

# QUANTIFICAÇÃO DE BIOMASSA EM POVOAMENTOS DE *Eucalyptus saligna* Sm. COM DIFERENTES IDADES<sup>1</sup>

*Biomass Quantification in Eucalyptus saligna* Sm. Stands of Different Ages

Mauro Valdir Schumacher<sup>2</sup> e Marcos Vinicius Winckler Caldeira<sup>3</sup>

**Resumo:** O objetivo deste estudo foi quantificar a biomassa acima e abaixo do solo em povoamentos de *E. saligna* com diferentes idades (7 e 4 anos), estabelecidos no Rio Grande do Sul em diferentes locais (Horto Florestal – Francisquinho, Horto Florestal – Barba Negra, Horto Florestal – Pillar). Houve diferença na produção de biomassa total entre as idades e entre os locais de estabelecimentos. A produção de biomassa acima do solo de cada componente, bem como a biomassa total acima do solo do *E. saligna* (140.333 kg ha<sup>-1</sup>) com 7 anos de idade e estabelecido no Horto Florestal Francisquinho, foi maior que a produção de biomassa do *E. saligna* (163.898 kg ha<sup>-1</sup>) com 7 anos de idade e estabelecido no Horto Florestal Barba Negra e do *E. saligna* (79.561 kg ha<sup>-1</sup>) com 4 anos de idade e estabelecido no Horto Florestal Pillar. A produção de biomassa abaixo do solo, a de biomassa de raízes finas e a de biomassa total (acima e abaixo do solo) foram diferentes em plantios com idades iguais. O *E. saligna* estabelecido no Horto Florestal – Barba Negra teve a maior produção de biomassa abaixo do solo e de raízes finas (25.254 kg ha<sup>-1</sup>; 743 kg ha<sup>-1</sup>; e 162.151 kg ha<sup>-1</sup>), quando comparado com o *E. saligna* estabelecido no Horto Florestal – Francisquinho (18.217 kg ha<sup>-1</sup>; 530 kg ha<sup>-1</sup>; e 158.550 kg ha<sup>-1</sup>).

**Palavras-chave:** Sustentabilidade, ciclagem de nutrientes, *Eucalyptus saligna* e biomassa.

**Abstract:** This study aimed to quantify biomass above and below- ground in *E. saligna* stands of different ages (7 and 4 years), established in the state of Rio Grande do Sul in three different tree nurseries (Francisquinho, Barba Negra and Pillar). There was a difference in total biomass production between the ages and among the locations. Above ground biomass production of each component, as well as above ground total biomass of 7-year-old *E. saligna* (140.333 kg ha<sup>-1</sup>) established at Francisquinho were higher than 7-year-old *E. saligna* biomass production (163.898 kg ha<sup>-1</sup>), established at Barba Negra and of 4-year-old *E. saligna* (79.561 kg ha<sup>-1</sup>), established at Pillar. Below ground biomass, thin root biomass and total biomass production (above and below ground) had different results for same age plantations. *E. saligna* established at Barba Negra had a higher below ground biomass and thin root production (25.254 kg ha<sup>-1</sup>; 743 kg ha<sup>-1</sup> and 162.151 kg ha<sup>-1</sup>) than *E. saligna* established at Francisquinho (18.217 kg ha<sup>-1</sup>; 530 kg ha<sup>-1</sup> and 158.550 kg ha<sup>-1</sup>).

**Key words:** Sustainability, nutrient cycling, *Eucalyptus saligna* and biomass.

<sup>1</sup> Recebido para publicação em 9.9.2004 e aceito em 16.12.2004.

<sup>2</sup> Eng. Florestal, Prof. Adjunto do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Santa Maria – UFST, 97105-900 Santa Maria-RS, <schuma@ufsm.br>. <sup>3</sup> Eng. Florestal, Prof. Departamento de Engenharia Florestal, Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade Regional de Blumenau – FURB, Rua Araçatuba, 83, Campus II, Itoupava Seca, 89030-080 Blumenau-SC, <caldeira@furb.br>.

## 1 INTRODUÇÃO

Um dos principais objetivos do setor florestal sempre foi aumentar cada vez mais a produtividade de seus maciços florestais, sem muitas vezes avaliar as conseqüências que estas mudanças poderiam trazer para o ambiente. No início dos anos 1960 a produtividade média alcançada em florestas implantadas de eucaliptos era relativamente baixa em relação aos valores obtidos atualmente através do melhoramento genético florestal. Hoje, com a técnica da clonagem, a produtividade está sendo máxima.

Do ponto de vista econômico, a melhor espécie florestal é aquela que cresce no menor intervalo de tempo, produz o máximo de biomassa no componente madeira e necessita do mínimo de fertilizantes para o seu desenvolvimento. Entretanto, nem sempre o que é ótimo para a economia, a curto prazo, é o melhor para a ecologia. Por isto, antes de tomar qualquer decisão no que se refere à intervenção e modificação de um ecossistema natural (campo, capoeira, floresta nativa etc.) através da introdução de uma ou mais espécies florestais na forma de plantios homogêneos e que não sejam endêmicas na região, devem ser realizados estudos experimentais a respeito da ecologia de cada uma das espécies, para constatar seus reflexos no ecossistema como um todo.

Inicialmente devem ser avaliadas as condições naturais do sítio onde as espécies serão implantadas (vegetação, solo, relevo, geologia, clima etc.). Uma vez plantadas as espécies, devem ser feitos um monitoramento permanente da dinâmica das condições edafoclimáticas onde estas se desenvolverão, um acompanhamento periódico do desenvolvimento dos povoamentos e o inventário da biomassa produzida e da dinâmica dos nutrientes.

Portanto, se a meta for assegurar a produtividade e perpetuidade dos ecossistemas como um todo, a fim de que estes possam ser

utilizados pelas gerações futuras, o silvicultor deve ter o mínimo de conhecimento das características potenciais das espécies florestais para que ele tenha condições de optar pela mais conveniente, pois caso contrário os efeitos poderão ser ecológica e economicamente comprometedores.

Para o setor industrial, o interessante é que a floresta produza a maior quantidade de biomassa no componente "madeira". No entanto isto nem sempre é possível, pois dependendo da espécie e das condições de sítio as prioridades de alocação dos carboidratos poderão ser alteradas, o que, por sua vez, terá reflexo na produção de biomassa e no acúmulo de nutrientes nos diferentes componentes das árvores.

A manutenção do estoque de nutrientes minerais no solo, bem como da produtividade de biomassa das florestas de rápido crescimento, está diretamente ligada ao processo de ciclagem de nutrientes.

Nesse aspecto, levando-se em conta que a produtividade e o estado nutricional das espécies florestais estão ligados às suas características genéticas, às condições edafoclimáticas do sítio, ao manejo florestal e, principalmente, ao processo de ciclagem de nutrientes, o objetivo deste trabalho foi estimar a produção da biomassa (acima e abaixo do solo) em povoamentos de *E. saligna* com diferentes idades e plantados em hortos florestais diferentes, bem como avaliar a alocação da biomassa aérea e subterrânea nos diferentes componentes das árvores.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Localização

Os povoamentos *E. saligna* pertencem à Aracruz Celulose S.A., unidade Guaíba, Guaíba-RS, localizados entre as coordenadas geográficas de 30°09' e 30°23' de latitude sul e 51°09' a 58°06' de longitude oeste do meridiano de Greenwich. No Quadro 1 estão as principais características do povoamento.

**Quadro 1** – Principais características do povoamento de *E. saligna*  
**Table 1** – Main characteristics from *E. saligna* stand

Espécie	Procedência	Local – Horto Florestal	Idade (anos)	Espaçamento (m)
<i>E. saligna</i>	Mairinque	Francisquinho	7	3 x 2
		Barba Negra		
		Pillar	4	

O clima predominante onde se localizam os hortos florestais é do tipo Cfa, segundo a classificação de Köppen, subtropical úmido com temperatura média das máximas oscilando em torno de 25 °C e a média das mínimas em torno de 15,5 °C. A temperatura média anual é de 19,3°, com uma precipitação média anual de aproximadamente 1.322 mm.

Os Hortos Florestais Francisquinho e Pillar encontram-se na região da Depressão Central e o Horto Florestal Barba Negra, na região do litoral.

A região do Horto Florestal Pillar possui solo Podzólico Vermelho-Escuro Latossólico álico, horizonte A moderado proeminente, textura argilosa e relevo suavemente ondulado. A região do Horto Florestal Francisquinho apresenta Solo Podzólico Vermelho-Escuro álico e distrófico, Tb horizonte A moderado e proeminente, textura média à argilosa e relevo suavemente ondulado; já a região do Horto Florestal de Barba Negra possui solo Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico Tb, horizonte A moderado, textura média/argilosa e relevo suavemente ondulado e ondulado (Brasil, 1986; Oliveira et al., 1992).

## 2.2 Levantamento das parcelas experimentais

Em cada horto florestal, inicialmente, foram distribuídas aleatoriamente quatro parcelas retangulares de 24 x 18 m (432 m<sup>2</sup>).

As medições foram conduzidas com o auxílio da suta e do Blume-Leiss. De cada

árvore, mediu-se o DAP, e para cada uma das parcelas mediu-se a altura das dez primeiras árvores.

Os diâmetros das árvores foram agrupados em nove classes de 2,0 cm de intervalo, de maneira a abranger todas as dimensões. Depois de selecionadas as árvores (uma árvore por classe diamétrica) a serem utilizadas para a amostragem de biomassa, estas foram abatidas e submetidas a um processo de cubagem rigorosa, segundo a metodologia de “Smalian”, descrito por Finger (1992). Também foi medida a altura do primeiro galho vivo ao longo do tronco (altura da copa). Em seguida retirou-se um disco de madeira com casca a 50% da altura total, para determinar a densidade da madeira e casca.

## 2.3 Biomassa acima do solo

À medida que as árvores selecionadas foram abatidas, elas foram subdivididas em troncos, ramos e folhas. O peso verde das folhas e dos ramos foi determinado no campo. Para o tronco foi retirado um disco de madeira com casca, que também foi subdividido em casca e madeira. Estes componentes também foram pesados no campo e depois levados para o laboratório, para determinar a densidade básica.

Para calcular a biomassa dos componentes casca e madeira foram utilizados os valores de densidade básica da casca e madeira e o volume total de casca e madeira de cada uma das árvores. Para determinar a biomassa utilizou-se a expressão:  $m=d*v$ , em

que  $m$  é a massa,  $d$  é o valor da densidade básica e  $v$  é o volume total de casca e madeira.

Todos os componentes foram devidamente subamostrados e levados para o laboratório, para determinação do teor de umidade e posterior análises químicas.

### 2.3.1 Estimativa da biomassa acima do solo por unidade de área

A biomassa por unidade de área foi estimada mediante o uso de equações de regressão, que foram calculadas a partir dos dados de nove árvores amostradas nos diferentes hortos florestais.

Para os componentes folhas, ramos, casca e madeira a biomassa por hectare foi determinada, utilizando-se o modelo alométrico transformado na forma  $\ln y = a + b \cdot \ln x$ , em que  $\ln y$  representa o logaritmo natural da massa dos componentes,  $\ln x$  representa o logaritmo natural do DAP e  $a$  e  $b$  são coeficientes de determinação. As equações de regressão utilizadas para calcular a biomassa dos diferentes componentes de cada árvore encontram-se no Quadro 2.

## 2.4 Biomassa abaixo do solo

### 2.4.1 Estimativa da biomassa abaixo do solo, por unidade de área

Para cada uma das espécies, foram selecionadas duas árvores conhecidas como “dg”, por representarem a árvore de diâmetro de área basal média do povoamento. Para cada uma das árvores foi demarcada uma área de 6 m<sup>2</sup> (3 x 2 m), representando, teoricamente, aquela que seria a área útil de cada árvore em 1 hectare. Nessa área foi feita uma distribuição sistemática de 12 parcelas cilíndricas de 0,25 m de diâmetro cada e uma parcela quadrada de 1,0 m de lado, tendo o toco ficado no centro do quadrado.

Para ambos os tipos de parcelas de amostragem a profundidade de coleta de solo com raízes foi de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-80 cm, respectivamente. No caso das parcelas cilíndricas, a amostra nos primeiros 10 cm de profundidade foi coletada com o auxílio de um cilindro metálico afiado. Nas demais profundidades o material foi coletado com uma cavadeira manual. À medida que o material ia sendo coletado, dependendo da

**Quadro 2** – Modelo de regressão utilizado para quantificar a biomassa dos componentes de *E. saligna*  
**Table 2** – Regression model used to quantify biomass of the components of *E. saligna*

Horto Florestal	Componente	a	b	R <sub>2</sub>	Signif. F
Francisquinho (7 anos)	folhas	-8,333429	3,417227	0,96	< 0,001
	ramos	-7,791412	3,378557	0,93	< 0,001
	casca	-5,131458	2,583058	0,97	< 0,001
	madeira	-3,111231	2,713871	0,98	< 0,001
Barba Negra (7 anos)	folhas	-8,048105	3,237856	0,91	< 0,001
	ramos	-7,659504	3,301960	0,90	< 0,001
	casca	-4,264010	2,270822	0,95	< 0,001
	madeira	-1,738685	2,257018	0,98	< 0,001
Pillar (4 anos)	folhas	-4,298543	2,298543	0,89	< 0,001
	ramos	-6,872030	3,161628	0,82	< 0,001
	casca	-4,788169	2,461209	0,94	< 0,001
	madeira	-2,506857	2,361552	0,97	< 0,001

textura e da umidade do solo, este era passado em uma peneira de malha 2 mm, ou lavado sobre a mesma.

As raízes foram coletadas manualmente, devendo-se ressaltar que as raízes muito finas foram removidas com o auxílio de uma pinça, e acondicionadas em sacos plásticos hermeticamente fechados e lavadas para o laboratório, onde foram cuidadosamente lavadas e separadas em classes diamétricas de < 2,0; 2,1-5,0; 5,1-10,0; e > 10,1 mm, juntamente com o toco. Em seguida, elas foram pesadas e amostradas, para posterior secagem, moagem e análises químicas. O material foi seco em estufa a uma temperatura de 85 °C, até peso constante. A partir dos valores médios encontrados para as árvores “dg” foi calculada a biomassa de raízes por hectare, considerando 1.666 árvores ha<sup>-1</sup>.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Biomassa acima do solo

No presente estudo, verificou-se relação direta entre a biomassa dos componentes folhas, ramos casca e madeira e o diâmetro da árvore. Tal relação também foi observada em estudos de biomassa conduzidos por Feller (1980) e Kadeba (1994).

Constatou-se que a biomassa acima do solo das árvores de *E. saligna*, para as mesmas classes de diâmetro, varia com a idade e com o sítio onde estas se encontram estabelecidas.

A produção de biomassa acima do solo nos diferentes componentes das árvores de *E. saligna* pode ser observada no Quadro 3. O *E. saligna* plantado no Horto Florestal Pillar apresenta um volume de madeira 32, 45 e 34% superior ao *E. globulus* ssp. *globulus*, ssp. *bicostata* e ssp. *maidenii*, respectivamente (Schumacher, 1995). No entanto, comparando a produção de biomassa do componente madeira dessas espécies observa-se que o *E. saligna* possui uma produção de biomassa bastante semelhante à do *E. globulus* ssp. *maidenii* e *E. globulus* ssp. *globulus*. Porém, a produção de biomassa de madeira do *E. globulus* ssp. *bicostata* é 27% inferior àquela produzida pelo *E. saligna*.

Para o *E. saligna* plantado no Horto Florestal Pillar, os componentes folhas e ramos representam 18% da biomassa total acima do solo, devendo ser ressaltado que o fuste (casca + madeira) soma os 82% restantes (Quadro 4). No caso do *E. saligna*, Andrae & Krapfenbauer (1979) encontraram biomassa de 38,48 Mg ha<sup>-1</sup>, aos 4 anos de idade. Deste total, 15% encontra-se nas folhas;

**Quadro 3** – Biomassa média acima do solo (kg ha<sup>-1</sup>) dos componentes do *E. saligna*

**Table 3** – Average above-ground biomass of components from *E. saligna*

Horto Florestal	Idade (anos)	Componente				
		Folhas	Ramos	Casca	Madeira	Total
Pillar	4	8.080	6.374	7.674	57.433	79.561
		(7,5)*	(3,0)	(2,5)	(2,0)	(1,9)
Francisquinho	7	4.809	7.392	10.711	117.421	140.333
		(5,5)	(7,4)	(6,0)	(6,2)	(6,3)
Barba Negra	7	3.987	7.140	9.679	116.092	136.898
		(5,5)	(4,7)	(4,0)	(3,6)	(3,6)

\* Valores entre parênteses representam o coeficiente de variação (CV%) entre as parcelas do levantamento.

20% nos ramos, 10% na casca e 54% na madeira. Ainda segundo Andrae (1976), em povoamentos da mesma espécie, porém com 1 ano de idade, as folhas representam 51% da biomassa total acima do solo.

Em plantios de *E. grandis*, aos 5 anos de idade, Bradstock (1981) verificou que os componentes folhas, ramos, casca e madeira representaram 9, 21, 12 e 58% da biomassa total acima do solo. Contudo, Rezende et al. (1983), estudando a mesma espécie, encontraram biomassa de 43,72 Mg ha<sup>-1</sup> aos 3,5 anos de idade, esta, por sua vez, distribuída em 7% nas folhas, 13% nos ramos, 10% na casca e 71% no fuste.

Schumacher (1995) observou que no Horto Florestal Francisquinho, sob condições de sítio semelhantes, o *E. dunnii* apresenta biomassa total acima do solo 19% superior ao *E. saligna* (Quadro 3). Em relação à biomassa de folhas, verifica-se que a do *E. dunnii* é 31% superior à do *E. saligna*. Por outro lado, a biomassa dos ramos do *E. saligna* é semelhante à do *E. dunnii*. No que diz respeito à biomassa do fuste, o *E. dunnii* possui uma biomassa de casca e de madeira 35 e 17%, respectivamente, superior, quando comparada com a do *E. saligna* do presente estudo.

A copa formada pelas folhas e pelos ramos representa, em média, 8% da biomassa total acima do solo, e o fuste (casca e madeira) representa, em média, os 92% restantes (Quadro 4). Porém, conforme Schumacher

(1995), no *E. dunnii* com 7 anos e plantado no Horto Florestal Barba Negra, a copa representa 13% e o fuste representa os 87% restantes da biomassa total acima do solo.

Os valores totais e percentuais de biomassa total acima do solo encontrada para o *E. saligna*, quando plantado em diferentes locais, ou seja, no Horto Florestal Francisquinho ou Horto Florestal Barba Negra, são semelhantes entre si e aos valores encontrados por Andrae (1982), estudando a mesma espécie, também no Rio Grande do Sul e em idade semelhante.

Poggiani et al. (1983), Couto et al. (1984) e Pereira et al. (1984), avaliando povoamentos de *E. saligna* aos 8, 8,5 e 9 anos de idade, respectivamente, verificaram que do total da biomassa aérea, em média, 15% encontravam-se na copa e que os 85% restantes estavam distribuídos pelo fuste (casca + madeira). Ainda Poggiani (1985), estudando a biomassa de um povoamento de *E. saligna*, porém aos 11 anos de idade, verificou que o componente copa representava somente 10% da biomassa total acima do solo e os 90% estavam no fuste, e destes 85% eram representados pela madeira.

Schumacher (1992), estimando a biomassa de diferentes espécies de *Eucalyptus*, encontrou para um povoamento de *E. grandis* aos 9 anos de idade valores muito semelhantes aos do *E. saligna* (Quadro 4), ou seja, da biomassa total acima do solo produzida 3, 5, 7 e 85% encontravam-se nas folhas, nos

**Quadro 4** – Distribuição percentual da biomassa acima do solo nos componentes do *E. saligna*  
**Table 4** – Percentage of above-ground biomass distribution in components from *E. saligna*

Horto Florestal	Idade (anos)	Biomassa Total (Mg ha <sup>-1</sup> )	Componente			
			Folhas	Ramos	Casca	Madeira
			% em relação ao total			
Pillar	4	79,56	10	8	10	72
Francisquinho	7	140,33	3	5	8	84
Barba Negra	7	136,89	3	5	7	85

ramos, na casca e na madeira, respectivamente.

### 3.3 Biomassa abaixo do solo

Comparar resultados de estimativas de biomassa subterrânea é uma tarefa bastante duvidosa, uma vez que as metodologias utilizadas para coletar as informações são as mais variadas possíveis, pelo fato de este tipo de levantamento ser bastante laborioso e na maioria das vezes requerer grandes investimentos financeiros.

No Quadro 5 observa-se que o *E. saligna* apresentou a maior produção de biomassa abaixo do solo, quando comparado com outras espécies de *Eucalyptus* estabelecidas nos mesmos hortos florestais do presente estudo. A biomassa abaixo do solo produzida pelo *E. saligna* foi 36, 30 e 28% superior àquela produzidas pelas espécies *E. globulus*, *E. bicoscata* e *E. maidenii*, respectivamente, conforme estudo de Schumacher (1995).

O *E. saligna*, aos 7 anos de idade, plantado no Horto Florestal Barba Negra, apresenta sua biomassa abaixo do solo 28% superior àquela produzida pela mesma espécie, porém plantada no Horto Francisquinho (Quadro 5).

As diferenças observadas na produção de biomassa abaixo do solo para uma mesma espécie, com a mesma idade, porém em

diferentes locais, podem ser atribuídas ao grau de estoqueamento e às condições inerentes ao sítio onde esta se encontra estabelecida. Nesse sentido, o solo do Horto Florestal Barba Negra, segundo Schumacher (1995), caracteriza-se por apresentar menor teor de argila e matéria orgânica do que o solo do Horto Florestal Francisquinho, até uma profundidade de 80 cm. Este fato tem reflexo direto na produção de biomassa abaixo do solo, pois quanto menor a disponibilidade de água e nutrientes, maior será alocação de assimilados para o sistema radicular, visando maior exploração espacial do solo.

Em um inventário de biomassa em um povoamento de *E. saligna* aos 4 anos de idade, Andrae & Krapfenbauer (1979) encontraram uma biomassa abaixo do solo de 9,7 Mg ha<sup>-1</sup>. No segundo levantamento, com a mesma espécie e local, porém aos 8 anos, Andrae (1982) encontrou 20,2 Mg ha<sup>-1</sup>, valor este semelhante ao do presente estudo.

A maior parte do sistema radicular das diferentes espécies de eucaliptos, tanto em florestas naturais como em plantações florestais, encontra-se nas camadas superiores do solo (Asthon, 1975; Nambiar, 1981; Pereira & Pallardy, 1989).

A grande maioria das raízes finas concentra-se nos primeiros 20 cm do solo (Quadro 6). Independentemente do local, Horto Florestal Francisquinho ou Horto

**Quadro 5** – Biomassa abaixo do solo (kg ha<sup>-1</sup>) e distribuição porcentual do *E. saligna*

**Table 5** – Below-ground biomass (kg ha<sup>-1</sup>) and percentage distribution from *E. saligna*

Horto Florestal	Diâmetro de Raízes (mm)				Total
	< 2,0	2,1-5,0	5,1-10,0	> 10,1 e toco	
Pillar (4 anos)	447	546	1.173	13.162	15.328
	(3,0)*	(3,6)	(7,6)	(85,8)	(100,0)
Francisquinho (7 anos)	530	857	897	15.932	18.217
	(3,0)	(4,7)	(5,0)	(87,3)	(100,0)
Barba Negra (7 anos)	743	1.296	1.760	21.455	25.254
	(3,0)	(5,0)	(7,0)	(85,0)	(100,0)

\* Valores entre parênteses representam a distribuição porcentual em relação à biomassa subterrânea total.

**Quadro 6** – Biomassa ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de raízes finas ( $< 2,0 \text{ mm}$ ) do *E. saligna*  
**Table 6** – Biomass ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) of fine roots ( $< 2,0 \text{ mm}$ ) from *E. saligna*

Horto Florestal	Profundidade (cm)				Total
	0-10	10-20	20-40	40-80	
Pillar (4 anos)	107,3 (24,0)*	108,2 (24,2)	110,8 (24,8)	120,7 (27,0)	447 (100,0)
Francisquinho (7 anos)	156,9 (29,6)	109,2 (20,6)	131,4 (24,8)	132,5 (25,0)	530 (100)
Barba Negra (7 anos)	235,5 (31,7)	124,1 (16,7)	156,0 (21,0)	226,6 (30,5)	743 (100)

\* Valores entre parênteses representam a distribuição porcentual em relação à biomassa de raízes finas total.

Florestal Barba Negra, o *E. saligna* apresentou 50% da sua biomassa de raízes finas nos primeiros 20 cm do solo. O *E. saligna* apresentou a maior porcentagem de raízes finas nas camadas de 20 a 80 cm, quando comparado com outras espécies de *Eucalyptus* estabelecidas nos mesmos hortos florestais do presente estudo. Essa maior concentração de raízes finas nas camadas de 20 a 80 cm pode ser um indicativo de que esta espécie possui um sistema radicular mais agressivo e exploratório.

Fabião et al. (1987), avaliando a biomassa abaixo do solo de um povoamento de *E. globulus* com diferentes idades (12 e 18 anos) e sítios, verificaram que, em média, 66% da biomassa de raízes finas ( $< 2,0 \text{ mm}$ ) encontravam-se nos primeiros 20 cm do solo.

O *E. saligna* foi a espécie cuja produção de biomassa abaixo do solo representou o maior porcentual (16%) da biomassa total em relação a outras espécies de *Eucalyptus* estabelecidas nos mesmos hortos florestais do presente estudo. Valores semelhantes foram encontrados por Andrae & Krapfenbauer (1979), estudando a biomassa de um povoamento com a mesma espécie e com a mesma idade.

Durante a escavação do sistema radicular do *E. saligna* em ambos os hortos

florestais, a partir dos 70 cm de profundidade o solo apresentava maior teor de argila, logo maiores teores de umidade, e um solo mais adensado, o que faz com que as raízes grossas afinem bruscamente e bifurquem em alguns casos.

Algumas espécies arbóreas que crescem em climas com longo período de estação seca possuem raízes bem profundas. De acordo com Bowen (1985), quando as camadas dos horizontes superficiais perdem sua umidade, a absorção de água no horizonte mais profundo pode ser restrita como consequência da baixa abundância de raízes.

No Hemisfério Norte, onde o crescimento é marcadamente sazonal, em florestas de coníferas mais de 60% da produção primária é destinada à formação de raízes finas. Porém, nas florestas de eucaliptos a dinâmica do crescimento do sistema radicular é bem mais complexa, devido ao contínuo processo de produção e mortalidade de raízes finas (Attiwill & Lepper, 1987).

#### 3.4 Biomassa total acima e abaixo do solo na árvore

A espécie de eucalipto utilizada neste estudo, quer seja na Austrália, onde ela ocorre naturalmente, ou na Região Sul do Brasil, encontra-se estabelecida em zonas climáticas



onde, segundo Bazilevich & Rodin (1971), citados por Larcher (1984), o potencial produtivo de biomassa (acima ou abaixo do solo) é superior a 400 Mg ha<sup>-1</sup>.

A distribuição da biomassa acima e abaixo do solo do *E. saligna* pode ser observada no Quadro 7. Comparando o *E. bicostata* (Schumacher, 1995) com o *E. saligna*, ambos com a mesma idade e plantados no Horto Florestal Pillar, constatou-se que o *E. bicostata* foi a espécie que apresentou a maior produção de biomassa de copa (folhas e ramos), ou seja, 24%, enquanto o menor percentual desta foi observado no *E. saligna* (16%).

A percentagem de biomassa do componente casca foi igual para as espécies de *E. globulus*, *E. bicostata* e *E. maidenii*, todas com 4 anos de idade e plantadas no Horto Florestal Pillar, conforme mostra o trabalho de Schumacher (1995). Segundo a FAO (1979), o *E. globulus* e o *E. saligna* possuem casca com a mesma característica, ou seja, decídua.

O percentual de biomassa do componente madeira do *E. saligna* (Quadro 7) foi igual ao do *E. maidenii* e semelhante ao do *E. globulus* (63%) (Schumacher, 1995).

No que se refere à biomassa abaixo do solo, o *E. saligna* representou o maior percentual (16%) em relação à biomassa total da árvore, quando comparada com as espécies *E. globulus*, *E. bicostata* e *E. maidenii* (Schumacher, 1995). O percentual de biomassa abaixo do solo encontrada no *E. saligna* é semelhante àquele encontrado por Andrae &

Krapfenbauer (1979), estudando a biomassa de um povoamento com a mesma espécie e com a mesma idade.

Apesar da semelhança das condições de sítios onde a espécie se encontra estabelecida, verificou-se que o *E. saligna* plantado no Horto Florestal Francisquinho apresentou as menores porcentagens de biomassa de casca e folhas, quando comparada com a da espécie *E. dunnii* com 7 anos de idade e plantada no mesmo horto florestal do *E. saligna* (Schumacher, 1995). Porém, em relação à produção percentual de biomassa de madeira, as duas espécies apresentaram os mesmos valores, 74%, e o *E. saligna* se destaca por apresentar a maior proporção de biomassa no sistema radicular (11%).

Quando se compara o percentual de biomassa de folhas das árvores de *E. saligna* aos 4 anos com a da mesma espécie, porém aos 7 anos, verifica-se que esta última possui uma pequena proporção (Quadro 7), o que vem confirmar a premissa de que à medida que os povoamentos envelhecem menor será a proporção de biomassa de folhas, mesmo considerando que os dados são de locais e sítios diferentes.

Independentemente do horto florestal, verifica-se que o percentual de biomassa de folhas varia de 2 a 4%, tendo os menores valores sido encontrados para o *E. saligna* quando comparado com outras espécies de *Eucalyptus* (Schumacher, 1995). Esta variação está dentro da faixa sugerida por Larcher (1984), em que as folhas representam

**Quadro 7** – Distribuição relativa de biomassa acima e abaixo do solo (%) do *E. saligna*

**Table 7** – Relative distribution of above-ground and below-ground biomass (%) from *E. saligna*

Horto Florestal	Biomassa Total (kg ha <sup>-1</sup> )	Componente				
		Folhas	Ramos	Casca	Madeira	Raízes
Pillar (4 anos)	94.889	9	7	8	60	16
Francisquinho (7 anos)	158.550	3	5	7	74	11
Barba Negra (7 anos)	162.151	2	4	6	72	16

1 a 5% da biomassa total das árvores quando em estágio adulto.

O padrão de alocação de carboidratos e a produção de biomassa nos diferentes componentes da árvore podem ser modificados em função de alterações edafoclimáticas onde estas se encontram, favorecendo o desenvolvimento de um ou de outro componente.

Keys & Grier (1981) verificaram que a alocação da produção primária no fuste é reduzida quando a biomassa de raízes é aumentada em sítios pobres em nutrientes, devido ao maior sistema radicular necessário para satisfazer a demanda por água e nutrientes das partes aéreas. Tais características foram constatadas por Landsberg (1986) e Kimmins (1987).

Reis et al. (1985, 1987), avaliando a produção de biomassa em povoamentos de *E. grandis*, verificaram que no sítio de melhor qualidade as raízes representavam, em média, 13% da biomassa total com idade superior a 4 anos. Todavia, esta mesma espécie com idade superior a 3,5 anos, porém plantada em sítio de pior qualidade, possui 32% da sua biomassa acumulada nas raízes.

#### 4 CONCLUSÕES

Com base nos dados de povoamentos de *E. saligna* estabelecidos em locais diferentes, pôde-se concluir que:

a) no Horto Florestal Pillar (4 anos) a biomassa total estimada foi de 94, 8 Mg ha<sup>-1</sup>, sendo 9% distribuídas nas folhas, 7% nos ramos, 8% na casca, 60% na madeira e 16% nas raízes;

b) no Horto Florestal Francisquinho (7 anos) a biomassa total estimada foi de 158,5 Mg ha<sup>-1</sup>, sendo 3% distribuídas nas folhas, 5% nos ramos, 8% na casca, 74% na madeira e 11% nas raízes;

c) no Horto Florestal Barba Negra (7 anos) a biomassa total estimada foi de 162,1 Mg ha<sup>-1</sup>, sendo 2% distribuídas nas folhas, 4% nos

ramos, 6% na casca, 72% na madeira e 16% nas raízes;

d) existe uma relação direta entre a produção de biomassa acima do solo e o diâmetro das árvores; e

e) a produção de biomassa acima do solo nas árvores com as mesmas classes de diâmetro varia com a idade e com o local onde estas se encontram estabelecidas.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRAE, F. **Wachstum-, Wasser- und Naehrstoffhaushalt von *Araucaria angustifolia* O. Kuntze, *Cordia trichotoma* Arrab. und *Eucalyptus saligna* Smith.** 1976, Wien: (Dissertation), Universitaet fuer Bodenkultur, 1976.
- ANDRAE, F. **Zweitinventur eines *Eucalyptus saligna* Bestandes in Suedbrasilien. *Centralblatt fuer das Gesamte Forstwesen*, v. 99, n. 4, p. 193-217, 1982.**
- ANDRAE, F.; KRAPPENBAUER A. **Untersuchungen ueber Biomassen und Naehrstoffverhaeltnisse in einer 4-jaehrigen Aufforstung mit *Eucalyptus saligna* Smith in Santa Maria, RS - Brasilien. *Centralblatt fuerdas Gesamte Forstwesen*, v. 96, n. 1, p. 1-29, 1979.**
- ASHTON, D. H. **Studies of litter in *Eucalyptus regnans* forests. *Australian Journal of Botany*, v. 23, p. 413-433, 1975.**
- ATTIWILL, P. M.; LEPPER, G. W. **Forest soils and nutrient cycles.** Melbourne: University Press, 1987. 202 p.
- BOWEN, G. D. **Roots as a component of tree productivity. In: CANNELL, M.G.R.; JACKSON, J.E. (Eds). *Attributes of trees as crop plants*. Ablots Ripton: Institute of Terrestrial Ecology, 1985. p. 303-315.**
- BRADSTOCK, R. **Biomass in an age series of *Eucalyptus grandis* plantations. *Australian Forestry Research*, v. 11, p. 111-127, 1981.**
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos.** Projeto RADAMBRASIL. Porto Alegre/Uruguaiana/Lagoa Mirim Folhas SH/SI. 22/21 (1986): Mapa Exploratório de Solos. Rio de Janeiro. (Levantamento de Recursos Naturais, 33).

- COUTO, H. T. Z. et al. Quantificações de resíduos florestais para produção de energia em povoamentos de *Eucalyptus saligna* IPEF, v. 26, p. 19-23, 1984.
- FABIÃO, A. M. D.; MADEIRA, M.; STEEN, E. Root mass in plantations of *Eucalyptus globulus* in Portugal in relation to soil characteristics. **Arid Soil Research and Rehabilitation**, v. 11, p. 185-194, 1987.
- FAO. *Eucalyptus* for planting. FAO Forestry Series No. 11. Roma: 1979. 677 p. (FAO Forestry Series)
- FELLER, M. C. Biomass and nutrient distribution in two eucalypt forest ecosystems. **Australian Journal of Ecology**, v. 5, p. 309-333, 1979.
- FERREIRA, M. G. M. **An analysis of the future productivity of *Eucalyptus grandis* plantations in the cerrado region in Brazil: a nutrient approach**. 1984. 230 f. Thesis (Ph.D.) – Vancouver: University of British Columbia, Vancouver, 1984.
- FINGER, C. A. G. **Fundamentos de biometria florestal**. Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, 1992. 269 p.
- KADEBA, O. Growth and nutrient accumulation by *Pinus caribaea* on three savanna sites in northern Nigeria. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 49, p.139-147, 1994.
- KEYES, M. R.; GRIER, C. C. Above and below-ground net production in 40-year-old Douglas-fir stands on low and high productivity sites. **Canadian Forestry Research**, v. 11, p. 599-604, 1981.
- KIMMINS, J. P. **Forest ecology**. New York: Collier Macmillan Canada, 1987. 531 p.
- LANDSBERG, J. J. **Physiological ecology of forest production**. London: Academic Press, 1986.
- LARCHER, W. **Ökologie der Pflanzen**. Stuttgart, Eugen Ulmer GmbH & Co, 1984.
- NAMBIAR, E. K. S. Ecological and physiological aspects of the development of roots: from nursery to forest. In: AUSTRALIAN FOREST NUTRITION WORKSHOP, Melbourne, 1981. **Proceedings...** Melbourne: CSIRO, 1981. p. 117-129.
- OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P. K.; CAMARGO, M. N. **Classes gerais de solos do Brasil**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201 p.
- PEREIRA, J. S.; PALLARDY, S. Water stress limitations to tree productivity. In: PEREIRA, J. S.; LANDSBERG, J. J. **Biomass production of fast-growing trees**. Kluwer Academic Publishers, 1989. p. 35-56.
- POGGIANI, F. **Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de plantações florestais de *Eucalyptus* e *Pinus*: implicações silviculturais**. 1982. 211 f. Tese (Livre-Docente) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Piracicaba, 1982.
- POGGIANI, F. et al. Exploração de biomassa e nutrientes através da exportação dos troncos e das copas de um povoamento de *Eucalyptus saligna*. **IPEF**, v. 25, p. 37-39, 1983.
- REIS, M. G. F.; BARROS, N. F.; KIMMINS, J. P. Acúmulo de nutrientes em uma seqüência de idade de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden plantado no cerrado, em duas áreas com diferentes produtividades, em Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 11, p. 1-15, 1987.
- REIS, M. G. F. et al. Acúmulo de biomassa em uma seqüência de idade de *Eucalyptus grandis* plantados no cerrado e em duas áreas com diferente produtividade. **Revista Árvore**, v. 9, p. 149-162, 1985.
- REZENDE, G. C. et al. Produção e macronutrientes em floresta de eucalipto sob duas densidades de plantio. **Revista Árvore**, v. 7, p. 166-196, 1983.
- SCHUMACHER, M. V. **Aspectos da ciclagem de nutrientes e do microclima em talhões de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* F. Muell**. 1992. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1992.
- SCHUMACHER, M. V. **Nährstoffkreislauf in verschiedenen Beständen von *Eucalyptus saligna* (Smith), *Eucalyptus dunnii* (Maiden) und *Eucalyptus globulus* (Labillardière) in Rio Grande do Sul, Brasilien**. Wien: Universität für Bodenkultur, 1995. 167 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Nutrição Florestal) – Universität für Bodenkultur, Wien, 1995.