



Raízes finas em árvores jovens de *Eucalyptus dunnii* Maiden¹

Grasiele Dick²; Mauro Valdir Schumacher³

Resumo: As raízes finas proporcionam o cultivo do eucalipto nas mais diversas condições edáficas, contribuindo à ciclagem de nutrientes e melhoria da fertilidade do solo. O presente estudo teve o objetivo de caracterizar a produção de biomassa e distribuição das raízes finas (≤ 2 mm) em árvores jovens de *Eucalyptus dunnii* Maiden, cultivadas no bioma Pampa, Rio Grande do Sul. Aos 16 meses após o plantio foram coletados nove monólitos, divididos em 0 a 5, 5 a 10, 10 a 15 e 15 a 20 cm de profundidade do solo. A produção total de raízes finas é de 727,4 kg ha⁻¹ e a biomassa radicular não difere entre as profundidades. A densidade das raízes finas varia de 0,31 a 0,39 g dm⁻³, reduzindo sutilmente após os 15 cm do perfil de solo. Esta distribuição radicular homogênea indica que fertilização mineral pode ser incorporada em até 20 cm de profundidade e, em curto prazo, por meio do *turnover*, estas raízes finas serão decompostas e adicionadas à matéria orgânica, proporcionando melhorias na fertilidade do solo.

Palavras - chave: Solos florestais; Biomassa radicular; Matéria orgânica

Fine roots in young *Eucalyptus dunnii* Maiden trees

Abstract: The fine roots provide the eucalyptus cultivation in the most diverse soil conditions, contributing to the cycling of nutrients and improvement of soil fertility. The present study aimed to characterize the biomass production and distribution of fine roots (≤ 2 mm) in young *Eucalyptus dunnii* Maiden trees, cultivated in Pampa biome, Rio Grande do Sul state. Sixteen months after planting nine monoliths, divided in 0 to 5, 5 to 10, 10 to 15 and 15 to 20 cm of soil depth were collected. The total production of fine roots is 727.4 kg ha⁻¹ and, root biomass does not differ between the depths of the soil. The density of the fine roots varies from 0.31 to 0.39 g dm⁻³, subtly reducing after 15 cm of the soil profile. This homogeneous root distribution indicates that mineral fertilization can be incorporated in up to 20 cm of soil depth and, in the short term, through turnover, these fine roots will be decomposed and added to the organic matter, providing improvements in soil fertility.

Keywords: Forest soils; Radicular biomass; Organic matter

¹ Recebido em 11.01.2019 e aceito para publicação como **artigo científico** em 12.02.2019.

² Engenheira Florestal, Dra. Pós-doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, RS. E-mail: <grasidick@hotmail.com>

³ Engenheiro Florestal, Dr.nat.techn. Professor Titular do Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, RS. E-mail: <mauro.schumacher@ufsm.br>

Introdução

Dentre os gêneros florestais de interesse silvicultural, destaca-se o *Eucalyptus*, com uma ampla gama de espécies e híbridos, de distintas aptidões às diversas condições climáticas e edáficas, que possibilitam o cultivo em várias regiões do Brasil (GONÇALVES et al., 2015). No bioma Pampa do Rio Grande do Sul, a espécie *Eucalyptus dunnii* Maiden é amplamente cultivada para produção de madeira para energia e celulose, pois se adapta aos solos de baixa fertilidade e aos locais com incidência de geada (FILHO e SANTOS, 2005).

A possibilidade de cultivar os povoamentos de eucalipto nas mais variadas condições edáficas se deve, em parte, pelo grande volume de solo que é explorado pelo sistema radicular, condicionando assim o bom crescimento das árvores até mesmo em solos distróficos (BARROS et al. 2014). Conhecer a produção de biomassa, distribuição e densidade do sistema radicular das árvores, principalmente das raízes finas, é fundamental para a tomada de decisões de preparo de solo e aplicação de fertilizante (GONÇALVES e MELLO, 2004).

As raízes finas são fontes primordiais de matéria orgânica no solo, pois influenciam os processos de ciclagem e são responsáveis por cerca de 50% da produtividade de um povoamento (CHENG, 1999). As raízes finas estão situadas nas regiões biológica e nutricionalmente mais ativas do solo, atuando na ciclagem de nutrientes através do *turnover*, que compreende a taxa de mortalidade/decomposição e formação de novas raízes (OSTONEN et al., 2005).

As raízes finas do eucalipto que é plantado em solos de baixa fertilidade se desenvolvem mais à superfície, sendo que, diversos fatores afetam o crescimento radicular (MACEDO et al., 2014). A dinâmica de distribuição das raízes finas varia de acordo com a taxa de crescimento das espécies (WITSCHORECK et al., 2003), classe de solo (GRANT et al., 2012), idade do povoamento (LAMBAIS et al., 2017), aplicação de calagem (BAKKER, 1999), no

entanto é pouco influenciada pela adição de fertilizante nitrogenado (JOURDAN et al., 2008) e material genético (PINHEIRO et al., 2016). Interessante destacar que, quanto maior é a área de superfície específica das raízes finas, maior é o incremento de biomassa acima do solo em povoamentos florestais (MARTINS et al., 1997).

Estudos acerca da dinâmica de distribuição e ocupação espacial de raízes possibilitam o planejamento de estratégias quanto ao adequado fornecimento de nutrientes, favorecendo o manejo e otimização da produtividade dos povoamentos florestais (GONÇALVES e MELLO, 2004). Porém, as avaliações sobre as raízes finas, estruturas responsáveis por absorver água e nutrientes, são complexas e demandam maior mão de obra (OSTONEN et al., 2005; WITSCHORECK et al., 2003). Assim, o objetivo do presente estudo é caracterizar a produção de biomassa e distribuição das raízes finas em árvores jovens de *Eucalyptus dunnii*, cultivadas no bioma Pampa, Rio Grande do Sul, Brasil.

Material e métodos

Área de estudo

Este estudo foi realizado em um talhão de segunda rotação, cultivado com *Eucalyptus dunnii* (coordenadas geográficas centrais de 30° 30' 12" S e 54° 10' 0,8" O) em área total de 26 ha, localizada no bioma Pampa, no município de São Gabriel, região central do Rio Grande do Sul, Brasil. A altitude na área é de 114 metros em relação ao nível médio do mar e o relevo varia de suave a ondulado. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa subtropical úmido, onde a temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C e, no mês mais frio as médias variam de -3°C a 18°C; o volume de precipitação pluviométrica média anual oscila entre 1.600-1.900 mm ano⁻¹ (ALVARES et al., 2014).

O solo é do tipo Cambissolo Háplico Distrófico típico, onde em 20 cm de profundidade do perfil há baixo teor de matéria



orgânica (1,4%), cálcio e magnésio, além de pH ácido (4,5), no entanto os teores de fósforo e potássio são altos (DICK, 2018). A profundidade do solo é média, apresentando no perfil uma sequência de horizontes A-Bi-C bem definidos, de textura média e densidade de 1,45 g cm⁻³ em 20 cm de profundidade do solo.

Sobre o solo foram mantidos os resíduos da colheita anterior, cujo preparo para o plantio foi realizado na entrelinha, com subsolagem em até 50 cm de profundidade. Foi aplicada a adubação de pré-plantio de 2 Mg ha⁻¹ de calcário dolomítico, em área total, e 400 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O 10:27:10 no sulco. As mudas seminais de *Eucalyptus dunnii* foram plantadas em maio de 2014, no espaçamento de 3,0 m x 1,7 m.

O estudo foi realizado aos 16 meses após o plantio, ocasião em que as árvores estavam com 4,0 cm de diâmetro à altura do peito (DAP), 4,5

m de altura, área basal de 1,72 m² ha⁻¹, volume com casca de 0,0035 m³ ha⁻¹ e densidade de 1.330 árv. ha⁻¹.

Amostragem das raízes

As raízes finas (diâmetro ≤ 2 mm) das árvores jovens de *Eucalyptus dunnii* foram amostradas por meio da metodologia do monólito, adaptada de Böhm (1979). Realizou-se a remoção, com auxílio de pá de corte, de blocos de 25 cm x 25 cm x 5 cm, nas posições de linha de plantio, entrelinha e diagonal entre árvores no interior do povoamento (Figura 1), considerando bordadura dupla. Cada monólito foi dividido nas profundidades de 0 a 5, 5 a 10, 10 a 15 e 15 a 20 cm, sendo retirados três monólitos em cada posição, totalizando 36 amostras.

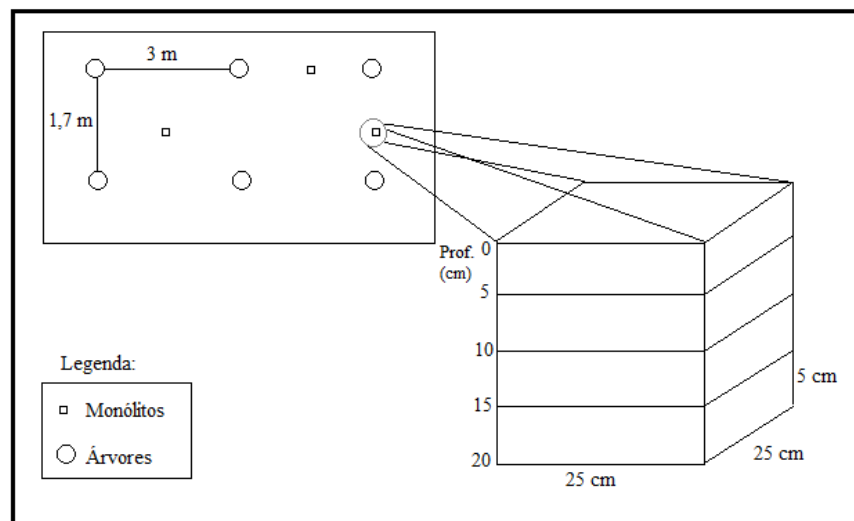


Figura 1 – Representação esquemática das posições de amostragem e da divisão dos monólitos até 20 cm de profundidade, para estudo de raízes finas em árvores jovens de *Eucalyptus dunnii* Maiden, com espaçamento de 3,0 m x 1,7 m. Fonte: Adaptado de Witschoreck et al. (2003).

Figure 1 – Schematic representation of the sampling positions and monoliths division up to 20 cm deep, for fine roots study in young *Eucalyptus dunnii* Maiden trees, with 3,0 m x 1,7 m spacing. Source: Adapted from Witschoreck et al. (2003).

Cada monólito foi disposto em um conjunto de peneiras *mesh* (aberturas de 1 e 2 mm), onde foi realizada a limpeza com água corrente até total remoção das partículas de solo aderidas às raízes. Somente as raízes finas foram separadas

e secadas em estufa de circulação forçada de ar em 70°C, por 72 h. Posteriormente, as raízes finas foram pesadas em balança com precisão de 0,01 g, para obtenção da massa seca (g) e posterior extrapolação para a unidade g dm⁻³

(densidade de raízes finas) e kg ha^{-1} (biomassa das raízes finas).

Análise dos dados

Para verificação do atendimento aos pressupostos estatísticos de homogeneidade das variâncias e normalidade dos erros, foram aplicados os testes de Bartlett e Shapiro-Wilk, respectivamente. Para avaliar as diferenças entre as médias da produção de raízes finas entre as distintas profundidades, foi aplicado o teste de Scott-Knott ($\alpha = 5\%$), no delineamento inteiramente casualizado.

Resultados e Discussão

Em até 20 cm de profundidade do solo, a biomassa de raízes finas nas árvores jovens de *Eucalyptus dunnii* é de $727,4 \text{ kg ha}^{-1}$, não diferindo entre profundidades (Tabela 1). Nas

plantações de *Eucalyptus* a maior quantidade de biomassa das raízes finas se concentra nos primeiros 20-30 cm do solo, que é a porção mais fértil, com menores oscilações de temperatura, umidade e aeração adequada. Estas condições são promovidas pela camada de serapilheira acumulada sobre o solo, preparo do solo e fertilizações realizadas na silvicultura (WITSCHORECK et al., 2003; MACEDO et al., 2014).

Nas árvores jovens de *Eucalyptus dunnii* houve intensa produção de raízes finas quando comparado a *Eucalyptus urophylla* aos 10 anos de idade, onde apenas $840,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de raízes finas estiveram alocadas em 20 cm do perfil de Argissolo (WITSCHORECK et al., 2003). Isso ocorre porque ao longo do tempo, após o fechamento do dossel, há redução do efeito da idade da árvore sobre a distribuição vertical das raízes finas, havendo estabilização na produção radicular (JOURDAN et al., 2008).

Tabela 1 – Biomassa de raízes finas em árvores jovens de *Eucalyptus dunnii* cultivadas no bioma Pampa, Rio Grande do Sul.

Table 1 – Fine root biomass in young *Eucalyptus dunnii* trees cultivated in Pampa biome, Rio Grande do Sul state.

Profundidade (cm)	n	kg ha^{-1}	%	CV (%)
0 a 5	9	$182,4 \text{ a}^* \pm 33,0$	25,1	18,1
5 a 10	9	$196,8 \text{ a} \pm 33,1$	27,0	16,8
10 a 15	9	$189,3 \text{ a} \pm 34,6$	26,1	18,3
15 a 20	9	$158,9 \text{ a} \pm 35,9$	21,8	22,6

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade de erro; n = intensidade amostral; % = percentual acumulado em relação ao total de biomassa produzida; CV = coeficiente de variação.

A elevada produção de biomassa das raízes finas nas árvores jovens de eucalipto é reflexo da aplicação de fertilizante, formação do povoamento com mudas seminais e preparo do solo (GONÇALVES e MELLO, 2004). Os resultados do presente estudo são indicativos de que a subsolagem, realizada em até 50 cm de profundidade, é adequada para o preparo do solo nas condições do sítio, pois proporcionou condições físicas e aeróbicas ideais ao desenvolvimento radicular.

A classe de solo também influencia a

produção de raízes finas de *Eucalyptus dunnii*, que é menor em solos argilosos e maior em solos distróficos e de textura mais arenosa (GRANT et al., 2012), características estas que são intrínsecas ao tipo de solo na área de estudo. Nos solos distróficos e bem drenados, a intensa produção de raízes finas é uma das estratégias de plasticidade morfológica que otimizam a absorção de água e nutrientes (TAIZ e ZEIGER, 2013). Em Cambissolo há rápida lixiviação vertical (STRECK et al., 2008) e neste solo de baixa fertilidade, as raízes



finas têm papel imprescindível na disponibilização futura de nutrientes e melhoria da capacidade produtiva do sítio (CHENG, 1999), que é promovida através do *turnover* (OSTONEN et al., 2005).

Nas árvores jovens de eucalipto, a maior taxa de mortalidade das raízes finas ocorre em até 30 cm do perfil, o *turnover* é intensificado com a aplicação de fertilizante e a taxa de renovação radicular do eucalipto é acelerada, podendo variar de 0,7 a 1,8 anos (LAMBAIS et al., 2017; JOURDAN et al., 2008). Considerando o maior tempo de *turnover* (1,8 anos), estima-se então que após os três anos do plantio de *Eucalyptus dunnii*, mais de 700 kg ha⁻¹ de raízes finas serão decompostas e

incorporadas à matéria orgânica em 20 cm de profundidade do solo.

Quanto à densidade de raízes finas, há redução sutil no volume de solo explorado quando aumenta a profundidade, a partir dos 15 cm (Figura 2). Esta distribuição radicular homogênea ao longo do perfil otimiza a absorção dos nutrientes, que podem ser incorporados, via fertilização mineral, em até 20 cm de profundidade do solo, pois a densidade de raízes finas das espécies de eucalipto reduz expressivamente nas camadas mais profundas (LAMBAIS et al., 2017; PINHEIRO et al., 2016; JOURDAN et al., 2008; WITSCHORECK et al., 2003).

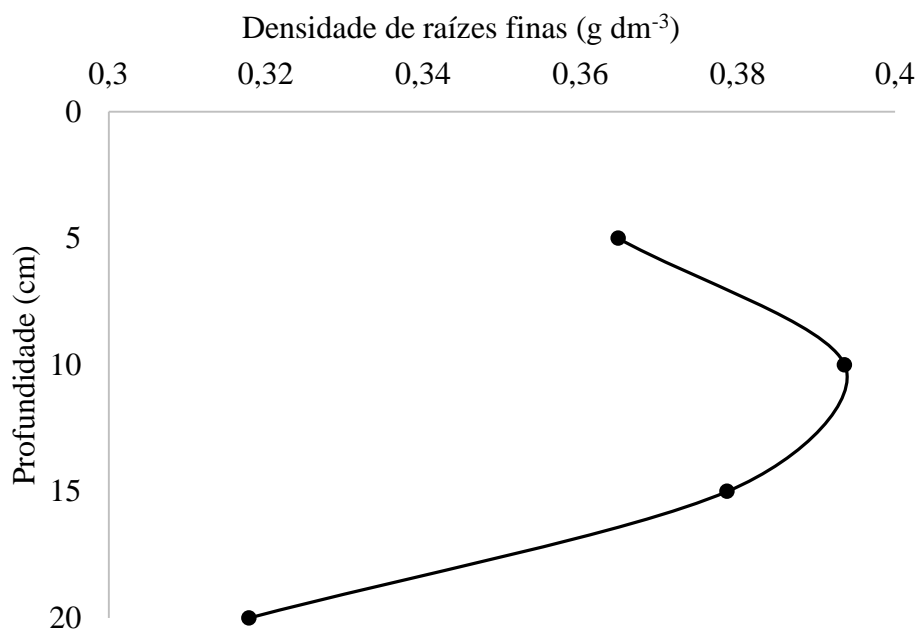


Figura 2 – Densidade de raízes finas em árvores jovens de *Eucalyptus dunnii* cultivadas no bioma Pampa, Rio Grande do Sul.

Figure 2 – Fine root density in young *Eucalyptus dunnii* trees cultivated in Pampa biome, Rio Grande do Sul state.

A idade da árvore influencia, principalmente, a densidade de raízes que ocupam as camadas mais superficiais do solo (O'GRADY et al., 2005). Após 10 anos de cultivo, a densidade radicular de *Eucalyptus urophylla*, em 10 cm de profundidade, é de 0,6 g dm⁻³, no entanto, aos 20 cm do solo, esta é semelhante ao observado no presente estudo

(WITSCHORECK et al., 2003). Interessante destacar que a textura do solo é mais determinante à conformação da densidade radicular (GRANT et al., 2012) do que a espécie/genótipo de eucalipto (PINHEIRO et al., 2016).

A calagem, que foi aplicada no pré-plantio das mudas, favorece a proliferação das raízes

finas (BAKKER, 1999) e, nos primeiros anos após o plantio, o maior o volume de solo explorado pelo sistema radicular do *Eucalyptus dunnii* garantiu o bom desenvolvimento e crescimento das árvores, mesmo em solo distrófico (DICK, 2018). Nestas condições edáficas, por meio de estratégias fisiológicas, a planta investe energia para incrementar a produção de raízes finas, sendo assim, ocorre o aumento na densidade e área específica radicular, conseqüentemente, há maior absorção de água e nutrientes (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Assim como ocorre na produção de biomassa (Tabela 1), a densidade das raízes finas, em até 20 cm de profundidade do solo, é bem distribuída, pois não há impedimentos físicos no perfil, tais como presença de rochas, camadas adensadas e compactadas de solo. Em solos menos desenvolvidos, como o Cambissolo, a maior densidade de raízes finas de eucalipto exerce função mitigadora das perdas por erosão, melhorando a agregação, além de contribuir à melhoria da fertilidade (MACEDO et al., 2014).

Conclusões

Há intensa produção de raízes finas nas árvores jovens de *Eucalyptus dunnii* (727,4 kg ha⁻¹), cultivadas em solo distrófico do bioma Pampa. A alocação de biomassa radicular não varia quando a profundidade aumenta e, a densidade das raízes finas diminui sutilmente após os 15 cm do perfil.

Esta distribuição radicular otimiza a absorção dos nutrientes disponibilizados via fertilização mineral, que podem ser adicionados em até 20 cm de profundidade. Em curto prazo, estas raízes finas serão decompostas e incorporadas à matéria orgânica, proporcionando melhorias na fertilidade do solo.

Referências

ALVARES, C.A. et al. Köppen's climate

classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift. v.22, n.6, p: 711–728, 2014.

BAKKER, M. R. Fine-root parameters as indicators of sustainability of forest ecosystems. Forest Ecology and Management, v.122, p: 7–16, 1999.

BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F. Nutrição e adubação mineral do Eucalipto. In: VALE, A. B. et al. Eucaliptocultura no Brasil: silvicultura, manejo e ambiência. Viçosa: UFV, 2014. p: 187-207.

BÖHM, W. Methods of studying root systems. Editora Springer Verlag: Ecological Studies 33; 1979, 202p.

CHENG, W. Rhizosphere feedbacks in elevated CO₂. Tree Physiology, v.19, p: 313 – 320; 1999.

DICK, G. Fertilização mineral em *Eucalyptus dunnii* Maiden: efeitos nos estoques dos nutrientes. Tese de doutorado, Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, RS. 2018, 96p.

FILHO, E.; SANTOS, P. E. T. Considerações sobre o plantio de *Eucalyptus dunnii* no Estado do Paraná. Comunicado Técnico 141. Colombo, PR. Dezembro, 2005.

GONÇALVES, J. L.M. et al. Caracterização edafoclimática e manejo de solos das áreas com plantações de eucalipto. In: SCHUMACHER, M. V. VIERA, M. Silvicultura do Eucalipto no Brasil. Santa Maria, Ed. UFSM. 2015. 308p.

GONÇALVES, J. L. M.; MELLO, S. L. M. The root system of trees. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (org). Forest Nutrition and fertilization. 2. Ed. Piracicaba, SP: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2004, p: 223 -267.



- GRANT, J.C.; et al. Depth distribution of roots of *Eucalyptus dunnii* and *Corymbia citriodora* subsp. *variegata* in different soil conditions. *Forest Ecology and Management*, v.269, p: 249–258, 2012.
- JOURDAN, C. et al. Fine root production and turnover in Brazilian Eucalyptus plantations under contrasting nitrogen fertilization regimes. *Forest Ecology and Management*, v.256, p: 396–404, 2008.
- LAMBAIS, G. R. et al. Contrasting phenology of *Eucalyptus grandis* fine roots in upper and very deep soil layers in Brazil. *Plant Soil*, v.421, p: 301–318, 2017.
- MACEDO, R. L. G. et al. Plasticidade Ecofisiológica. In: VALE, A.B. et al. *Eucaliptocultura no Brasil: Silvicultura, manejo e ambiência*. Viçosa, MG, SIF. 2014. 551 p.
- MARTINS, L. et al. Variação da biomassa radicular de brotações de eucalipto após o corte das árvores. *Revista Árvore*, v.21, n.2. p: 175-186, 1997.
- O'GRADY, A.P.; WORLEDGE, D.; BATTAGLIA, M. Temporal and spatial changes in fine root distributions in a young *Eucalyptus globulus* stand in southern Tasmania. *Forest Ecology and Management*, v.214, p: 373–383, 2005.
- OSTONEN, I.; LÖHMUS, K.; PAJUSTE, K. Fine root biomass, production and its proportion of NPP in a fertile middle-aged Norway spruce forest: Comparison of soil core and ingrowth core methods. *Forest Ecology and Management*, v. 212, p: 264–277, 2005.
- PINHEIRO, R. C. et al. A fast exploration of very deep soil layers by Eucalyptus seedlings and clones in Brazil. *Forest Ecology and Management*, v.366, p: 143–152, 2016.
- STRECK, E. V. et al. *Solos do Rio Grande do Sul*. 2 ed. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR; 2008.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. 5 ed. Porto Alegre/RS: Artmed; 2013.
- WITSCHORECK, R.; SCHUMACHER, M. V.; CALDEIRA, M. V. W. Estimativa da biomassa e do comprimento de raízes finas em *Eucalyptus urophylla* s.t. Blake no município de Santa Maria/RS. *Revista Árvore*, v.27, n.2, p: 177-183, 2003.