função das características nutricionais de cada espécie, dos diferentes níveis de fertilidade do solo e da idade da floresta (SCHUMACHER e POGGIANI, 1993; VIERA et al., 2011). Dependendo da intensidade da colheita da biomassa, maiores quantidades de nutrientes serão removidas do sítio florestal (VIERA e SCHUMACHER, 2011).

Algumas espécies de eucaliptos podem se adaptar melhor em sítios com restrições edafoclimáticas, desde que se faça a seleção de espécies e procedências mais adaptadas às condições específicas de sítio. Santana et al. (1999) observaram que o conteúdo de nutrientes no tronco (madeira + casca) de eucalipto foi maior nos sítios mais produtivos e nos materiais genéticos melhor adaptados a essas condições, evidenciando uma estreita relação entre produção de biomassa e conteúdo de nutrientes nas árvores.

## Conclusões

A biomassa do eucalipto encontra-se predominantemente alocada no fuste (84,2% na madeira e 9,5% na casca).

Na madeira e na casca do eucalipto, estão as maiores quantidades de nutrientes. Estes mesmos componentes também apresentam as maiores quantidades de nutrientes.

A biomassa de sub-bosque compreende uma pequena fração da biomassa acima do solo (1,4%) e representa quantidades significativas de nitrogênio e enxofre do estoque total.

Os componentes da biomassa apresentaram composições químicas distintas, sendo geralmente maiores nas folhas e casca e menores na biomassa de madeira e galhos.

## Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq – Brasil) pela bolsa concedida ao primeiro autor para a realização deste trabalho e à empresa CMPC – Celulose Riograndense, pela disponibilização da área para estudo e pelo apoio logístico e financeiro.

## Referências

BARICHELLO, L. R. **Quantificação da biomassa e dos nutrientes em floresta de *Acacia mearnsii* De Wild. na região sul do Brasil.** 2003. 58 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

BELLOTE, A. F. J.; SILVA H. D. Sampling techniques and nutritional evaluations in eucalypt plantations. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal.** Piracicaba: IPEF, 2004. p. 113-140.

BRUN, E. J.; SCHUMACHER, M. V.; CORREA, R. S. Inventário de biomassa e nutrientes em florestas secundárias de Santa Tereza. In: SCHUMACHER, M. V. et al. **A floresta estacional subtropical: Caracterização e ecologia no rebordo do Planalto Meridional.** Santa Maria: editado pelos autores, 2011. p. 215-238.

COBB, W. R. et al. Aboveground biomass and nitrogen in four short-rotation woody crop species growing with different water and nutrient availabilities. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 255, n. 12, p. 4032–4039, June 2008.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas.** Tradução Maria Edna Tenório Nunes. Londrina: Editora Planta, 2006, 403 p.

FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal 1.** 2.ed. São Paulo: EPU, 1985. 362 p.



- FINGER, C. A. G. **Fundamentos de biometria florestal**. Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, 1992. 269 p.
- 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, 1978. 256 p.
- HARRISON, R. B. et al. Effect of spacing and age on nitrogen and phosphorus distribution in biomass of *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus pellita* and *Eucalyptus urophylla* plantations in southeastern Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 133, n. 3, p. 167-177, Aug. 2000.
- KIMMINS, J.P. **Forest ecology**. New York: Collier Macmillan Canada, 1987. 531 p.
- LATORRACA, S. M. et al. Recrutamento e exportação de nutrientes por *Pinus elliottii* var. *elliottii* em um Latossolo Vermelho Escuro na região de Agudos, SP. **IPEF**, Piracicaba, n. 27, p. 41-47, ago. 1984.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa Artes e Textos, 2000. 531 p.
- MALAVOLTA, E. Absorção e transporte de íons e nutrição mineral. In: FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal 1**. São Paulo: EPU, 1985. p. 77-116.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação brasileira para a pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.
- MALUF, J. R. T. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.8, n.1, p. 141-150, 2000.
- NAMBIER, E. K. S.; FIFE, D. N. Growth and nutrient retranslocation in needles of Radiata Pine in relation to nitrogen supply. **Annals of Botany**, London, v. 60, n. 2, p. 147-156, 1987.
- PÉLLICO NETTO, S.; BRENA, D. A. **Inventário Florestal**. Santa Maria: UFSM/CEPEF/ FATEC, 1997, 315 p.
- PEREIRA, A. P. et al. Produção de biomassa e remoção de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus saligna* cultivados na região de cerrado de Minas Gerais. **Floresta**, Curitiba, v. 15, n. 1, p. 18-26, jan.-dez. 1984.
- POGGIANI, F. et al. Exploração de biomassa e nutrientes através da exportação dos troncos e das copas de um povoamento de *Eucalyptus saligna*. **IPEF**, Piracicaba, v. 25, n. 25, p. 37-39, dez. 1983.
- POGGIANI, F. M.; STAPE, J. L.; GONÇALVES, J. L. M. Indicadores de sustentabilidade das plantações florestais. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v.12, n.31, p.33-44, abr. 1998.
- REIS, M. G. F. et al. Acúmulo de biomassa em uma sequência de idade de *Eucalyptus grandis* plantado no Cerrado, em duas áreas com diferentes produtividades. **Revista Árvore**, Viçosa, v.9, n.2, p.149-162, 1985.
- SANTANA, R. C.; BARROS, N. F.; 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**, Piracicaba, n. 56, p. 155-169, dez. 1999.
- 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.; CALDEIRA, M. V. W. Quantificação de biomassa em povoamentos de *Eucalyptus saligna* Sm. com diferentes idades. **Biomassa & Energia**, Viçosa, v. 1, n. 4, p. 381-391, out.-dez. 2004.

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. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 1996. p. 65-77.

SCHUMACHER, M.V. et al. **Quantificação do carbono e dos nutrientes em florestas de eucalipto de diferentes idades**. Santa Maria: Fatec, 2003. 112 p. (Relatório técnico).

SCHUMACHER, M. V., POGGIANI, F. Produção de biomassa e remoção de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* f. Muell, plantados em Anhembi, SP. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 3, n. 1, p. 9-18, jan.-dez. 1993.

SCHUMACHER, M. V.; WITSCHORECK, R.; CALIL, F. N. Biomassa em povoamentos de *Eucalyptus* spp. de pequenas propriedades rurais em Vera Cruz, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 1, p. 17-22, jan.-mar. 2011.

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

SPSS. **Statistical package for the social sciences**: programa de computador, ambiente windows. Chicago, 1996. Versão 7.5.1.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. Ed. Porto Alegre: EMATER/RS, 2008. 222 p.

TEIXEIRA, J. L. et al. Biomassa e conteúdo de nutrientes de duas espécies de eucalipto em diferentes ambientes do Médio Rio Doce, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 13, n. 1, p. 34-50, 1989.

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

VIERA, M. **Avaliação da biomassa e nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus saligna* Sm. e *Eucalyptus urograndis* no município de Pinheiro Machado, RS**. 2007. 53f. Relatório de estágio supervisionado (Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria. 2007.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V. Concentração e retranslocação de nutrientes em acúculas de *Pinus taeda* L.. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 29, n. 4, p. 375-382, out./dez. 2009.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V. Biomassa em povoamentos monoespecíficos e mistos de eucalipto e acácia-negra e do milho em sistema agrossilvicultural. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 2, p. 259-265, abr.-jun. 2011.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V.; BONACINA, D. M. Biomassa e nutrientes removidos no primeiro desbaste de um povoamento de *Pinus taeda* L. em Cambará do Sul, RS. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 371-379, maio-jun. 2011.

XAVIER, A. C.; SOARES, J. V.; ALMEIDA, A. C. Variação no índice de área foliar em clones de eucalipto ao longo de seu ciclo de crescimento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 421-427, jul.-ago. 2002.