



Revista Árvore

ISSN: 0100-6762

r.arvore@ufv.br

Universidade Federal de Viçosa  
Brasil

Witschoreck, Rudi; Schumacher, Mauro Valdir; Caldeira Vinícius Winchler, Marcos  
Estimativa da biomassa e do comprimento de raízes finas em eucalyptus urophylla s.t. blake no  
município de Santa Maria-RS  
Revista Árvore, vol. 27, núm. 2, março-abril, 2003, pp. 177-183  
Universidade Federal de Viçosa  
Viçosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48827208>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica  
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

## ESTIMATIVA DA BIOMASSA E DO COMPRIMENTO DE RAÍZES FINAS EM *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake NO MUNICÍPIO DE SANTA MARIA-RS<sup>1</sup>

Rudi Witschoreck<sup>2</sup>, Mauro Valdir Schumacher<sup>3</sup> e Marcos Vinicius Winckler Caldeira<sup>4</sup>

**RESUMO** - O objetivo do presente trabalho foi estimar a biomassa e o comprimento de raízes finas ( $\leq 2$  mm de diâmetro), em diferentes profundidades do solo, para a espécie *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, com 10 anos de idade. O estudo foi realizado no município de Santa Maria-RS, no campus da Universidade Federal de Santa Maria. O talhão plantado com eucalipto tem 27 m de comprimento por 14 m de largura, em espaçamento 3 x 2 m. Foram amostrados quatro monolitos de 25 x 25 x 60 cm. Os monolitos foram divididos em seis perfis geométricos, nas profundidades de 0–10, 10–20, 20–30, 30–40, 40–50, 50–60 cm. A separação das raízes do solo foi por meio de um conjunto de duas peneiras (2 e 1 mm de malha) e jatos d'água. Na determinação do comprimento de raízes foi utilizado o método de intersecção, produzindo fotos com o uso de *scanner*. Os resultados revelaram alta concentração das raízes finas nos primeiros 20 cm de solo. A biomassa total de raízes finas encontradas para o *Eucalyptus urophylla* foi de 1.451,6 kg/ha, devendo ser ressaltado que 57,9% estavam concentradas nos primeiros 20 cm de solo. Constatou-se que o comprimento total de raízes finas foi de 27.968,9 km/ha e que 64,3% destes estavam nos primeiros 20 cm de profundidade.

**Palavras-chave:** Raízes finas, *Eucalyptus urophylla* e nutrição florestal.

## ESTIMATING OF BIOMASS AND LENGTH OF FINE ROOTS IN *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake IN THE COUNTY OF SANTA MARIA, RS

**ABSTRACT** - This study aimed to estimate the amount of biomass and the length of fine roots ( $< 2$  mm of diameter) in different soil depths for the 10-year-old species *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. The experiment was conducted Santa Maria, RS on the Campus of the Federal University of Santa Maria. The plots were 27 m long and 14 m wide and 3 m x 2 spaced. Four monoliths of 25 cm x 25 cm x 60 cm were sampled and divided into six geometric sections at depths of 0–10, 10–20, 20–30, 30–40, 40–50, 50–60 cm. Roots were separated from the soil by using a set of two sieves (2 mm and 1 mm) and water jets. The intersection method was used to determine root length producing photos with the use of a scanner. The results showed a high concentration of fine roots in the first 20 cm of the soil. Fine root total biomass found for *Eucalyptus urophylla* was 1.451,6 kg/ha, 57.9% were concentrated in the first 20 cm of soil. The total length of fine roots was 27.968,9 km/ha, with 64.3% being in the first 20 cm of depth.

**Key words:** Fine roots, *Eucalyptus urophylla* and forest nutrition.

### 1. INTRODUÇÃO

O eucalipto é a essência florestal mais plantada no mundo, inclusive no Brasil, onde ocupa maciços gigantes, que correspondem quase à metade da área

plantada mundial (Leão, 2000). Tal fato se deve ao grande número de espécies denominadas popularmente de eucalipto, como também por se tratar de uma das árvores mais estudadas e cuja silvicultura é a mais conhecida.

<sup>1</sup> Recebido para publicação em 8.10.2001.

Aceito para publicação em 19.2.2003.

<sup>2</sup> Eng. Florestal, Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, 97105-900 Santa Maria-RS; <sup>3</sup> Eng. Florestal, Dr., Prof. Adjunto do Departamento de Ciências Florestais da UFSM. <sup>4</sup> Eng. Florestal, D.S. em Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná – UFPR, Centro de Ciências Florestais e da Madeira, Av. Pref. Lothário Meissner, 3400 – Jardim Botânico, 80210-170 Curitiba-PR, <caldeira@floresta.ufpr.br>.

É consenso que o fator que coordena a distribuição das raízes no solo é o genótipo da espécie, mas ele pode ser influenciado por outros fatores inerentes ao solo, como fertilidade, densidade, disponibilidade de oxigênio, textura, temperatura e, também, pelas circunstâncias em que a espécie se desenvolve, por exemplo, competição e espaçamento entre árvores (Gonçalves & Mello, 2000). Apesar disto, pouco se tem estudado sobre o sistema radicular do eucalipto. A grande maioria dos estudos realizados neste compartimento do vegetal trata apenas do sistema radicular de sustentação, constituído pelas raízes mais grossas. Esta negligência está relacionada principalmente à complexidade desses estudos, que envolvem grande demanda de tempo e mão-de-obra, o que recai em pesquisas caras e que nem sempre as entidades de pesquisa estão aptas a custear.

É sabido que o conhecimento das características do sistema radicular auxiliam na definição de práticas de preparo de solo e fertilização (local e época de aplicação), assim como o conhecimento da configuração do sistema radicular é fundamental como fonte de subsídio para explicar processos ecofisiológicos básicos, principalmente aqueles relacionados com a nutrição mineral e o balanço hídrico das árvores (Gonçalves & Mello, 2000).

Considerando a importância de determinar a quantidade total de raízes produzidas pelo eucalipto, objetivou-se estimar a biomassa e o comprimento de raízes finas ( $\leq 2$  mm), em diferentes camadas do solo, para o *Eucalyptus urophylla* com 10 anos de idade, estabelecido em Santa Maria-RS.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O local de estudo foi uma área de teste de procedência de eucaliptos, no campus da Universidade Federal de Santa Maria, no município de Santa Maria-RS. O experimento foi realizado em *Eucalyptus urophylla*, com 10 anos de idade. O espaçamento entre árvores é de 3 x 2 m e os talhões são retangulares, com 378 m<sup>2</sup> (27 x 14 m).

O clima da região é do tipo Cfa 2, segundo a classificação de Köppen. A temperatura média anual é 19 °C e a precipitação média anual de 1.769 mm. Nessa região, podem ocorrer chuvas de 182 mm em 24 horas, geadas de abril a novembro e períodos secos maiores que 100 mm cinco vezes a cada 8 anos, sendo mais frequentes entre os meses de novembro e janeiro (Brasil, 1973).

Os talhões de eucalipto estudados estão sobre solo Alissolo Crômico Argilúvico típico, pertencente à

Unidade de Mapeamento Santa Maria (EMBRAPA, 1999), que tem como características gerais: relevo suavemente ondulado; profundidade média de cerca de 1 m; solos ácidos e com saturação de bases baixa nos horizontes mais superficiais, aumentando estes valores à medida que o perfil se aprofunda; e fertilidade natural moderada e normalmente baixa em potássio. Apresentam ligeira à moderada falta de água, solos com boa capacidade de retenção de umidade, mas podem apresentar deficiência devido à ocorrência de períodos secos. Também podem apresentar de ligeira à moderada falta de ar (Brasil, 1973).

A amostragem foi baseada no levantamento de quatro monolitos, sendo dois deles na linha e dois na entrelinha das plantas (Figura 1). Este procedimento de amostragem teve o objetivo de cobrir possíveis diferenças na distribuição do sistema radicular nestes pontos. Outro cuidado na escolha dos pontos amostrais foi quanto à sua localização em relação às bordaduras. Deixou-se uma faixa de segurança nos limites dos talhões, porque esta região está sujeita a outro regime de luminosidade, o que poderia influenciar os resultados. Também, na medida do possível, evitou-se amostrar próximo a falhas e árvores com problemas de vitalidade ou sanidade.

Cada monolito apresenta as dimensões de 25 x 25 x 60 cm (0,0375 m<sup>3</sup>), e foi dividido em seis subamostras de 25 x 25 x 10 cm (0,00625 m<sup>3</sup>), ou seja: 0–10, 10–20, 20–30, 30–40, 40–50 e 50–60 cm em profundidade no solo (Figura 1).

O primeiro passo foi a abertura de uma vista lateral do monolito, mediante a escavação de uma trincheira de 1 m de profundidade. Posteriormente, foram eliminadas irregularidades na parede, deixando-a perfeitamente no prumo, e em seguida retirou-se a primeira camada, de 0–10 cm de profundidade. A mesma metodologia foi utilizada na obtenção das demais camadas. O solo coletado foi armazenado em saco plástico, com a devida identificação, e mantido em câmara fria ( $\pm 5$  °C) até o momento da separação das raízes do solo, período este que não excedeu uma semana.

Na separação do solo das raízes foi utilizado um conjunto de duas peneiras sobrepostas; a superior com malha de 2 mm e a inferior de 1 mm. O solo foi depositado na peneira superior, em pequenas porções, e mediante jatos d'água e com o auxílio de uma espátula ia sendo retirado, permanecendo somente as raízes. Quase a totalidade das raízes ficava depositada na peneira de

2 mm, somente uma pequena fração destas, as mais finas, era encontrada na segunda peneira de 1 mm de malha.

Após a separação das raízes do solo e a devida classificação em diâmetro ( $\leq$  mm), elas foram armazenadas em geladeira ( $\pm 5$  °C), dentro de vidros com solução de álcool (10%), devidamente identificados.

O método utilizado na determinação do comprimento de raízes foi o de intersecção (Tennant, 1975). Para isto, confeccionou-se uma bandeja de vidro, com seu fundo tamanho A4 (21 m x 29,7 cm) e bordas de 1 cm de altura. Na face inferior externa foi afixada uma malha de 4 x 4 mm. Esta bandeja, com água e raízes, foi colocada sobre um *scanner* para obtenção de fotos.

De posse dessas fotos, procedeu-se à contagem das intersecções das raízes com a malha. Então, para determinação do comprimento de raízes, os valores obtidos mediante a contagem das intersecções foram empregados na seguinte equação:

$$R = n/4 * N * G$$

em que R = comprimento das raízes (cm);  $n = \pi$  (pi), 3,1416; N = número de intersecções; e G = unidade da malha (cm).

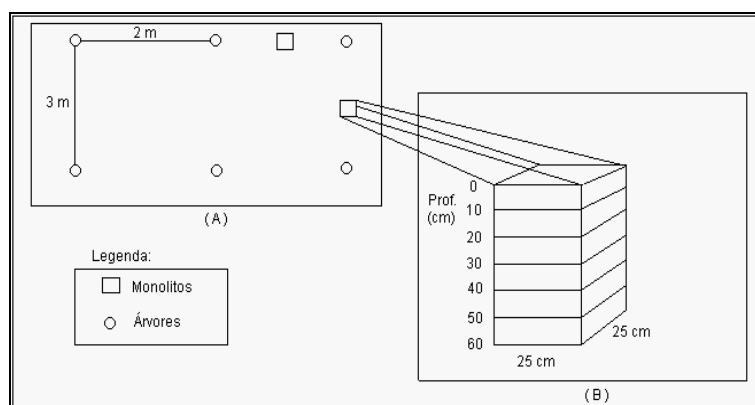
Após a quantificação do comprimento de raízes, elas foram secas em estufa de circulação e renovação de ar a 70 °C, até peso constante, e depois pesadas em balança analítica com 0,01 g de precisão.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Biomassa e Densidade de Raízes Finas

Verifica-se no Quadro 1 que grande parte da biomassa de raízes finas ( $\leq 2$  mm) está concentrada nos primeiros 30 cm de solo, onde perfazem 72,8% da biomassa radicular média, indicando ser as raízes dessa espessura as principais responsáveis pelos processos de absorção de água e nutrientes. À medida que foi aumentando a profundidade do solo, houve diminuição da biomassa de raízes, o que pode estar sendo motivado pela maior aeração e disponibilidade de nutrientes das primeiras camadas do solo, assim como devido a camadas de solo mais adensadas, que dificultou a penetração e o desenvolvimento das raízes.

Para biomassa total de raízes finas, os resultados obtidos podem ser comparados com aqueles encontrados por Luy et al. (1997), que obtiveram para *Eucalyptus grandis*, aos 5, 7 e 17 anos, 2,2, 2,8 e 2,9 Mg/ha, respectivamente, e raízes finas menores que 5 mm, até a profundidade de 50 cm no solo. Esses valores são mais elevados que o valor de 1,45 Mg/ha obtido no presente trabalho, mas deve ser considerado que os autores classificaram raízes finas como aquelas com diâmetro inferior a 5 mm, o que certamente influenciou tais resultados, mesmo que eles tenham trabalhado somente até os 50 cm de profundidade no solo. A diferença na produção de biomassa radicular do presente trabalho em



**Figura 1** – Representação esquemática da amostragem: (A) detalhe da amostragem no povoamento (espaçamento 3 x 2 m), monolitos na linha e na entrelinha e (B) detalhe do monolito e suas divisões de 10 em 10 cm, de 0 até 60 cm de profundidade.  
**Figure 1** – Sampling diagram presentation: (A) detail of sampling in stands (3m x 2 m space), monoliths in the line and between the lines. (B) detail of monolith and its every 10 cm division, from 0 up to 60 cm deep.

relação a outros é em função da espécie, da idade, das condições edafoclimáticas, bem como da metodologia empregada. Comparar resultados de biomassa radicial é uma tarefa bastante duvidosa, uma vez que as metodologias 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 (Schumacher, 1995).

Estudos realizados com cinco clones, híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* com 6 anos de idade, amostraram que mais de 90% das raízes finas dos genótipos estudados possuíam diâmetro de  $\leq 1,0$  mm (Gonçalves et al., 1999).

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

Schumacher (1995), trabalhando com *Eucalyptus bicostata*, observou que a biomassa de raízes finas (diâmetro  $< 2,0$  mm) diminui com o aumento da profundidade do solo.

A maior variação na biomassa de raízes finas (CV), observada na camada de 30–40 cm, deve estar relacionada a variações na densidade do solo, que geralmente ocorrem nesta profundidade, o que causa variação no diâmetro médio das raízes finas (Quadro 1).

A densidade de raízes diminuiu à medida que a profundidade do solo aumentou (Figura 2), confirmando dados da literatura que revelam que a densidade de raízes é maior nas primeiras camadas do solo (Andrae & Krapfenbauer, 1983; Schumacher, 1995; Gonçalves, 1995; Luy et al., 1997).

A grande quantidade de raízes nos primeiros 30 cm de profundidade do solo está relacionada com a presença da camada de serapilheira, que funciona como um isolamento térmico, evitando assim o superaquecimento do solo e a perda de água por evapotranspiração. Além disso, deve-se considerar que a camada orgânica resultante da decomposição dos resíduos vegetais é a principal fonte de nutrientes para raízes finas destas árvores, nas primeiras camadas superficiais do solo.

A densidade de raiz possui uma correlação com as taxas de crescimento de determinadas espécies. Estudo

**Quadro 1** – Biomassa de raízes finas (kg/ha), nas diferentes profundidades do solo, para *Eucalyptus urophylla*, com 10 anos de idade

**Table 1** – Biomass of fine roots (kg/ha) under different depths of soil for a 10-year-old *Eucalyptus urophylla*

Profundidade (cm)	Monolitos (kg/ha)				Média <sup>3/</sup>	Desvio-padrão	CV <sup>4/</sup> (%)
	A <sup>1/</sup>	B <sup>2/</sup>	C <sup>1/</sup>	D <sup>2/</sup>			
0–10	585,60 (39,1) <sup>5/</sup>	520,00 (42,4)	544,00 (32,4)	617,60 (44,1)	566,80 <b>a</b> (39,0)	37,56	6,6
10–20	203,20 (13,6)	260,80 (21,3)	299,20 (17,8)	332,80 (23,7)	274,00 <b>b</b> (18,9)	48,16	17,6
20–30	288,00 (19,2)	132,80 (10,8)	228,80 (13,6)	212,80 (15,2)	215,60 <b>bc</b> (14,9)	55,41	25,7
30–40	153,60 (10,2)	97,60 (8,0)	307,20 (18,3)	32,00 (2,3)	147,60 <b>bc</b> (10,2)	101,70	68,9
40–50	137,60 (9,2)	100,80 (8,2)	176,00 (10,5)	113,60 (8,1)	132,00 <b>c</b> (9,1)	28,63	21,7
50–60	131,20 (8,8)	115,20 (9,4)	123,20 (7,3)	92,80 (6,6)	115,60 <b>c</b> (8,0)	14,33	12,4
Total	1.499,20	1.227,20	1.678,40	1.401,60	1.451,60	163,22	11,2

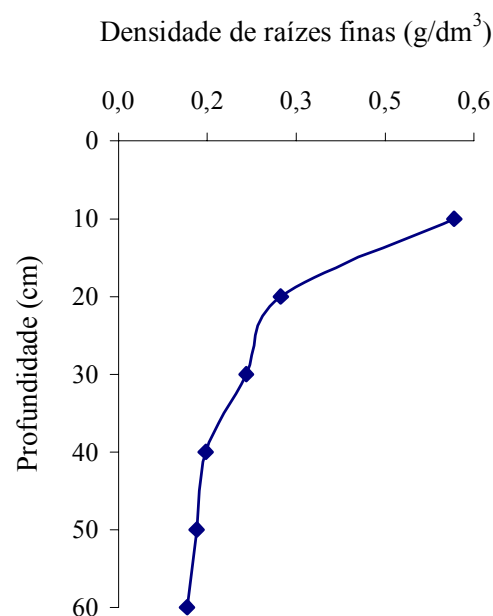
<sup>1/</sup> A e C = monolitos na entrelinha de plantio; <sup>2/</sup> B e D = monolitos na linha de plantio; <sup>3/</sup> médias não ligadas por mesma letra, na vertical, diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro; <sup>4/</sup> coeficiente de variação; <sup>5/</sup> valores entre parênteses referem-se à porcentagem de raízes na respectiva camada, em relação ao total.

realizado com *Eucalyptus grandis*, com idade média de 5,6 anos, revelou que quanto mais elevadas eram as taxas de crescimento das árvores menor era a densidade de raízes finas (diâmetro  $\leq 3,0$  mm) nas diferentes camadas do solo. As menores densidades de raízes foram encontradas nos sítios menos férteis e vice-versa (Gonçalves 1995).

A distribuição e a densidade de raiz, segundo Larcher (2000) dependem em primeiro lugar do tipo do sistema radicial e variam no decorrer do ano, devendo-se ressaltar que a propagação ocorre na primavera ou época de chuvas e a morte e diminuição, no final do período de crescimento.

### 3.2. Comprimento de Raízes Finas

Assim como para a biomassa, o comprimento de raízes finas ( $\leq 2$  mm) também apresentou seus maiores valores médios nas primeiras camadas do solo (Quadro 2). O comprimento médio de raízes finas no perfil de 60 cm de solo foi de 27.968,9 km/ha. Verifica-se que, em média, 76,1% do comprimento das raízes finas encontram-se nos primeiros 30 cm de profundidade de solo. Estes dados estão de acordo com Mello et al. (1998), que encontraram, para três materiais genéticos



**Figura 2** – Densidade de raízes finas (g/dm³), no perfil do solo, para *Eucalyptus urophylla* com 10 anos de idade.  
**Figure 2** – Density of fine roots (g/dm³) in a soil section for a 10-years-old *Eucalyptus urophylla*.

**Quadro 2** – Comprimento de raízes finas ( $\leq 2$  mm), em diferentes profundidades do solo, para *Eucalyptus urophylla* com 10 anos de idade

**Table 2** – Length of fine roots ( $\leq 2$  mm) under different depths of soil for a 10-year-old *Eucalyptus urophylla*

Profundidade (cm)	Monolitos (kg/ha)				Média <sup>3/</sup>	Desvio-padrão	CV <sup>4/</sup> (%)
	A <sup>1/</sup>	B <sup>2/</sup>	C <sup>1/</sup>	D <sup>2/</sup>			
0–10	11.141,2 (43,0) <sup>4/</sup>	13.456,0 (45,6)	11.018,2 (42,5)	13.680,7 (44,8)	12.324,0 <i>a</i> (44,0)	1.247,63	10,1
10–20	4.843,6 (18,7)	5.838,8 (19,8)	5.168,3 (19,9)	6.961,2 (22,8)	5.703,0 <i>b</i> (20,3)	810,25	14,2
20–30	3.441,7 (13,3)	2.699,7 (9,1)	3.138,5 (12,1)	3.871,4 (12,7)	3.287,8 <i>c</i> (11,8)	427,91	11,8
30–40	2.128,6 (8,2)	2.787,7 (9,4)	2.259,9 (8,7)	1.782,4 (5,8)	2.239,6 <i>c</i> (8,1)	361,31	16,1
40–50	2.131,6 (8,2)	2.060,3 (7,0)	2.192,0 (8,5)	2.496,6 (8,2)	2.220,2 <i>c</i> (8,0)	166,29	7,5
50–60	2.215,9 (8,6)	2.680,6 (9,1)	2.157,3 (8,3)	1.722,1 (5,6)	2.194,0 <i>c</i> (7,9)	339,61	15,5
Total	25.903,0	29.523,4	25.934,4	30.514,6	27.968,9	2.079,92	7,4

<sup>1/</sup> A e C = monolitos na entrelinha de plantio; <sup>2/</sup> B e D = monolitos na linha de plantio; <sup>3/</sup> médias não ligadas por mesma letra, na vertical, diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro; <sup>4/</sup> coeficiente de variação; <sup>5/</sup> valores entre parênteses referem-se à porcentagem de raízes na respectiva camada, em relação ao total.

(*Eucalyptus grandis*, propagado por semente e dois híbridos do *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*), 70% das raízes (< 3 mm) nos primeiros 30 cm de profundidade do solo.

O parâmetro comprimento de raiz varia em função da época de coleta, bem como com a espécie. Neste sentido, Mello et al. (1998) constaram que no verão o comprimento de raiz (diâmetro < 1,0 mm) variou de 5.500 a 25.200 km/ha na serapilheira e de 91.400 a 53.100 km/ha no perfil do solo, para o clone superior e propagado por semente, respectivamente. Os clones apresentaram suas maiores extensões de raiz no solo e a menor, na serapilheira. Segundo os autores, a extensão de raízes finas é uma característica intrínseca (fator hereditário) do genótipo, a qual é estreitamente relacionada com o seu comportamento nutricional, seu potencial produtivo e sua capacidade de adaptação às condições de estresse ambiental. Nambiar et al. (1982) ratificam a alta herdabilidade dos parâmetros radiciais e seu potencial para o melhoramento genético.

O padrão e a extensão do crescimento do sistema radicular são reflexos do controle genético e das características ambientais, com acentuadas influências das condições edáficas. No entanto, o grau de ramificação, o crescimento e o padrão morfológico dos sistemas radiciais de absorção e sustentação possuem variações inter e intraespecíficas. Essas variações, conforme Caldwell (1979), podem ocorrer em um mesmo ambiente, o que indica forte influência do código genético da árvore.

#### 4. CONCLUSÕES

O comprimento e a biomassa de raízes finas ( $\leq 2$  mm) para *Eucalyptus urophylla* com 10 anos de idade foram de 27.968,9 km/ha e 1.451,6 kg/ha, respectivamente, até a profundidade de 60 cm de solo.

Aproximadamente 57,9% da densidade de raízes finas foi encontrada nos primeiros 20 cm de profundidade do solo e a densidade de raízes finas diminuiu à medida que a profundidade do solo aumentou, havendo pouca variação após os 30 cm de profundidade.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRAE, F.; KRAPPENBAUER, A. Distribuição de raízes finas do pinheiro bravo (*Podocarpus lambertii*) e do pinheiro brasileiro (*Araucaria angustifolia*). In: PESQUISAS AUSTRO- BRASILEIRAS (1973 – 1982), Santa Maria: UFSM. 1983. p. 56-67.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa agropecuária. **Levantamento de solos do estado do Rio Grande do Sul**. Recife: 1973. 431 p. (Boletim Técnico, 30)
- CALDWELL, M. M. Root structure: the considerable cost of below-ground function. In: SOLBRIG, O. T.; JAIN, S.; JOHSON, G. B.; RAVEN, P. H. (Eds.) **Tropics in plant population biology**. New York: Columbia University Press, p. 219-231, 1979.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.
- 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. 1, p. 185-194, 1987.
- GONÇALVES, J. L. M. Características do sistema radicular de absorção do *Eucalyptus grandis* sob diferentes condições edáficas: I Distribuição de raízes nas camadas de solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 21., 1995, Viçosa. **Anais...Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 876-878, 1995.
- GONÇALVES, J. L. M.; MELLO, S. L. M. O sistema radicular das árvores. In: NUTRIÇÃO e fertilização de florestas. Piracicaba: IPEF, 2000. cap.8, p. 221-267.
- GONÇALVES, J. L. M. et al. Plantações clonais do híbrido *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus urophylla*. 1. Configurações do sistema radicular. In: SIMPÓSIO DE FERTILIZAÇÃO E NUTRIÇÃO FLORESTAL, 1999. **Resumos expandidos...** Piracicaba: 1999. (CD - Rom).
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Paulo: Rima Artes e Textos, 2000. 531 p.
- LEÃO, R. M. **A floresta e o homem**. São Paulo: Universidade de São Paulo: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2000. 434 p.
- LUY, A.; GOYA, J. F.; FRANGI, J. L. Distribución de la biomasa aérea y subterránea en plantaciones de *Eucalyptus grandis* de distintas edades en la región de Concordia, Entre Ríos (Argentina). In: CONGRESO FORESTAL ARGENTINO Y LATINO - AMERICANO "Forestar y crecer" 12., 1997, Posada-Misiones: Asociación Forestal Argentina, 1997. (CD-ROM)

MELLO, S. L. M.; GONÇALVES, J. L. M.; OLIVEIRA, L. E. G. Características do sistema radicular em povoamentos de eucaliptos propagados por sementes e estacas. **Scientia Florestalis**, v. 54, p. 16-26, 1998.

NAMBIAR, E. K. S.; COTTERILL, P. P.; BOWEN, K. D. Genetic differences in root regeneration of radiata pine. **Journal of Experimental Botany**, v. 33, p. 170-177, 1982.

SCHUMACHER, M.V. **Nachstoffkreislauf in verschiedenen Bestaeden von *Eucalyptus saligna* Smith, *Eucalyptus dunnii* Maiden und *Eucalyptus globulus* Labillardiere in Rio Grande do Sul, Brasilien.** Viena: Wien. 1995. 167 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Nutrição Florestal) - Universität für Bodenkultur, Wien, 1995.

TENNANT, D. A. A test of a modified line intersect method of estimating root length. **Journal of Ecology**, v. 63, p. 995-1001, 1975.