

Biomassa e estoque de nutrientes em plantios clonais
de *Eucalyptus saligna* Smith. em diferentes idadesBiomass and nutrient stocks in clonal plantations
of *Eucalyptus saligna* Smith. at different agesSimone Martini Salvador¹, Mauro Valdir Schumacher², Márcio Viera³,
James Stahl⁴ e Catarine Barcellos Consensa⁵**Resumo**

O presente trabalho teve por objetivo, quantificar a biomassa e o estoque de nutrientes de um clone de *Eucalyptus saligna* em quatro idades no município de Telêmaco Borba – PR. O trabalho foi realizado em povoamentos com idades de 1,1; 3,6; 5,5 e 6,7 anos. As árvores foram separadas nos componentes: folhas, galhos, casca e madeira do tronco, coletando-se uma amostra representativa de cada fração. A biomassa total encontrada foi de 37,35; 190,03; 227,12 e 249,49 Mg ha⁻¹ nas idades de 1,1; 3,6; 5,5 e 6,7 anos respectivamente. Os componentes madeira e casca correspondem a 89% da biomassa total de *Eucalyptus saligna* aos 6,7 anos. No componente folha foi observado a maior concentração de N, P e K. Já os maiores teores de Ca foram registrados nos galhos e casca. Os resultados apontam ainda, elevadas quantidades de nutrientes na biomassa de madeira e casca em todas as idades, principalmente K e Ca.

Palavras-chave: biomassa florestal, alocação de nutrientes, silvicultura, eucalipto.

Abstract

This study aimed to quantify the biomass and nutrient stocks of a *Eucalyptus saligna* clone in four ages in the municipality of Telêmaco Borba - PR. The study was conducted in stands with 1.1; 3.6; 5.5 and 6.7 years. The trees were cut and separated into components: leaves, twigs, bark and wood of the trunk, by collecting a representative sample of each component. The total biomass found was 37.35; 190.03; 227.12 and 249.49 Mg ha⁻¹ at the ages of 1.1; 3.6; 5.5 and 6.7 years respectively. The wood and bark components account for 89% of the total biomass of *Eucalyptus saligna* to 6.7 years. The results show high amounts of nutrients in biomass, especially Ca and K. The component leaves had the highest concentration of N, P and K. The larger Ca concentrations were registered in the branches and bark.

Keywords: forest biomass, allocation of nutrients, silviculture, eucalypt.

INTRODUÇÃO

A demanda por produtos florestais cresce a cada ano e atualmente no cenário socioeconômico brasileiro a silvicultura passou a ter destaque no setor de produção, devido aos seus benefícios econômicos, sociais e ambientais (CORRÊA et al., 2013). Sendo que, um dos principais benefícios do cultivo dos eucaliptos, é oferecer alternativas para o suprimento de madeira, diminuindo, dessa forma, a pressão sobre as florestas nativas, pois mesmo que estas pudessem ser utilizadas de forma sustentável, não seriam suficientes para atender à crescente demanda de madeira, devido às dificuldades técnicas de manejo para que se obtenha a produtividade compatível com as necessidades das empresas (VIERA; SCHUMACHER, 2011).

As espécies introduzidas no Brasil como o *Eucalyptus saligna*, permitem um ciclo de corte relativamente curto e uma alta produtividade, quando comparadas com espécies florestais nativas. Apre-

¹Mestre em Engenharia Florestal. UFSM - Universidade Federal de Santa Maria. Avenida Roraima, 1000 - Cidade Universitária - Camobi - 97105-900 - Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: simone.ufsm@gmail.com.

²Professor Titular do Departamento de Ciências Florestais. UFSM - Universidade Federal de Santa Maria. Avenida Roraima, 1000 - Cidade Universitária - Camobi - 97105-900 - Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: mvschumacher@gmail.com.

³Professor Adjunto II Doutor do Departamento Multidisciplinar. UFSM - Universidade Federal de Santa Maria. Avenida Roraima, 1000 - Cidade Universitária - Camobi - 97105-900 - Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: marcio.vieira@ufsm.br.

⁴Pesquisador. Klabin S.A. Av. Brasil, 26 - Vila Harmonia, 84275-000 - Telêmaco Borba, PR, Brasil. E-mail: jstahl@klabin.com.br.

⁵Doutoranda em Engenharia Florestal. UFSM - Universidade Federal de Santa Maria. Avenida Roraima, 1000 - Cidade Universitária - Camobi - 97105-900 - Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: catarineconsensa@gmail.com.

sentam, portanto, uma grande importância do ponto de vista econômico e silvicultural, uma vez que são utilizadas para produção de papel, celulose e fins energéticos, (SILVA et al., 1983), como é o caso da empresa onde o trabalho foi desenvolvido.

Além da madeira, em muitos casos passou-se a utilizar também os resíduos da exploração, constituídos pelas folhas, ramos e casca das árvores para a produção energética nas empresas. Sendo que, um dos principais objetivos das empresas do setor florestal é aumentar significativamente a produtividade de seus maciços florestais, expandindo suas áreas de plantios e aumentando a produção de matéria prima, visando suprir as necessidades do mercado.

Porém, na maioria das vezes este crescimento desordenado não leva em consideração as consequências que estas mudanças possam trazer para o ambiente local. Neste ponto de vista, os investimentos em espécies que produzam o máximo de biomassa no componente madeira e necessite o mínimo de fertilizantes em um intervalo de tempo menor são as mais desejadas.

Portanto, é importante conhecer o estoque de biomassa e da quantidade de nutrientes presentes na madeira e nos demais componentes da árvore e no solo, pois eles influenciam significativamente no desenvolvimento de um determinado ecossistema, (LIMA, 1996; FREITAS et al., 2004), onde, segundo Golley (1975), a biomassa representa a matéria orgânica armazenada no ecossistema, sendo esta, fundamental para manter as propriedades físicas e químicas do solo atuando diretamente no crescimento das plantas.

Para Vogel et al. (2013) e Viera et al. (2013), a produção de biomassa de eucalipto pode variar de ecossistema para ecossistema, bem como, dentro de um mesmo ecossistema, devido as diferenças das características físicas e químicas dos solos, as quais, influenciam na produtividade do povoamento. Além disso, 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 a quantidade absorvida pela planta. O acúmulo de biomassa é afetado por fatores ambientais e fatores da própria planta (BARICHELLO et al., 2005).

Segundo Saidelles; Konig e Schumacher (2001), em um ecossistema florestal existe uma grande dinâmica na produção de biomassa, ou seja, à medida que a floresta vai se desenvolvendo ocorre uma gradual redução da biomassa da copa das árvores e simultaneamente verifica-se um aumento na proporção dos componentes madeira e casca. Esta variação de crescimento faz com que, torna-se fundamental o conhecimento da distribuição da biomassa ao longo do desenvolvimento do povoamento, pois assim, será possível adequar a melhor idade de colheita, quais as melhores práticas silviculturais poderão ser aplicadas, bem como, quais os componentes da biomassa que poderão ser colhidos ou deixados no campo, sem que afete a produtividade contínua do ecossistema e garanta os objetivos da empresa.

Para Santana et al. (1999), com a colheita florestal ocorre uma grande exportação de nutrientes ao longo de rotações, o que pode levar a redução da capacidade produtiva do sítio, principalmente em solos com baixos teores de nutrientes em formas disponíveis e totais como é o caso do presente estudo, onde as explorações intensivas em rotações curtas, sem previsão de um período mínimo necessário para reposição de nutrientes, têm sido apontadas como as maiores responsáveis pelo exaurimento do solo (VIERA; SCHUMACHER, 2011).

Portanto, a partir da compartimentalização da biomassa acumulada nos diferentes estratos e a quantificação de nutrientes que se movimentam entre seus compartimentos, será possível entender a manutenção da capacidade produtiva de uma floresta (POGGIANI; SCHUMACHER, 2000), bem como, adequá-la para um manejo conveniente, o qual garanta sua própria sustentabilidade.

Neste sentido, o presente trabalho teve por objetivo, quantificar a biomassa e o estoque de nutrientes acima do solo, em povoamentos clonais de *Eucalyptus saligna* em diferentes idades.

MATERIAL E MÉTODOS

Características da área de estudo

O presente estudo foi realizado em um povoamento clonal de *Eucalyptus saligna*, na Fazenda Monte Alegre, no município de Telêmaco Borba – Paraná. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfb (Clima subtropical úmido), com chuvas bem distribuídas durante o ano e verões amenos, sem estação de seca. As temperaturas médias anuais oscilam em torno de 19° C e

a pluviosidade alcança cerca de 1.184 mm anuais com média do mês mais quente a cerca de 27° C e do mês mais frio em torno de 13° C (Figura 1) (SIMEPAR, 2013).

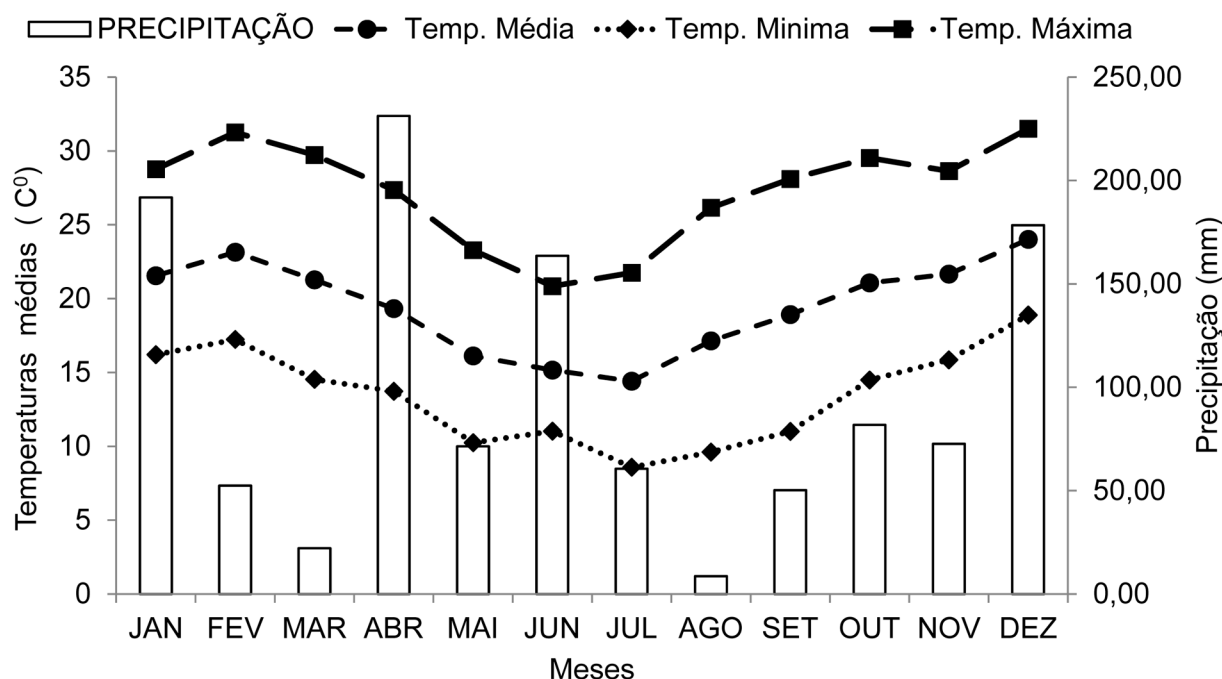


Figura 1. Distribuição da precipitação, e temperatura (mínima, máxima e média), para o ano de 2012, para a cidade de Telêmaco Borba, PR. Fonte: SIMEPAR, PR (Sistema Meteorológico do Paraná).

Figure 1. Distribution of precipitation, and temperature (minimum, maximum and average), during the 2012 year, for the city of Telêmaco Borba, PR. Source: SIMEPAR, PR (Meteorological System of Paraná).

Para o plantio usou-se mudas clonais, produzidas manualmente em tubetes por até 90 dias, as quais foram plantadas nos anos de 2011, 2009, 2008 e 2007 para as idades de 1,1; 3,6; 5,5 e 6,7 anos respectivamente e realizou-se uma subsolagem do solo com profundidade de 45 cm e quatro tipos de adubações, sendo elas: Aplicação de calcário dolomítico (1,5 ton ha⁻¹) no pré-plantio como fonte de cálcio e magnésio; adubação de base: 220 kg ha⁻¹ de NPK 06:30:06 aplicados em covetas laterais até 10 dias após o plantio; adubação de cobertura: 220 kg ha⁻¹ de NPK 15:05:30 aplicados na projeção da copa aos três meses de idade; adubação de manutenção: 160 kg ha⁻¹ de NPK 15:05:30 aplicados em filete contínuo entre 12 e 15 meses após o plantio.

Os clones foram plantados em solo caracterizado como Latossolo tendo como características mais marcantes, um horizonte A moderado com textura argilosa e muito argilosa, sendo assim solos mais pesados para o preparo, com elevada retenção de água e menor suscetibilidade à erosão, ainda, apresenta relevo plano, suave ondulado a ondulado (SBCS, 2004). Os Latossolos são solos muito intemperizados, com pequena reserva de nutrientes para as plantas, sendo que mais de 95% dos Latossolos são ácidos, com pH entre 4,0 e 5,5 (como é o caso do solo deste estudo), em geral, são solos com grandes problemas de fertilidade (SOUZA; LOBATO, 2007) (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos químicos do solo em um povoamento *Eucalyptus saligna*, na região de Telêmaco Borba, PR.
Table 1. Chemical soil attributes in a of *Eucalyptus saligna* stand in Telêmaco Borba - PR.

Idade (anos)	Profundidade (cm)	Ag	MO	pH (H ₂ O)	Índice SMP	P*	K*	Al	Ca	Mg
		%	%			mg dm ⁻³	mg dm ⁻³			
1,1	0-20	33,5	3,1	4,4	5,4	2,9	41,3	2,3	0,7	0,3
	20-40	36,8	2,6	4,4	5,3	2,2	34,0	2,0	1,0	0,5
3,6	0-20	33,9	4,6	4,6	5,0	1,8	44,0	3,7	0,4	0,3
	20-40	37,0	5,7	4,7	5,0	1,0	55,0	3,6	0,6	0,4
5,5	0-20	35,5	4,5	4,4	4,9	2,1	61,9	3,8	0,8	0,4
	20-40	37,5	4,3	4,4	4,7	1,2	45,7	3,5	0,5	0,3
6,7	0-20	37,0	4,5	4,1	4,8	2,3	79,8	3,9	1,2	0,4
	20-40	38,0	2,9	4,1	4,7	1,4	36,4	3,4	0,4	0,2

Onde: Ag = Argila; MO = Matéria Orgânica; % = Percentagem; P = Fósforo; K = Potássio; Al = Alumínio; Ca = Cálcio; Mg = Magnésio; * Determinação de nutrientes através do Extrator Mehlich¹

Coleta de Biomassa e quantificação dos nutrientes

Primeiramente foram escolhidas áreas dentro da Fazenda, onde cada área foi selecionada em função de conter o tipo de solo (Latosolos com textura argilosa) com o tipo de clone em estudo. Em cada área foi realizada a demarcação de 16 parcelas aleatoriamente, com 367,5 m², compostas por 7 linhas x 7 plantas com espaçamento entre linhas de 3 m e entre plantas de 2,5 m, onde se realizou a medição do Diâmetro a Altura do Peito (DAP) de todas as árvores constituintes de cada parcela, desconsiderando as árvores mortas e falhas encontradas dentro das parcelas, com base nestes diâmetros, selecionou-se a árvore de diâmetro médio, em função desta ser a mais representativa da parcela, a qual fez-se o corte e a secção da mesma. O trabalho foi realizado em quatro diferentes idades: 1,1; 3,6; 5,5 e 6,7 anos (delineamento inteiramente casualizado), e com três repetições (árvores) em cada idade.

As árvores selecionadas foram seccionadas ao nível do solo e fracionadas nos seguintes componentes: folhas, galhos, casca e madeira do tronco. O peso da biomassa destes componentes da árvore foi determinado por meio da pesagem com uma balança eletromecânica com precisão de 50 g. A casca da madeira do tronco foi determinada com base na porcentagem de casca constituinte nas frações dos discos de madeira, retirados das diferentes seções da árvore e extrapolada para cada secção.

Coletou-se então uma amostra representativa (200 g, pesadas com uma balança mecânica de pesos com precisão de 1 grama), de cada componente da biomassa das árvores - amostra, com exceção da casca e da madeira do tronco, as quais foram coletas de discos de madeira entre 3 e 5 cm de espessura (casca e madeira) nas posições da altura comercial: base, 25%, 50%, 75%, 100% e ponteira, sendo considerada a fração de 100% na altura comercial da árvore, ou seja, diâmetro mínimo de 8 cm, e a ponteira como sendo a madeira + casca do diâmetro mínimo até o ápice da árvore, todo o tronco foi pesado no campo.

Após este procedimento, às amostras foram secas em estufa com temperatura constante de 60° C, até atingir massa constante, e após foram pesadas, sendo determinada a biomassa seca das árvores, por meio da umidade das amostras de cada componente. No caso da casca e da madeira do tronco, foi utilizada a umidade em cada disco de madeira e casca do disco de cada um dos segmentos de 25, 50, 75, 100% da altura comercial e ponteira. A biomassa total por hectare foi determinada com base no peso seco de cada amostra multiplicado pela biomassa úmida total de cada componente da árvore, o qual foi extrapolado para um hectare.

Todas as amostras de biomassa seca foram trituradas em moinho do tipo Wiley para determinação analítica dos macronutrientes: N, P, K, Ca, Mg e S, segundo a metodologia sugerida por Tedesco et al. (1995); Miyazawa (1999). Para a estimativa do estoque total de nutrientes foi utilizado o produto entre o teor médio de nutrientes e a biomassa seca.

A análise estatística foi realizada com o auxílio do software Statistical Package for the Social Sciences 13.0 for SPSS (1996), ao nível de 5% de probabilidade. A separação dos contrastes de médias utilizou-se o teste de Tukey, considerando-se um delineamento inteiramente casualizado, em que cada árvore analisada corresponde a uma repetição para cada componente da biomassa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Biomassa

A biomassa acima do solo do *Eucalyptus saligna* para as idades de 1,1; 3,6; 5,5 e 6,7 anos, foi de 37,35; 190,03; 217,61 e 249,49 Mg ha⁻¹ respectivamente (Tabela 2). Conforme Saidelles et al. (2010), à medida que a floresta vai se desenvolvendo (passando das fases iniciais de crescimento que neste estudo é indicada pelas idades de 1,1 e 3,6 anos), ocorre uma gradual redução da biomassa da copa das árvores e simultaneamente verifica-se um aumento na proporção dos componentes madeira e casca.

Geralmente a biomassa acima do solo é distribuída na seguinte ordem: madeira > galhos > casca > folhas (CURLIN, 1970), sendo esta sequência semelhante à encontrada neste estudo, em que a maior porcentagem de biomassa esta representada pelo componente madeira (84%) > casca (11,90%) > galhos (2,42%) e folhas (1,28%), para a idade de 6,7 anos (Tabela 2).

Tabela 2. Biomassa (Mg ha⁻¹) de folhas, galhos, madeira e casca para *Eucalyptus saligna*, na região de Telêmaco Borba, PR.

Table 2. Biomass (Mg ha⁻¹) of leaves, twigs, wood and bark for *Eucalyptus saligna* in Telêmaco Borba - PR.

Idade (anos)	Folhas	Galhos	Madeira	Casca	Total Comercial	Total
	Mg ha ⁻¹					
1,1	10,01 (26,76)*	7,15 (19,05)	16,79 (45,05)	3,40 (9,13)	20,19	37,34
	± 1,17**	± 2,04	± 1,72	± 0,36		
	<u>11.69***</u>	<u>28.53</u>	<u>10.24</u>	<u>10.58</u>		
3,6	6,59 (3,47)	13,44 (7,07)	150,93 (79,42)	19,07 (10,04)	151,56	190,03
	± 4,28	± 3,69	± 24,69	± 3,38		
	<u>64.94</u>	<u>27.45</u>	<u>16.35</u>	<u>17.72</u>		
5,5	4,24 (1,95)	6,27 (2,88)	183,23 (84,20)	23,87 (10,97)	197,1	217,61
	± 0,18	± 0,30	± 24,38	± 0,59		
	<u>4.24</u>	<u>4.78</u>	<u>13.30</u>	<u>2.47</u>		
6,7	3,19 (1,28)	6,04 (2,42)	211,09 (84,61)	29,17 (11,9)	221,75	249,49
	± 1,10	± 2,01	± 38,77	± 4,71		
	<u>34.48</u>	<u>33.27</u>	<u>18.36</u>	<u>16.14</u>		

* Valores entre parênteses referem-se à percentagem de cada componente em relação à biomassa total em cada idade. **Valores em itálico indicam o desvio padrão da média. ***Valores em itálico sublinhado indicam o coeficiente de variação da média, expresso em percentagem.

Segundo Gonçalves et al. (2000), a explicação para esse comportamento da distribuição de biomassa nos diferentes componentes, ao longo do desenvolvimento dos povoamentos florestais, está nas fases nutricionais das árvores. Saidelles et al. (2010) salienta, que o acúmulo de biomassa sofre algumas restrições em função da espécie, cobertura vegetal, idade dos povoamentos, época do ano e pelas condições de solo e clima.

Para Schumacher e Caldeira (2001), este comportamento em que as folhas tendem a diminuir com o avançar da idade durante o desenvolvimento inicial de uma floresta é devido ao fato de que boa parte dos carboidratos é canalizada para a produção de biomassa da copa, porém com o passar do tempo, quando as copas começam a competir entre si por espaço, a produção relativa do tronco aumenta, diminuindo gradativamente a produção de folhas e ramos. Para Reis e Barros (1990), isto se deve à alocação da produção de carbono estar voltada para a produção de lenho.

Em um estudo realizado por Schumacher e Caldeira (2004) também com a espécie *Eucalyptus saligna* aos sete anos de idade, no estado do Rio Grande do Sul, encontraram – se valores de 140,33 Mg ha⁻¹ para a biomassa total, valor semelhante foi encontrado por Freitas et al. (2004) em um povoamento de *Eucalyptus grandis* em Alegrete – RS, aos nove anos de idade, em que a biomassa aérea foi estimada em 142, 31 Mg ha⁻¹. Para Santana et al. (1995), em estudos realizados com três procedências de *Eucalyptus saligna*, aos 78 meses de idade, no estado de São Paulo, estimaram - se a produção média de biomassa de 132, 60 Mg ha⁻¹, verifica-se portanto, que todos os autores observaram valores abaixo do encontrado neste estudo para a idade de 6,7 anos.

De acordo com Londero (2010), antes do fechamento das copas e depois de bem adaptadas ao campo, ocorre um período de intenso crescimento no qual a maior parte dos fotoassimilados, sintetizados pela planta, é canalizada para a formação da copa, ou seja, para a expansão da área foliar e do sistema radicular. Segundo o autor, nessa fase, as raízes exploram parcialmente o volume de solo e as árvores não competem entre si por fatores de crescimento como a luz, a água e nutrientes, sendo o seu crescimento limitado pelas suas próprias condições fisiológicas, em que no caso do presente estudo, podemos verificar esta fase de crescimento com maior biomassa das folhas entre as idades de 1,1 e 3,6 anos.

Em um estudo realizado por Alves et al. (2007), em povoamentos de diferentes clones de *Eucalyptus* spp. com 4,5 anos de idade, foi verificada alocação média de biomassa em termos percentuais, de madeira, 70,01%; galhos, 12,56%; casca, 8,98% e folhas, 8,45%, sendo estes valores semelhantes aos encontrados no presente trabalho, porém a baixa produção de galhos foi devido ao fato de a espécie em estudo tratar-se de um clone, em que os critérios de seleção de materiais genéticos é a baixa presença de galhos e que estes sejam finos.

Ainda Schumacher e Caldeira (2004) estudando a biomassa de um povoamento de *Eucalyptus saligna* aos sete anos de idade no estado do RS, obtiveram percentuais de 3% para folhas, 5% para os galhos, 8% para a casca e 84% para o componente madeira, em que os percentuais de folhas e galhos foram maiores, já para a casca foi menor e somente o componente madeira foi semelhan-

te ao observado por este estudo. Os troncos das árvores no geral representam, em média mais de 80% da biomassa aérea em uma plantação madura (SCHUMACHER; HOPPE, 1997), o que o torna semelhante com o resultado encontrado no presente trabalho para a idade de 6,7 anos, em que a porcentagem de madeira foi de 84%.

Para a idade de 1,1 anos, a madeira continua sendo o componente mais representativo da biomassa acima do solo, porém o componente folha representou 26,76% da biomassa total, diferentemente nas idades seguintes em que houve um decréscimo na produção deste componente. Segundo Andrae e Krapfenbauer (1979), em estudos com povoamentos da mesma espécie as folhas tiveram representatividade de 51% da biomassa total acima do solo, valor bem acima do observado por esse estudo.

Conforme Schumacher et al. (2011), outros fatores que afetam a distribuição percentual da biomassa, nos diferentes componentes das árvores, além da idade, são: a espécie, a fertilidade do solo e a densidade de plantio.

Nutrientes na biomassa

De um modo geral as concentrações de nutrientes obedeceram a seguinte ordem: folhas > galhos > casca > madeira (Tabela 3). Nas folhas foi observado os maiores teores de N, P e K, já no componente galhos os maiores teores foram de Ca e Mg, ambos na idade de 1,1 anos.

Resultado semelhante ao deste trabalho foi observado por Silva et al. (1983), em um estudo envolvendo cinco espécies de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden, *E. saligna* Smith, *E. propinqua* Deane et Maiden, *E. dunnii* Maiden e *E. robusta* Smith, com dez anos de idade, em que as maiores concentrações de nutrientes foi observada nas folhas; seguida, em ordem decrescente, nos galhos, casca e madeira.

Para a idade de 1,1 anos, ocorreram as maiores concentrações de N no componente folha, quando comparado com os demais constituintes da biomassa aérea (Tabela 3), que segundo Malavolta (1985), isso ocorre, devido ao fato de este elemento participar da 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.

Segundo Viera e Schumacher (2011), essa tendência que a maioria dos nutrientes tem de se concentrar nas estruturas mais novas da planta é devida ao fato de as folhas possuírem maior atividade metabólica, necessitando dessa forma, maior disponibilidade de nutrientes. Além disso, o mesmo autor salientou ainda que é nessas regiões que se encontra a maioria das células vivas, responsáveis pela fotossíntese e pela transpiração.

De acordo com Schumacher et al. (2001), a elevada concentração de nutrientes nas folhas, em relação a outros componentes, torna-se como um maior potencial de ciclagem de nutrientes, embora represente um pequeno percentual em relação à biomassa total das árvores.

Com 3,6 anos de idade observou-se que as maiores concentrações de N, P e K estão localizadas nas folhas (Tabela 2), porém verifica-se que um grande teor de Ca é armazenado na casca para esta espécie de estudo. Para Brun et al. (2010), o Ca é um elemento praticamente imóvel no floema das plantas, o que poderia explicar-se assim a sua alta concentração na fração casca, assim como o fato de o elemento ser um componente estrutural e fazer parte da lamela média da membrana celular.

Na idade de 5,5 anos verifica-se que a concentração de N, P, com destaque para o K, apresenta-se maior no componente folhas. Segundo Schumacher et al. (2003), o potássio, é um elemento altamente móvel no floema e prontamente redistribuído para os órgãos novos em crescimento, sendo uma de suas funções proteger a planta contra doenças, além de auxiliar na manutenção dos frutos na mesma.

Conforme Caldeira et al. (2000), a concentração de nutrientes nas folhas das árvores é influenciada por diversos fatores tais como: condições de sítio, idade e posição das folhas na copa, época do ano, componente da biomassa analisado e também entre procedências.

Aos 6,7 anos observa-se que os macronutrientes N, P e K encontram-se em maiores concentrações na fração das folhas, porém o elemento Ca se destaca no componente casca. Apesar de a quantidade de nutrientes exportados na casca, no momento da colheita ser inferior à da madeira, sua importância é notável na nutrição e na sustentabilidade florestal, uma vez que, devido à constituição física daquele componente, a decomposição e a liberação dos nutrientes são mais aceleradas que no lenho (MORO et al., 2008).

Tabela 3. Concentração de nutrientes (g kg⁻¹) em diferentes componentes da biomassa nas idades de 1,1; 3,6; 5,5 e 6,7 anos em povoamentos de *Eucalyptus saligna*.

Table 3. Nutrient concentration (g kg⁻¹) on different components of the biomass at ages 1.1; 3.6; 5.5 and 6.7 years in *Eucalyptus saligna* stands.

Idade (anos)	Componente	(g kg ⁻¹)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
1,1	Folhas	18,76 Aa	0,85 Ba	9,03 Aa	12,21 Aab	1,93 Aa	0,95 Aa
		<i>± 1,83*</i>	<i>± 0,05</i>	<i>± 1,00</i>	<i>± 4,06</i>	<i>± 0,42</i>	<i>± 0,30</i>
		<i>9,78**</i>	<i>5,69</i>	<i>11,13</i>	<i>33,22</i>	<i>21,48</i>	<i>32,02</i>
	Galhos	5,00 Cb	0,63 Cab	5,96 Cb	14,11Ca	2,00 Ca	0,51 Cab
		<i>± 0,5</i>	<i>± 0,30</i>	<i>± 1,39</i>	<i>± 9,01</i>	<i>± 0,46</i>	<i>± 0,35</i>
		<i>10,07</i>	<i>47,95</i>	<i>23,36</i>	<i>51,64</i>	<i>22,87</i>	<i>68,87</i>
	Madeira	2,23 Ec	0,27 Eb	3,37 Ec	1,07 Eb	0,44 Eb	0,14 Eb
		<i>± 0,16</i>	<i>± 0,20</i>	<i>± 0,20</i>	<i>± 0,09</i>	<i>± 0,03</i>	<i>± 0,02</i>
		<i>7,22</i>	<i>74,20</i>	<i>5,97</i>	<i>8,66</i>	<i>6,82</i>	<i>10,66</i>
	Casca	3,72 Gbc	0,36 Ga	5,95 Gb	15,66 Ga	2,23 Ga	0,21 Gb
		<i>± 0,35</i>	<i>± 0,17</i>	<i>± 0,51</i>	<i>± 4,41</i>	<i>± 0,26</i>	<i>± 0,04</i>
		<i>9,46</i>	<i>48,80</i>	<i>8,53</i>	<i>28,17</i>	<i>11,86</i>	<i>19,52</i>
3,6	Folhas	19,80 Aa	1,10 Aba	7,73 Aa	4,19 Bb	1,92 Aab	1,10 Aa
		<i>±1,61</i>	<i>±0,13</i>	<i>±1,9</i>	<i>±1,12</i>	<i>±0,34</i>	<i>±0,35</i>
		<i>8,34</i>	<i>11,49</i>	<i>24,65</i>	<i>26,62</i>	<i>18,05</i>	<i>31,93</i>
	Galhos	3,52 Cb	0,30 Cbc	3,02 Cbc	5,29 Db	1,04 Dbc	0,32 Cb
		<i>±0,24</i>	<i>±0,06</i>	<i>±1,16</i>	<i>±1,96</i>	<i>±0,32</i>	<i>±0,06</i>
		<i>7,07</i>	<i>22,32</i>	<i>38,58</i>	<i>37,04</i>	<i>30,95</i>	<i>19,79</i>
	Madeira	1,25 Fc	0,10 Ec	1,24 Fc	0,88 Eb	0,16 Fc	0,07 Eb
		<i>±0,25</i>	<i>±0,01</i>	<i>±0,31</i>	<i>±0,63</i>	<i>±0,06</i>	<i>±0,04</i>
		<i>20,08</i>	<i>5,73</i>	<i>24,93</i>	<i>71,57</i>	<i>37,50</i>	<i>52,78</i>
	Casca	3,26 Gb	0,38 Gb	5,58 Gab	13,36 Ga	2,10 Ga	0,20 Gb
		<i>±0,09</i>	<i>±0,08</i>	<i>±2,1</i>	<i>±5,89</i>	<i>±0,62</i>	<i>±0,06</i>
		<i>2,90</i>	<i>22,51</i>	<i>37,70</i>	<i>44,10</i>	<i>29,41</i>	<i>29,54</i>
5,5	Folhas	21,07 Aa	1,13 Aa	9,62 Aa	4,20 Bc	1,76 Ab	1,66 Aa
		<i>±0,6</i>	<i>±0,12</i>	<i>±1,22</i>	<i>±0,59</i>	<i>±0,14</i>	<i>±0,22</i>
		<i>2,94</i>	<i>11,08</i>	<i>12,71</i>	<i>14,05</i>	<i>8,19</i>	<i>20,81</i>
	Galhos	3,65 Cb	0,26 Cbc	3,74 Cbc	5,90 Db	1,11 Dc	0,32 Cb
		<i>±0,11</i>	<i>±0,08</i>	<i>±1,62</i>	<i>±0,92</i>	<i>±0,23</i>	<i>±0,13</i>
		<i>3,17</i>	<i>32,14</i>	<i>43,33</i>	<i>15,58</i>	<i>21,38</i>	<i>41,25</i>
	Madeira	0,93 Fd	0,83 Ec	0,95 Fd	0,69 Ed	0,15 Fd	0,21 Eb
		<i>±0,03</i>	<i>±0,02</i>	<i>±0,11</i>	<i>±0,33</i>	<i>±0,02</i>	<i>±0,11</i>
		<i>4,25</i>	<i>27,67</i>	<i>11,80</i>	<i>48,80</i>	<i>14,52</i>	<i>49,62</i>
	Casca	3,10 Gbc	0,53 Gb	6,16 Gb	16,53 Ga	2,46 Ga	0,34 Gb
		<i>±0,39</i>	<i>±0,32</i>	<i>±1,01</i>	<i>±0,45</i>	<i>±0,13</i>	<i>±0,06</i>
		<i>12,58</i>	<i>59,64</i>	<i>16,41</i>	<i>2,72</i>	<i>5,29</i>	<i>18,65</i>
6,7	Folhas	20,72 Aa	1,21 Aa	9,47 Aa	4,14 Bb	2,22 Aa	0,98 Aa
		<i>±0,88</i>	<i>±0,11</i>	<i>±0,85</i>	<i>±0,25</i>	<i>±0,45</i>	<i>±0,21</i>
		<i>4,49</i>	<i>9,57</i>	<i>9,57</i>	<i>5,49</i>	<i>18,95</i>	<i>19,21</i>
	Galhos	4,23 CDb	0,43 Cb	5,68 Cab	6,90 Db	1,45 CDab	0,24 Cab
		<i>±0,59</i>	<i>±0,15</i>	<i>±0,9</i>	<i>±1,48</i>	<i>±0,13</i>	<i>±0,03</i>
		<i>15,37</i>	<i>44,43</i>	<i>18,32</i>	<i>21,52</i>	<i>8,76</i>	<i>11,66</i>
	Madeira	1,02 Fb	0,86 Eb	1,01 Fc	0,92 Eb	0,14 Fb	0,13 Eb
		<i>±0,05</i>	<i>±0,06</i>	<i>±0,03</i>	<i>±0,04</i>	<i>±0,06</i>	<i>±0,05</i>
		<i>5,45</i>	<i>61,92</i>	<i>2,75</i>	<i>5,41</i>	<i>43,45</i>	<i>36,82</i>
	Casca	3,34 Gb	0,54 Gb	7,23 Gab	19,53 Ga	2,87 Ga	0,33 Gab
		<i>±0,38</i>	<i>±0,13</i>	<i>±2,13</i>	<i>±1,16</i>	<i>±0,13</i>	<i>±0,17</i>
		<i>12,04</i>	<i>22,69</i>	<i>29,07</i>	<i>5,50</i>	<i>4,68</i>	<i>52,06</i>

Letras maiúsculas na vertical indicam diferenças significativas entre os componente da biomassa em diferentes idades, ao nível de 0,05% de significância, pelo teste de Tukey. Letras minúsculas na vertical indicam diferenças significativas entre os componentes da biomassa dentro de cada idade, ao nível de 0,05% de significância, pelo teste de Tukey. *Valores em itálico referem-se ao desvio padrão da média. **Valores em itálico sublinhado referem-se ao coeficiente de variação da média expresso em percentagem.

A distribuição dos nutrientes nos vários componentes das árvores tem grande importância na nutrição de povoamentos florestais manejados em rotações sucessivas. O manejo intensivo das plantações pode aumentar a produção de biomassa, mas, também pode aumentar a remoção de nutrientes (SILVA et al., 1983).

Segundo Caldeira (2001), a quantidade de nutrientes é consequência de suas concentrações e da produção de biomassa (Figura 2).

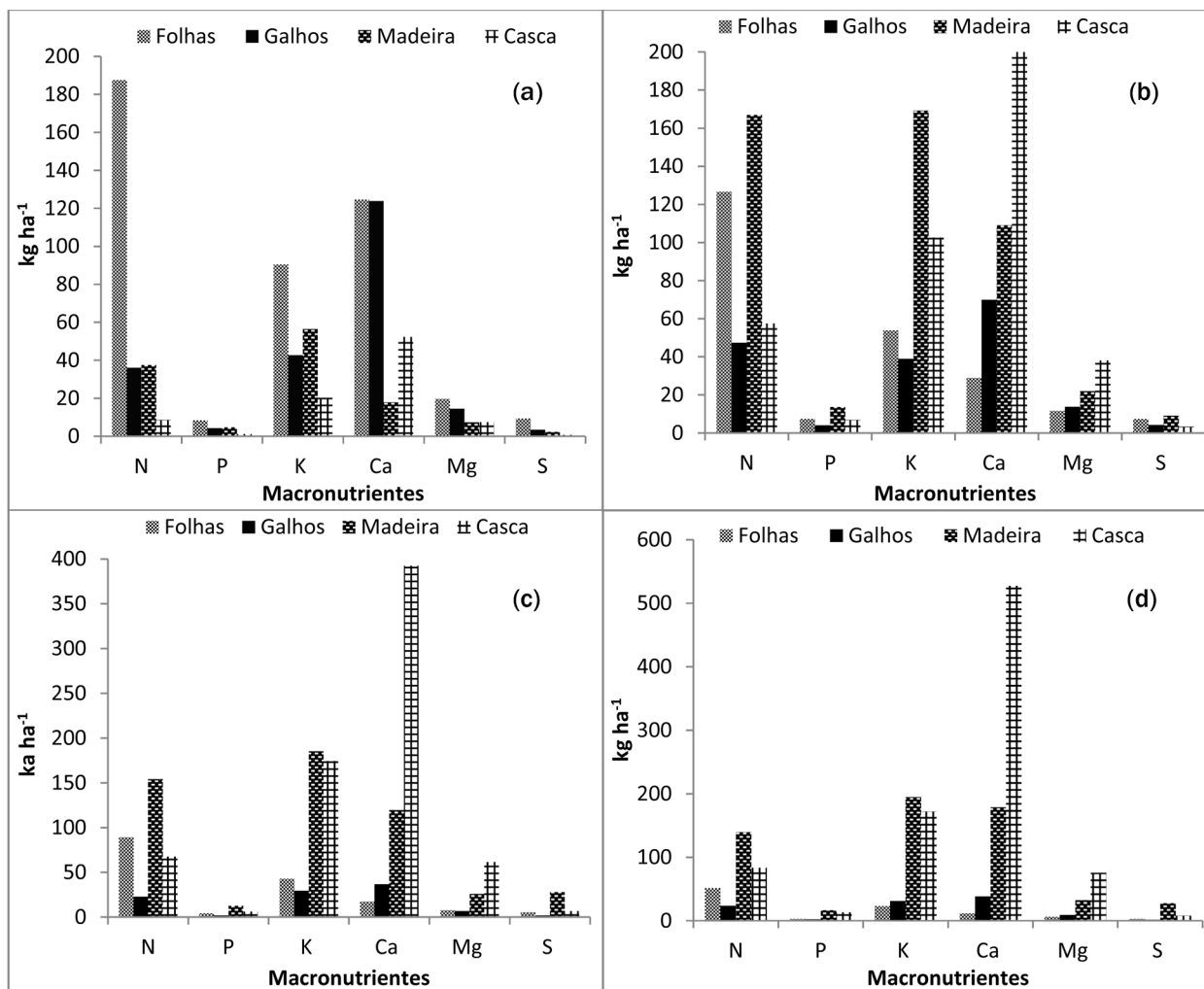


Figura 2. Quantidade de macronutrientes (kg ha⁻¹) em diferentes componentes da biomassa nas idades de 1,1 (A); 3,6 (B); 5,5 (C) e 6,7 (D) anos em povoamentos de *Eucalyptus saligna*.

Figure 2. Amount of nutrients (kg ha⁻¹) in different biomass components at ages 1.1 (A); 3.6 (B); 5.5 (C) and 6.7 (D) years in *Eucalyptus saligna* stands.

Freitas et al. (2004) relatou que, a distribuição de nutrientes na biomassa florestal varia, ao longo do tempo, sendo que com a dinâmica do ecossistema na fase juvenil, o processo é mais acelerado, estabilizando-se quando a floresta atinge a maturidade.

Segundo Viera e Schumacher (2011), as maiores concentrações de nutrientes em árvores estão nos tecidos das copas. No entanto, a maior quantidade de biomassa encontra-se no tronco (madeira + casca), que é a parte normalmente explorada, como pode ser observado nos resultados encontrados por este trabalho.

CONCLUSÕES

A maior biomassa total encontrada foi para a idade de 6,7 anos, com maior representatividade pelos componentes madeira e casca. No compartimento folhas, observou-se a maior concentração de nutrientes para todas as idades, porém a maior quantidade de nutrientes foi encontrada no compartimento madeira.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à empresa Klabin, unidade Monte Alegre, pelo apoio dado ao desenvolvimento do projeto concedendo a área particular para estudo e pelo apoio logístico-financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, A. M. C.; SILVA, J. A. A.; FERREIRA, R. L. C.; BARRETO, L. P. Quantificação da produção de biomassa em clones de Eucaliptos com 4,5 anos, no Pólo Gesseiro do Araripe – PE. **Revista Ciências Agrárias**. Belém, n. 48, p. 161-173, 2007.
- ANDRAE, F.; KRAPPENBAUER, A. Untersuchungen ueber Biomassen un Naehrstoffverhaeltnisse in einer 4 jaehrigen Aufforstung mit *Eucalyptus saligna* Smith in Santa Maria, RS Brasilien. **Centralblatt fuerdas Gesamte Fostwesen**, Viena, v. 96, n. 1, p. 1-29, 1979.
- BARICHELLO, L. R.; SCHUMACHER, M. V.; VOGEL, H. L. Quantificação da biomassa em um povoamento de *Acacia mearnsii* De Wild. na região sul do Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 2, p. 129-135, 2005.
- BRUN, E. J.; BRUN, F. G. K.; CORRÊA, R. S.; VACCARO, S.; SCHUMACHER, M. V. Dinâmica de micronutrientes na biomassa florestal em estágios sucessionais de Floresta Estacional Decidual, RS, Brasil. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 86, p. 307-318, 2010.
- CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; RONDON NETO, R. M.; WATZLAWICK, L. E.; 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.; SANTOS, E. M. Ciclagem de nutrientes em *Acacia mearnsii* De Wild. V. Quantificação do conteúdo de nutrientes na biomassa aérea de *Acacia mearnsii* De Wild., procedência australiana. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 6, p. 977-982, 2000.
- CORRÊA, R.; SCHUMACHER, M. V.; MOMOLLI, D. R. Deposição de serapilheira e macronutrientes em povoamento de *Eucalyptus dunnii* Maiden sobre pastagem natural degradada no Bioma Pampa. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 97, p. 65-74, 2013.
- CURLIN, J. W. Nutrient cycling as a factor in site productivity and forest fertilization. In: YOUNGBERG, C. T.; DAVEY, C. R. (Eds.). **Tree growth and forest soils**. Oregon: Oregon State University Press, 1970. p. 313-326.
- FREITAS, R.; SCHUMACHER, M. V.; CALDEIRA, M. V. W.; SPATHELE, P. Biomassa e conteúdo de nutrientes em povoamento de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden plantado em solo sujeito à arenização, no município de Alegrete – RS. **Biomassa & Energia**, v. 1, n. 1, p. 93-104, 2004.
- GOLLEY, F. B. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida**. Tradução de E. Malavolta. São Paulo: EPU, 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. (Ed.) **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 1-57.
- LIMA, W. P. **Impacto ambiental do eucalipto**. 2.ed. São Paulo: Ed. Universidade de São Paulo, 1996. 301 p.
- LONDERO, E. K. **Calibração do modelo 3-PG para *Eucalyptus saligna* Smith na região de Guaíba, RS**. 2011. 68 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.
- MALAVOLTA, E. Absorção e transporte de íons e nutrição mineral. In: FERRI, M.G. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EPU, 1985. p. 77-116.
- MIYAZAWA, M. Análises químicas de tecido vegetal. In: SILVA, F. C. (Org.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. p. 171-224.

MORO, L.; FERREIRA, C. A.; SILVA, H. D.; REISSMANN, C. B. Exportação de nutrientes em povoamentos DE *Pinus taeda* L. baseada em volume estimado pelo sistema SISPINUS. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 3, p. 465-477, 2008.

POGGIANI, F.; SCHUMACHER M. V. Ciclagem de nutrientes em Florestas Nativas. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.) **Nutrição e Fertilização Florestal**, Piracicaba: IPEF, 2000. p. 287-308.

REIS, M. G. F.; BARROS, N. F. Ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Ed.) **Relação solo eucalipto**. Viçosa: Ed. Folha de Viçosa, 1990. p. 265-302.

SAIDELLES, F. L. F.; CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; BALBINOT, R.; SCHIRMER, W. N. Determinação do ponto de amostragem para a quantificação de macronutrientes em *Acacia mearnsii* De Wild. **Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 1, p. 49-62, 2010.

SAIDELLES, F. L. F.; KONING, F. G.; SCHUMACHER, M. V. Avaliação da biomassa e dos nutrientes em espécies florestais de rápido crescimento. Simpósio Brasileiro de Pós - Graduação em Engenharia Florestal.1., 2001. Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Imprensa Universitária, 2001.

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.

SANTANA, R. C. et al. Produção de biomassa de *Eucalyptus grandis* e *E. saligna* em alguns sítios de florestais do Estado de São Paulo. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 25., 1995, Viçosa – MG. **Anais...** Viçosa: UFV, p. 864 – 865, 1995.

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

SIMEPAR – Instituto Tecnológico do Paraná. Curitiba, 2013. Acesso em: julho de 2013. Disponível em :< <http://www.simepar.br/> >.

SBCS. SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIENCIA 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.

SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J.; RODRIGUES, L. M.; SANTOS, E. M. Retorno de Nutrientes via deposição de serapilheira em um povoamento de acácia – negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 27, n. 6, p. 791-798, 2003.

SCHUMACHER, M. V.; CALDEIRA, M. V. 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. 2001.

SCHUMACHER, M. V; CALDEIRA, M. V. W. Quantificação de Biomassa em Povoamentos de *Eucalyptus saligna* Smith. Com diferentes idades. **Biomassa e energia**, v. 1, n. 4, p. 381-391, 2004.

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

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

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. **Latossolos**, Planaltina: EMBRAPA Cerrado. 2007.

SPSS. STATISTICAL PACKAGE FOR THE SOCIAL SCIENCES. Programa de computador, ambiente windows. Chicago, 1996. Versão 7.5.1.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VILKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 118 p. (Boletim Técnico).

VIERA, M.; SCHUMACHER, M. Biomassa em monoespecíficos de Eucalipto e Acácia - negra e do milho em sistema agrossilvicultural. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 2, p. 259-265, 2011.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V.; CALDEIRA, M. V. W. Dinâmica de Decomposição e Nutrientes em Plantio de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus globulus* no Sul do Brasil. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 20, n. 3, p. 351-360, 2013.

VOGEL, H. L. M.; SCHUMACHER, M. V.; TRÜBY, P. Biomassa e macronutrientes de uma Floresta Estacional Decidual em Itaara – RS, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 99-105, 2013.

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.

Recebido em 05/09/2014

Aceito para publicação em 30/10/2015

