

BIOMASSA E COMPRIMENTO DE RAÍZES FINAS ($\leq 2\text{mm}$) EM UMA FLORESTA DE *Pinus elliottii* Engelm., EM SANTA MARIA, RS

Mauro Valdir Schumacher

Eng. Ftal. Prof. Dr. nat techn. do Departamento de Ciências Florestais da UFSM.

E-mail: schuma@ccr.ufsm.br;

Eleandro José Brun, Cibele Rosa Gracioli, Angelise Vieira Mendes

Eng. Ftais. Mestrandos do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal da UFSM. E-mail: eleandrojbrun@yahoo.com.br

Resumo

O trabalho avaliou a distribuição de raízes finas (RF) ($\leq 2\text{ mm}$) no solo de um povoamento de *Pinus elliottii* aos 38 anos de idade, em Santa Maria, RS. Para a amostragem usou-se um tubo coletor cilíndrico, introduzido no solo até 20 cm de profundidade, com subdivisão das amostras em horizontes geométricos de 5 cm. As amostras de RF foram submetidas à determinação de comprimento e massa seca. Mais de 40% da biomassa de raízes finas (BRF) foi encontrada na primeira camada (0-5 cm) de solo, com 307 kg ha^{-1} , evidenciando uma distribuição vertical decrescente da BRF. Ocorreu uma significativa variação (CV%) entre os valores de BRF nas diferentes camadas, valores que se atenuaram em relação ao comprimento de raízes finas (CRF). A densidade de raízes finas (DRF) apresentou boa correlação com pH, carbono e nitrogênio, demonstrando uma influência direta e positiva do teor de C e N e negativa quanto a pH na DRF. O CRF apresentou-se distribuído proporcionalmente à BRF, sendo predominante na primeira camada de solo e não diferindo estatisticamente a partir da segunda.

Palavras-chave: *Pinus elliottii*, raízes finas, cilindro coletor, fertilidade do solo.

Abstract

The work evaluated the distribution of fine roots (RF) ($\leq 2\text{ mm}$) in the soil of 38 years *Pinus elliottii* settlement, in Santa Maria, RS. For the sampling a tube cylindrical collector was used, introduced in the soil up to 20 cm of depth, with samples subdivision in geometric horizons of 5 cm. The samples of RF were submitted to the length determination and dried up mass. More than 40% of the biomass of fine roots (BRF) it was found in the first layer (0-5 cm) of soil, with 307 kg ha^{-1} , evidencing a decreasing vertical distribution of BRF. Occurred a significant variation (CV%) among the values of BRF in the different layers, values that attenuated in relation to the length of fine roots (CRF). The fine roots density (DRF) presented good correlation with pH, carbon and nitrogen, demonstrating a direct and positive influence of the C and N contents and negative in relation to the pH in DRF. CRF came greatly distributed to BRF, being predominant in the first soil layer and not differing statistically along the second one.

Key words: *Pinus elliottii*, fine roots, collector cylinder, soil fertility.

1. INTRODUÇÃO

As florestas de Pinus eram antigamente consideradas como pouco exigentes em termos nutricionais. Nos EUA esta espécie é considerada pioneira. No Brasil, podem ser observadas plantas de Pinus crescendo em beiras de estrada, com as raízes arraigadas em horizontes sub-superficiais, sem apresentar sintomas de deficiência nutricional a não ser uma menor taxa de crescimento. Porém, plantas crescidas nestas condições certamente não apresentam desenvolvimento economicamente satisfatório (Reissmann & Wisniewski, 1999).

Nos últimos anos, porém, trabalhos demonstraram existir condições edáficas que podem ser limitantes ao crescimento da espécie. Neste sentido, a necessidade de caracterização dos solos e aspectos nutricionais dos plantios com a espécie se tornou premente, principalmente a partir dos anos 80, visando a não exaustão dos sítios onde havia plantios.

O conhecimento de aspectos relativos a ecologia da espécie, quanto a exportação e ciclagem de nutrientes, morfologia e química dos horizontes orgânicos, as relações dos povoamentos com o ambiente natural, a produção de biomassa acima e abaixo do solo, entre outros, se fazem necessários visando entender o comportamento da espécie e suas inter-relações com os demais elementos naturais.

Segundo Sainju & Good (1993), o conhecimento da biomassa de raízes e a sua distribuição no solo é um importante aspecto que auxilia no entendimento das relações existentes entre estas, a parte aérea das plantas e as características edáficas, principalmente no que se refere aos padrões de absorção de água e nutrientes por parte dos indivíduos.

Para que se tenha um bom desenvolvimento do sistema radicular das plantas, além do recebimento de quantidades equilibradas de metabólitos sintetizados na parte aérea, este necessita de um meio adequado para se desenvolver e suprir a planta de água e nutrientes. As propriedades químicas, físicas e biológicas do solo afetam o desenvolvimento das raízes, refletindo este efeito na relação raiz/parte aérea. Existe uma grande interdependência entre a raiz e a parte aérea dos vegetais, sendo que a proporção entre estas partes é controlada por hormônios, cuja quantidade e o tipo podem estimular ou reprimir o desenvolvimento de ambas ou de uma destas partes (Andrade, 1997).

Várias características do solo e da forma como é manejado afetam o desenvolvimento radicular. Destacam-se a diminuição da porosidade devido ao adensamento natural formado por processos pedológicos ou por compactação devido ao manejo, a toxicidade de alguns elementos químicos, a falta de nutrientes e o excesso de água (Demattê, 1981).

Entre as características químicas do solo que influenciam o desenvolvimento das raízes, a acidez e a deficiência ou o excesso de nutrientes são as principais. Em condições de baixo pH, o alumínio tóxico se encontra em maior quantidade e muitos nutrientes em baixa disponibilidade na solução do solo, podendo restringir o crescimento de raízes de espécies sensíveis. Porém, existem espécies que toleram altos teores de Al, são pouco exigentes em nutrientes e/ou são mais eficientes em seu uso.

Algumas espécies arbóreas apresentam crescimento vigoroso em solos de baixa fertilidade, o que provavelmente é devido ao extenso sistema radicular que desenvolvem, explorando grande volume de solo (Pritchett, 1979). Tal aspecto também pode ser atribuído à eficiência das espécies na utilização dos nutrientes disponíveis.

Apesar de cada espécie arbórea ter uma forma radicular herdada, dependendo das suas características genéticas e do substrato onde as raízes irão se desenvolver, alterações na produção de biomassa e arquitetura radicular poderão aparecer no decorrer do tempo, em função da idade ou fase de desenvolvimento, das condições edafoclimáticas locais e das práticas de cultivo usadas (Atkinson, 1983).

A grande maioria das avaliações realizadas na biomassa do sistema radicular de espécies arbóreas descrevem apenas o total deste material, sendo poucos os trabalhos que mensuram a biomassa de raízes de diferentes classes de diâmetro.

Desta forma, objetivou-se com o presente trabalho estimar a biomassa e o comprimento de raízes finas (≤ 2 mm) em um povoamento de *Pinus elliottii* Engelm. aos 38 anos de idade, no município de Santa Maria, RS.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa foi desenvolvida em um povoamento de *Pinus elliottii* Engelm. de aproximadamente 7 ha, a qual está com 38 anos de idade, localizado no Campus da UFSM, Santa Maria, RS. As coordenadas geográficas da área são: 29°45' de Latitude Sul e 53°43' de Longitude Oeste, a aproximadamente 95 metros de altitude, em terreno plano a suavemente ondulado.

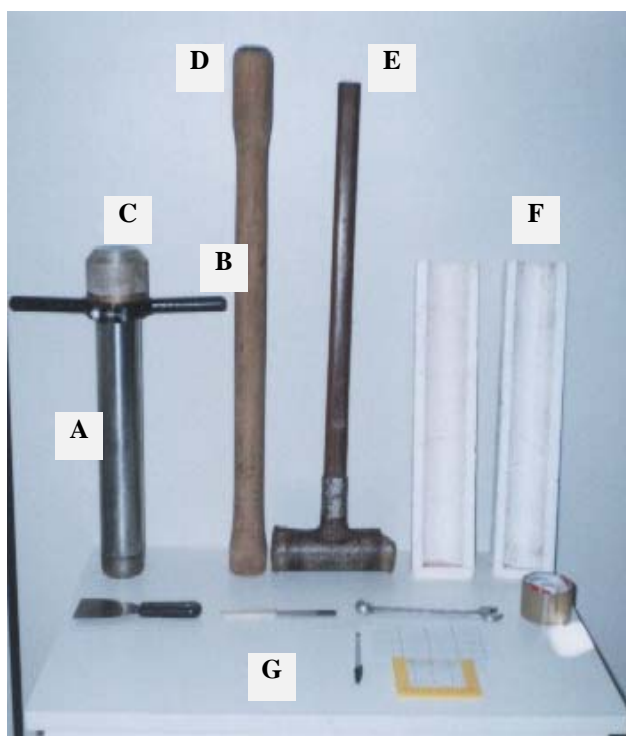
O Clima da região é subtropical úmido do tipo Cfa, de acordo com a classificação de Köppen (Moreno, 1961), com temperaturas médias anuais entre 17,9 e 19,2 e precipitação média anual entre 1400 e 1760 mm, bem distribuída ao longo do ano.

De acordo com Sartori (1979), a região de Santa Maria está situada praticamente na zona de transição entre a depressão periférica Sul-Rio-grandense, também conhecida como Depressão Central e a escarpa arenito-basáltica do Planalto Meridional Brasileiro. A leste, nordeste e sudeste da cidade, em meio a área sedimentar, destacam-se vários morros testemunhas da Serra Geral, capeados

por rochas basálticas e granófiros que atuaram como camadas mantenedoras da topografia.

O solo da área pertence à Unidade de Mapeamento São Pedro, caracterizado como Argissolo Vermelho Distrófico arênico. São solos geralmente profundos a muito profundos e bem drenados, apresentando um perfil com uma seqüência de horizontes A-Bt-C ou A-E-Bt-C, onde o horizonte Bt é do tipo B textural, contendo argila com baixa CTC. São solos que apresentam baixa fertilidade natural e susceptibilidade à erosão hídrica (Streck *et al.*, 2002).

No povoamento de *Pinus elliottii* foram demarcados, ao acaso, 3 blocos de 10 m x 10 m, onde dentro de cada um deles foram realizadas 4 repetições. Nestes blocos, introduziu-se o cilindro coletor no solo, com o auxílio de uma marreta, até uma profundidade de 20 cm e retirou-se 4 amostras ou repetições em cada bloco, as quais foram embaladas em molduras de isopor devidamente identificadas e levadas ao Laboratório de Ecologia Florestal, pertencente ao Departamento de Ciências Florestais da UFSM. As amostras foram coletadas de forma sistemática dentro do bloco, de forma que cada uma contemplou uma situação diferente (linha, entrelinha, diagonal entre 2 árvores e no centro do retângulo formado por 4 árvores de 2 linhas vizinhas). Na Figura 1 podem ser observadas as ferramentas utilizadas na coleta, com sua respectiva descrição.



A: cilindro de coleta, o qual é introduzido no solo para retirada da amostra;

B: braçadeira que reforça o cilindro com braços para a retirada manual do mesmo do solo;

C: Cabeçote que recebe as batidas da marreta "E" no momento da introdução do cilindro no solo;

D: Bastão de madeira usado para retirar (por pressão manual) o cilindro de solo de dentro de "A", este último após estar sem "C" e "B";

E: marreta usada para introduzir o cilindro "A" no solo;

F: conjunto de isopores usados para armazenar, no momento da coleta, o cilindro de solo retirado;

G: acessórios de trabalho (espátulas, chave de abertura de "B", etiquetas de identificação, caneta e fita adesiva para o fechamento de "F").

Figura 1: Cilindro coletor de solo com seus respectivos acessórios, utilizados para a extração do perfil. Santa Maria, RS. 2003.

Em laboratório, as amostras foram abertas, fracionadas em quatro horizontes geométricos (0-5; 5-10; 10-15 e 15-20 cm) e posteriormente pesadas para a obtenção do peso úmido total de cada amostra. Após a pesagem, as subamostras referentes a cada profundidade foram peneiradas em peneira com

malha de 2 mm visando a obtenção de 50 gramas de solo fração fina para a análise química. As raízes que eventualmente passavam pela peneira já sofriam processo de catação.

Após a obtenção de quantidade suficiente de solo para determinação do teor de umidade e análise química (50 g), o restante do solo contendo raízes finas (≤ 2 mm) juntamente com o solo fração grosseira (> 2 mm) eram lavados com água sob pressão em um sistema de peneiras sobrepostas (uma de 2 mm e outra de 1mm de malha). Após a lavagem, todas as raízes finas eram catadas e pesadas em balança de precisão (0,01 g). O solo fração fina foi posto a secar em estufa a 50°C por 72 horas e posteriormente pesado e encaminhado para análise química quanto aos teores de carbono orgânico, nitrogênio total e a pH. O método de análise utilizado foi o padrão do Laboratório de Ecologia Florestal, descrito em Tedesco *et al.* (1995). As raízes finas foram acondicionadas em recipientes de vidro contendo uma solução de álcool (10%) e encaminhadas para a determinação de comprimento.

O método utilizado para a determinação do comprimento de raízes foi o descrito por Tennant (1975). Sobre uma bandeja de vidro retangular (tamanho A4 (21,0 x 29,7 cm)) e bordas de 1 cm de altura, a qual possui na face inferior externa uma malha quadriculada de 4 mm x 4 mm, as raízes eram distribuídas em uma lâmina d'água. A referida bandeja era colocada em um scanner visando a obtenção de imagens. Nas imagens obtidas e impressas, foram contadas as intersecções das raízes com a malha. Para a obtenção do comprimento de raízes, o número de intersecções entrou como variável independente na seguinte equação:

$$R = \pi / 4 \cdot N \cdot G$$

Onde: R = comprimento de raízes (cm); $\pi = 3,1416$; N = nº de intersecções e G = unidade da malha (0,4 cm);

As raízes finas, após serem escaneadas, foram postas a secar em estufa de circulação e renovação de ar a 75°C por 72 horas e posteriormente pesadas visando a determinação da massa seca das mesmas.

Após a obtenção de todas as variáveis (massa seca e comprimento de raízes finas, carbono orgânico no solo, nitrogênio total do solo e pH do solo) os dados obtidos nas estimativas foram extrapolados para valores por hectare e analisados no software estatístico SPSS Versão 8.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Características do solo

Através da Tabela 1 podem ser observadas as características químicas e físicas do solo da área de estudo. De acordo com Tomé Jr. (1997), percebe-se que o solo da área encontra-se com valores de pH classificados como muito baixos, os quais não variaram significativamente com a profundidade do solo. Tais dados

refletem a condição natural dos Argissolos, de baixa fertilidade natural e também remete ao histórico da área, o qual apresenta um reflorestamento de *Pinus* com idade já avançada em relação ao ciclo natural de rotação da espécie no Brasil, para o qual também não ocorrem registros de desbastes ou outros tratamentos culturais. Isso significa que a quantidade de manta acumulada sobre o solo é alta e já ocorre por 38 anos, causando um acréscimo de matéria orgânica no solo, através da decomposição, o que vem a causar estes dados de acidez. Para ilustrar, König *et al.* (2002), relataram 17,2 Mg ha⁻¹ de serapilheira acumulada neste povoamento. Tal fato também reflete os maiores valores de carbono na primeira camada.

Tabela 1: Algumas características químicas e físicas do solo da floresta de *Pinus elliottii* estudada. Santa Maria, RS.

Prof. (cm)	Dens. (g cm ⁻³)*	pH H ₂ O (1:1)	Carbono orgânico		Nitrogênio total	
			(g kg ⁻¹)	(Mg ha ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(Mg ha ⁻¹)
00-05	0,9	3,34 a**	20,10 a	9,05	0,97 a	0,437
05-10	0,9	3,36 a	12,70 b	5,70	0,87 a	0,392
10-15	0,8	3,36 a	10,50 b	4,20	0,79 a	0,316
15-20	0,9	3,41 a	9,10 b	4,10	0,82 a	0,369
Média	-	3,37	13,10	23,05	0,86	1,514

* Dados de densidade aparente obtidos de König *et al.* (2002).

** Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância de erro.

Quanto ao nitrogênio total, verifica-se que, apesar do teor do mesmo demonstrar tendência de diminuição com o aumento da profundidade, não houveram variações significativas no perfil. Outros fatores a serem considerados em relação ao nitrogênio referem-se a que este nutriente é o de maior dinâmica no solo, ou seja, movimenta-se rapidamente de uma forma para outra (mineral, orgânica, diferentes formas iônicas, formas gasosas, etc) (Tomé Jr., 1997).

3.2. Biomassa e comprimento de raízes finas

Através da Tabela 2 pode-se verificar uma distribuição vertical das raízes finas, as quais se concentraram prioritariamente na primeira camada de solo (0-5 cm), perfazendo mais de 40% do total. Estimou-se em 306,9 kg ha⁻¹ de raízes finas nesta camada, a qual não diferiu estatisticamente da segunda e terceira camada, sendo a menor biomassa de raízes finas encontrada para a última camada.

Tais dados são concordantes com o estudo de Gonçalves (1995), o qual estudou 17 sítios florestais de *Eucalyptus grandis* com idade média de 5,6 anos no estado de São Paulo. Para este autor, quanto mais elevadas eram as taxas de crescimento das árvores (sítio de melhor qualidade) menor era a densidade de raízes finas, nas diferentes camadas de solo, e vice-versa. Independente disto, a distribuição percentual de raízes no perfil de solo foi idêntica para ambas as situações, onde, em termos cumulativos, 38, 51 e 60% das raízes finas foram encontradas nas camadas de 0-10, 0-20 e 0-30 cm.

Tabela 2: Distribuição da biomassa e do comprimento de raízes finas (≤ 2 mm), de acordo com a profundidade, em povoamento de *Pinus elliottii* aos 38 anos de idade. Santa Maria, RS.

Prof. (cm)	Biomassa (kg ha ⁻¹)	%	CV%	Comprimento (km ha ⁻¹)	Percentual (%)	CV%
00-05	306,97 a*	41,55	82,4	2837,24 a*	43,70	78,7
05-10	155,53 ab	21,05	61,5	1325,07 b	20,41	55,1
10-15	153,49 ab	20,78	90,3	1154,70 b	17,79	77,2
15-20	122,79 b	16,62	83,1	1175,27 b	18,10	45,4
Total	738,79	100	92,7	6492,28	100,00	88,2

* Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de prob. de erro.

De acordo com Gonçalves & Mello (2000), a alocação de carbono nas raízes é determinada em grande parte pela disponibilidade de água e nutrientes no solo. Desta forma, pode-se dizer que a maior concentração de raízes finas na camada superficial decorre da maior disponibilidade de carbono e talvez outros nutrientes nesta mesma camada, uma vez que a qualidade do sítio é baixa, fazendo com que as raízes de absorção saiam em busca de nutrientes a maiores distâncias, indo encontrá-los na camada superficial de solo, os quais são oriundos da decomposição da matéria orgânica.

Os dados da Tabela 2 são concordantes com o trabalho de Witschoreck & Schumacher (2001). Para estes autores, que avaliaram a biomassa de raízes finas (≤ 2 mm) em povoamento de *Eucalyptus grandis* até 60 cm de profundidade de solo, a mesma esteve distribuída, a maioria, nos primeiros 20 cm de solo, perfazendo 68,7% do total.

Schumacher (1995), em pesquisa realizada com *Eucalyptus dunnii*, relatou que 38% da biomassa de raízes finas (diâmetro ≤ 2 mm) foi encontrada nos primeiros 20 cm de solo. Os restantes 62% foram encontrados na profundidade de 20 a 80 cm. Porém, a mesma espécie e procedência, quando estudada em um outro local, apresentou 72% de sua massa de raízes finas nos primeiros 20 cm de solo. Para o autor, isto se deve, em parte, ao fato que o solo da segunda área apresenta uma textura totalmente arenosa, com teor de argila menor que 10% e estrutura granular, portanto com baixa capacidade de armazenar água e nutrientes nas camadas superficiais, fazendo com que a grande quantidade de raízes finas nos primeiros 20 cm de solo se deva quase que exclusivamente a camada de serapilheira, a qual, além de funcionar como um isolante térmico evitando o super-aquecimento do solo e a perda de água por evaporação, fornece nutrientes às raízes de absorção através de sua decomposição.

Outros autores como Fabião *et al.* (1987) avaliaram a biomassa de raízes com diâmetro menor que 2 mm em povoamentos de *Eucalyptus globulus* com 12 e 18 anos de idade plantados em diferentes sítios e verificaram que, em média, 66% da biomassa de raízes finas encontra-se distribuída nos primeiros 20 cm de solo.

Em estudo sobre a distribuição de raízes finas no perfil de solo para diferentes materiais genéticos, Mello *et al.* (1998) relataram que genótipos menos

produtivos tendem a ter uma maior quantidade de raízes finas nas camadas superficiais de solo e na serapilheira, principalmente no período de menor precipitação pluviométrica (verão). Os autores concluíram que foi a disponibilidade hídrica o principal fator a afetar a densidade de raízes finas nas camadas mais profundas do solo (> 30 cm) e a disponibilidade de nutrientes o principal fator a afetar a densidade de raízes finas nas camadas superficiais do solo (< 30 cm) e na serapilheira.

Os resultados dos autores acima, mesmo sendo para espécies de eucalipto, permitem inferir a respeito deste comportamento em relação ao estudo realizado para *Pinus elliottii* (este estudo), o qual também é um material genético inferior (sem melhoramento) plantado em sítio de baixa qualidade. Isso respalda o fato da maioria das raízes finas estarem presentes na primeira camada de solo, em busca dos nutrientes presentes na serapilheira.

Em relação ao método de amostragem, acredita-se que uma maior amostragem faria com que o coeficiente de variação chegue a níveis satisfatórios, uma vez que neste trabalho utilizou-se um n igual a 12 amostras.

Assim como para a biomassa, o comprimento de raízes finas também apresentou seus maiores valores na primeira camada de solo. O valor de 2837 km ha⁻¹ na camada de 0-5 cm foi estatisticamente superior aos das demais camadas, perfazendo 43,7% do comprimento total de raízes até a profundidade avaliada. Nestas, os valores não diferiram entre si. O comprimento total de raízes finas, de 0-20 cm foi de 6492 km. Os dados relatados pela maioria dos autores citados neste trabalho endossam o que é apresentado, onde mais de 60% das raízes finas encontram-se distribuídas nos primeiros 10cm de solo.

A variação ocorrida na amostragem de raízes finas em relação a variável comprimento demonstrou valores mais amenos de coeficiente de variação em relação aos dados de biomassa, mas nem por isso valores ideais. Remete-se novamente neste caso a que a amostragem de raízes finas com o uso do tubo coletor, visando principalmente às variáveis biomassa e comprimento, necessita da realização de um considerável número de amostras, de forma a estabelecer valores adequados de coeficiente de variação.

A densidade de raízes em relação às variáveis químicas de solo é apresentada na Figura 2. Este parâmetro é útil na avaliação do potencial de emissão de raízes de determinada espécie, indicando a capacidade da espécie de expandir suas raízes por maior volume de solo.

Ocorreu uma grande densidade de raízes na primeira camada de solo. Entre 0 e 5 cm os valores são acima de 0,6 g dm⁻³, sofrendo queda brusca a partir da segunda camada estudada, de certa forma estabilizando-se a partir daí. Witschoreck & Schumacher (2001), chegaram a valores próximos a 0,1 g dm⁻³ na profundidade entre 50 e 60 cm.

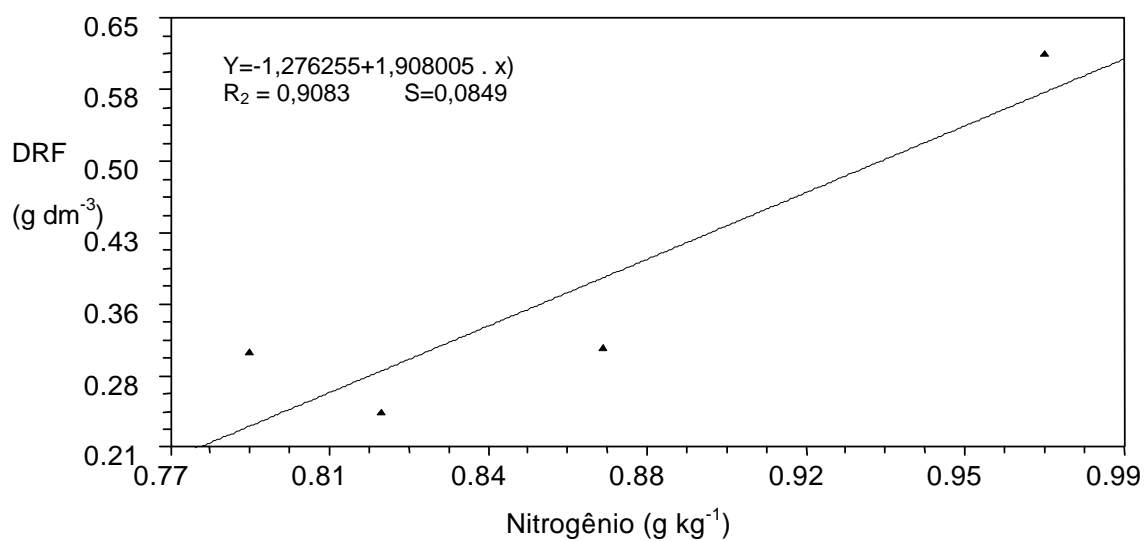
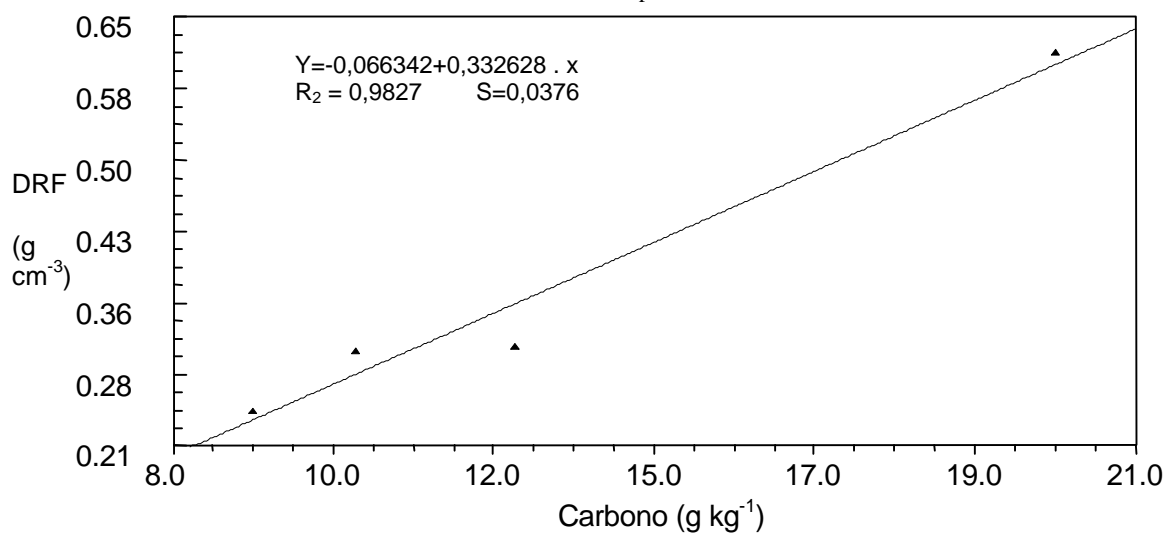
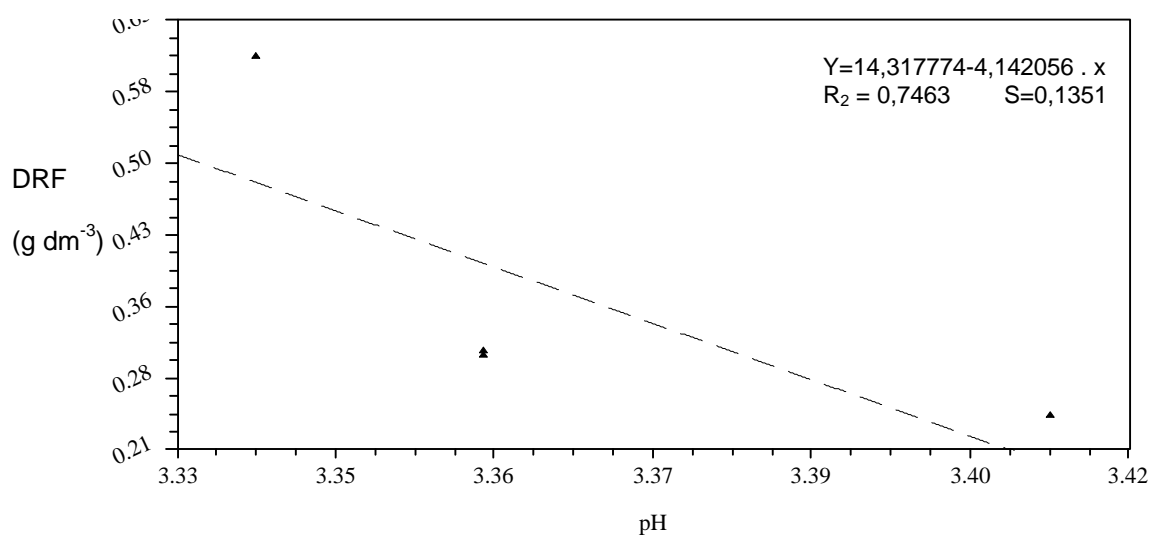


Figura 2: Densidade de raízes finas (DRF) (g dm⁻³) em função do pH, teor de carbono e nitrogênio, em floresta de *Pinus elliottii* aos 38 anos. Santa Maria, RS.

Obtiveram-se bons ajustes lineares nas equações que descrevem a densidade de raízes em função de variáveis de solo. De maneira geral, a densidade de raízes diminuiu com o aumento do pH, porém, este aspecto deve ser observado com cuidado, uma vez que o pH é menor nas camadas superiores, onde a elevada quantidade de matéria orgânica faz com isso aconteça e também com que as raízes migrem para estas camadas em busca dos nutrientes provenientes da mesma.

Desta forma, está claro que a fertilidade do solo exerce influência direta e positiva sobre a densidade de raízes finas, de forma que, a maior concentração de raízes ocorreu nas camadas mais férteis do solo.

Evidenciando este aspecto, Schumacher et al. (2003) (dados ainda não publicados), encontraram uma biomassa de raízes finas de 280,0 kg ha⁻¹ na serapilheira de um povoamento de *Pinus taeda*, aos 23 anos de idade, em Cambará do Sul, RS.

4. CONCLUSÕES

Mais de 40% da biomassa de raízes finas foi encontrada na primeira camada (0-5 cm) de solo, com 307 kg ha⁻¹ de biomassa seca. Evidenciou-se uma distribuição vertical decrescente de raízes nas camadas de solo;

Ocorreu uma grande variação (CV%) entre os valores de biomassa de raízes finas nas diferentes camadas de solo, com valores variando entre 60 e 90%. Somente para a variável comprimento de raízes finas os valores de coeficiente de variação foram mais amenos, nem por isso adequados. Isso evidencia a necessidade de uma maior amostragem, quando for usado o tubo coletor para estudo de raízes finas;

A densidade de raízes finas apresentou bons ajustes em relação a fatores edáficos como pH, teor de carbono e nitrogênio. Isso demonstra uma influência direta e positiva do teor de C e N na densidade de raízes finas. Porém, em relação ao pH, a maior densidade de raízes nos valores mais baixos do mesmo, na superfície, evidencia a maior presença das raízes finas onde ocorre maior concentração de matéria orgânica e nutrientes;

O comprimento de raízes finas apresentou-se distribuído proporcionalmente à biomassa de raízes finas, sendo predominante na primeira camada de solo (2837 km ha⁻¹) e não diferindo estatisticamente a partir da segunda.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, A. G. **Ciclagem de nutrientes e arquitetura radicular de leguminosas arbóreas de interesse para revegetação de solos degradados e estabilização de encostas.** Rio de Janeiro, 1997. 166p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1997.
- ATKINSON, D. The growth, activity and distribution of the fruit tree root system. **Plant and Soil**, v. 71, p. 23-35, 1983.
- DEMATTE, J. L. I. Characteristics of Brazilian soils related to root growth. In: **The soil root system in relation to Brazilian Agriculture**, Londrina, Paraná, 1981, 372 p.
- FABIÃO, A. M. D.; MADEIRA M.; STEEN, E. Root mass in plantation of *Eucalyptus globulus* in Portugal in relations 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: XXI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Viçosa, 1995. **Anais**. Viçosa: UFV, 1995, p. 876-878.
- GONÇALVES, J. L. M.; MELLO, S. L. M. O sistema radicular das árvores. In: GONÇALVES, J. L. M. (org.) **Nutrição e fertilização de florestas**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 221-267.
- KÖNIG, F. G.; SCHUMACHER, M. V.; KLEINPAUL, J. J.; KELINPAUL, I. S. Quantificação de carbono orgânico na serapilheira, sub-bosque e solo de uma floresta de *Pinus elliottii* Engelm. aos 36 anos em Santa Maria, RS. In: IV REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO: SOLOS E QUALIDADE AMBIENTAL, Porto Alegre, 2002. **Anais**. Porto Alegre: UFRGS/SBCS, 2002.
- 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 Forestalis**, v. 54, p. 16-26, 1998.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 73 p.
- PRITCHETT, W. L. **Properties and Management of Forest Soils**. New York: John Wiley and Sons, 1979, 500 p.
- REISSMANN, C. B.; WISNIEWSKI, C. Aspectos nutricionais de plantios de Pinus. In: SIMPÓSIO DE FERTILIZAÇÃO E NUTRIÇÃO FLORESTAL, Piracicaba, 1999. **Anais**. Piracicaba: IPEF/ESALQ/USP, 1999, p. 8-15.
- SAINJU, U. M.; GOOD, R. E. Vertical root distribution in relation to soil properties in New Jersey Pinelands forests. **Plant and Soil**, v. 150, p. 87-97, 1993.
- SARTORI, M. G. B. **O clima de Santa Maria, RS: do regional ao urbano**. 1979. 165 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia – Universidade de São Paulo, São Paulo. 1979.
- SCHUMACHER, M. V. Nährstoffkreislauf in verschiedenen Beständen von *Eucalyptus saligna* (Smith), *Eucalyptus dunnii* (Maiden) und *Eucalyptus globulus* (Labillardiere) in Rio Grande do Sul, Brasilien. Viena, Áustria: 1995. 167 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). 1995.
- STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Emater/RS/UFRGS, 2002. 107 p.

- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Departamento de Solos/UFRGS. 118 p. (Boletim Técnico). 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.
- TOMÉ JR. J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba, RS: Livraria e Editora Agropecuária, 1997, 247 p.
- WITSCHORECK, R.; SCHUMACHER, M. V. Estimativa da biomassa e do comprimento de raízes finas em *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid. no município de Santa Maria, RS. In: 2º SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, Santa Maria, 2001. **Anais**. Santa Maria:UFSM, 2001, p. 589-602.