

## Densidade radicular de gramíneas perenes e sua relação com a resistência tênsil de agregados de um solo construído compactado em área de mineração de carvão<sup>(1)</sup>.

**Eloy Antonio Pauletto<sup>(2)</sup>; Lizete Stumpf<sup>(3)</sup>; Luiz Fernando Spinelli Pinto<sup>(4)</sup>; Leonir Dutra Junior<sup>(5)</sup>; Luciano Geissler<sup>(6)</sup>; David de Lima de Souza<sup>(5)</sup>**

<sup>(1)</sup> Parte da tese de doutorado do Programa de Pós graduação em Agronomia/Solos – UFPel.

<sup>(2)</sup> Professor do Departamento de Solos da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas/RS. E-mail: [pauletto\\_sul@yahoo.com.br](mailto:pauletto_sul@yahoo.com.br); <sup>(3)</sup> Doutora em Ciências pelo Programa de Pós Graduação em Agronomia/Solos - UFPel.; <sup>(4)</sup> Professor da Universidade Federal de Pelotas; <sup>(5)</sup> Graduando da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel - UFPel; <sup>(6)</sup> Pós-Graduando do Programa de Manejo e Conservação do Solo e da Água-UFPel;

**RESUMO:** A mineração de carvão e a posterior recomposição topográfica da área minerada acarretam na compactação do novo solo construído. Todavia, espécies vegetais, principalmente as gramíneas, podem recuperar solos fisicamente degradados. O objetivo do trabalho é avaliar a densidade radicular de gramíneas perenes em solos construídos após a mineração de carvão e relacionar seus resultados com a resistência tênsil de agregados após 103 meses de implantação das espécies vegetais. O estudo foi realizado em uma área de mineração de carvão, sob concessão da Companhia Riograndense de Mineração (CRM), localizada em Candiota/RS. Das espécies testadas no experimento foram selecionadas para este estudo a *Hemarthria altissima*, o *Paspalum notatum* cv. Pensacola, o *Cynodon dactylon* cv Tifton e a *Urochloa brizantha*. A amostragem de raízes foi realizada aos 103 meses de implantação das espécies vegetais, através da coleta de 16 monólitos de solo, com o auxílio de uma placa de pregos. Para a determinação da resistência tênsil de agregados foram coletadas 48 amostras deformadas nas camadas 0,00-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,30 m. Após 103 meses de revegetação da área experimental se verifica que a diminuição da densidade radicular de todas as espécies em profundidade reflete as condições físicas inadequadas abaixo da camada de 0,00 a 0,10 m. Na camada de 0,10 a 0,20 m se visualiza a maior degradação do solo construído, com a presença de uma zona mais compactada, onde os agregados mostram-se mais coesos e com os maiores valores de resistência tênsil de agregados.

**Termos de indexação:** raízes, degradação, recomposição topográfica.

### INTRODUÇÃO

Na maior mina de carvão do Brasil, localizado em Candiota/RS, a mineração ocorre a céu aberto, abrangendo as seguintes etapas: a) Remoção dos horizontes A, B e/ou C do solo original, que são

levados por caminhões para cobertura final de uma área topograficamente aplainada; b) Remoção das rochas através da dragline; c) Extração dos bancos de carvão; d) Na cava aberta pela extração do carvão, depositam-se os estéreis ou *spoils*, que são uma mistura de rochas e carvão não aproveitados, que são aplainados por tratores de esteira durante a recomposição topográfica da área; e) Finalizando a recomposição topográfica da área, deposita-se uma camada de solo (horizonte A e/ou B) denominada de terra vegetal pelos técnicos da mineração, retirada anteriormente à lavra do carvão, originando assim o “solo construído”.

De acordo com Pinto et al. (2010) o grau de degradação do solo ou modificação exercida pela atividade humana é variável conforme a situação. A fase sólida pode passar a não exercer a função de barreira (substrato com pouca capacidade de troca de cátions ou complexo sortivo pode estar saturado), a percolação pode passar a ser irregular (por meio de fendas) ou o substrato pode estar contaminado por resíduos (por metais). A fase líquida, além da composição alterada pela contaminação, pode ter sua quantidade e disponibilidade afetadas pela compactação, aumentando o escoamento superficial e a erosão. A fase gasosa pode ter a troca gasosa deteriorada pela compactação, prejudicando a respiração radicular e o desenvolvimento microbiano. Como resultado final, a biota do solo tende a diminuir sua bioprodutividade e pode ter alterada sua diversidade. Todas essas conseqüências devem ser levadas em conta, principalmente em solos minerados, que representam os casos mais extremos de modificação no perfil do solo (solos construídos) e, por conseguinte, nas funções que cada horizonte exerce.

De acordo com Volk & Cogo (2008) as espécies de plantas se diferenciam quanto à influência de suas raízes na melhoria da estrutura do solo. As gramíneas se destacam como plantas recuperadoras dos atributos físicos, pois sua alta

densidade de raízes promove a aproximação das partículas do solo através da absorção de água no perfil, bem como liberam exsudatos que estimulam a microbiota do solo, auxiliando na formação e estabilização de agregados (Silva & Mielniczuk, 1997). Portanto, as raízes são importantes aliadas na conservação e recuperação do solo (Ralisch et al. 2010).

O objetivo do trabalho é avaliar a densidade radicular de gramíneas perenes em solos construídos após a mineração de carvão e relacionar seus resultados com a resistência tênsil de agregados após 103 meses de implantação das espécies vegetais.

### MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma área de mineração de carvão, sob concessão da Companhia Riograndense de Mineração (CRM), localizada em Candiota/RS com as seguintes coordenadas geográficas: 31° 33' 56" S e 53° 43' 30" W.

O solo foi construído no início de 2003 e o experimento instalado em novembro/dezembro de 2003, apresentando parcelas de 20 m<sup>2</sup> (5 m x 4 m), em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. A camada de solo reposta na área experimental é procedente, predominantemente, de um horizonte B do solo natural da área pré-minerada, sendo um Argissolo Vermelho Eutrófico típico, como indicado pela classe textural argilosa (304 g kg<sup>-1</sup> de areia, 230 g kg<sup>-1</sup> de silte e 466 g kg<sup>-1</sup> de argila), e pela cor vermelha escura (2,5 YR 3,5/6) na camada de 0,00 a 0,30 m.

Antes da instalação do experimento, em face da área estar extremamente compactada, o solo construído foi escarificado com patola até a profundidade aproximada de 0,15 m, seguido por calagem, correspondente a 10,4 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário com PRNT de 100%, e uma adubação de 900 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 5-20-20, com base em resultados obtidos pela análise de solo. Adubações de 250 kg.ha<sup>-1</sup> da fórmula 5-30-15 e 250 kg.ha<sup>-1</sup> de sulfato de amônio foram realizadas anualmente na área experimental. Das espécies testadas no experimento foram selecionadas para este estudo a *Hemarthria altissima*, o *Paspalum notatum* cv. Pensacola, o *Cynodon dactylon* cv Tifton e a *Urochloa brizantha*.

A amostragem de raízes foi realizada aos 103 meses (Julho de 2012) de implantação das espécies vegetais, através do método do monólito (Bhom, 1979) com o auxílio de uma placa de pregos (0,40 m de comprimento x 0,30 m de altura x 0,035 m de

largura). Foi retirada uma placa por parcela, totalizando 16 placas de pregos (quatro repetições por tratamento). Finalizado o processo de lavagem dos monólitos, as raízes distribuídas no monólito foram separadas por camadas (0,00-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,30 m), cortadas e secas em estufa a 65°C por um período de 72h, para obtenção da massa seca de raízes. Pela relação dos valores de massa seca de raízes e o volume de solo que estas ocupavam, obteve-se a densidade radicular de cada camada avaliada.

Aos 103 meses de condução do experimento (Julho de 2012) também foram coletadas 48 amostras deformadas nas camadas 0,00-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,30 m (4 blocos x 4 tratamentos x 1 repetição por parcela x 3 camadas) para a determinação da resistência tênsil de agregados (RT). Foram utilizados 1440 agregados (4 blocos x 4 tratamentos x 30 agregados x 3 camadas) no teste de tensão indireta, utilizando um atuador eletrônico linear com velocidade constante de 4 mm min<sup>-1</sup> (MA 933 MARCONI LTDA). Antes do teste, cada agregado foi pesado e teve aferido seu comprimento, altura e largura por um paquímetro digital, e em seguida, colocado no aparelho na posição mais estável para a aplicação da carga. O valor da carga aplicada para a quebra do agregado foi registrado por um sistema eletrônico de aquisição de dados. Após os ensaios, os agregados foram secos em estufa a 105°C por 24 h, determinando-se a umidade gravimétrica, conforme Embrapa (2011). A resistência tênsil (RT) foi calculada, conforme Dexter & Kroesbergen (1985):

$$RT = 0,576 \left( \frac{P}{D^2} \right)$$

Onde: 0,576 = constante de proporcionalidade, refletindo a relação entre o estresse compressivo aplicado e o estresse tênsil gerado no interior do agregado; P = força aplicada (N); D = diâmetro efetivo dos agregados (mm), calculado conforme Watts & Dexter (1998):

$$D = Dm \left( \frac{M}{M_0} \right)^{\frac{1}{3}}$$

Onde: Dm = diâmetro médio do agregado (mm); M = massa do agregado individual (g); M<sub>0</sub> = massa média dos agregados de cada tratamento (g).

Os dados foram submetidos à análise de variância (p<0,05) e, havendo efeito de tratamento, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (p<0,05), por meio do software SIGMAPLOT (2004).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na **Figura 1** se verifica que a *Urochloa brizantha* apresentou a maior densidade radicular (DR) em relação às demais espécies na camada 0,00-0,10 m e na camada 0,10-0,20 m (respectivamente 13,29 kg.m<sup>-3</sup> e 6,00 kg.m<sup>-3</sup>). Na camada 0,20-0,30 m não houve diferenças entre tratamentos e a DR variou de 0,60 kg.m<sup>-3</sup> a 1,49 kg.m<sup>-3</sup>. Guenni et al. (2002) observaram que as espécies de *Urochloa* podem penetrar no solo até 0,90 m, mas que a *Urochloa brizantha* é, entre as espécies, aquela que apresenta maior biomassa de raízes até a profundidade de 0,30 m.

Na **Figura 2** se observa que a maior resistência tênsil dos agregados (RT) foi apresentada abaixo da camada de 0,10 m, onde os valores variaram de 174,93 kPa a 212,93 kPa na camada 0,10-0,20 m e de 167,05 kPa a 175,43 kPa na camada 0,20-0,30 m. Na camada 0,00-0,10 m os valores de RT variaram de 69,89 kPa a 92,93 kPa.

Os menores valores de RT na camada 0,00-0,10 m podem evidenciar a ação positiva das raízes na formação de agregados novos e friáveis. Abaixo da camada de 0,10 m se observa a presença de agregados formados por compressão com aspecto mais duro (**Figura 3**). De acordo com Tormena et al. (2008), a compactação do solo pode provocar a coalescência dos agregados, aumentando a densidade individual e reduzindo o espaço poroso intra-agregado, culminando com o aumento da resistência dos agregados.

É importante notar, porém, que na camada 0,10-0,20 m o solo sob cultivo de *Urochloa brizantha* apresentou um maior valor de RT (212,97 kPa) em relação ao solo sob cultivo de *Hemarthria altissima* (175,80 kPa) e de *Paspalum notatum* (174,92 kPa), no entanto, não diferiu do *Cynodon dactylon* (185,49 kPa) (**Figura 1**). Este resultado possivelmente deve-se a maior densidade radicular (**Figura 3**) apresentado pela *Urochloa brizantha* nesta camada. Senben Junior (2010) também observou que a *Crotalaria sp.* proporcionou maiores valores de RT em comparação ao *Raphanus sativus* e ao *Cajanus cajan*, devido ao sistema radicular mais vigoroso e a sua melhor distribuição no perfil do solo.

## CONCLUSÕES

Após 103 meses de revegetação da área experimental se verifica que a diminuição da densidade radicular de todas as espécies em profundidade reflete as condições físicas inadequadas abaixo da camada de 0,00 a 0,10 m;

Na camada de 0,10 a 0,20 m se visualiza a maior degradação do solo construído, com a presença de uma zona mais compactada, onde os agregados

mostram-se mais coesos e com os maiores valores de resistência tênsil de agregados.

## AGRADECIMENTOS

À Companhia Riograndense de Mineração pela concessão da área experimental e apoio técnico; à CAPES pela concessão das bolsas de estudo e à UFPel pelo incentivo e estrutura.

## REFERÊNCIAS

BÖHM, W. Methods of Studying Root Systems. Ecological Studies, 33. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 1979. 188p.

DEXTER, A. R. & KROESBERGEN, B. Methodology for determination of tensile strength of soil aggregates. Journal Agriculture Engineering Research, 31:139-147, 1985.

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de Métodos de Análise de Solo. Rio de Janeiro: EMBRAPA CNPS. 2011. 230p.

GUENNI, O.; MARIN, D.; BARUCH, Z. Responses to drought of five Brachiaria species. I. Biomass production, leaf growth, root distribution, water use and forage quality. Plant and Soil, 243:229-241, 2002.

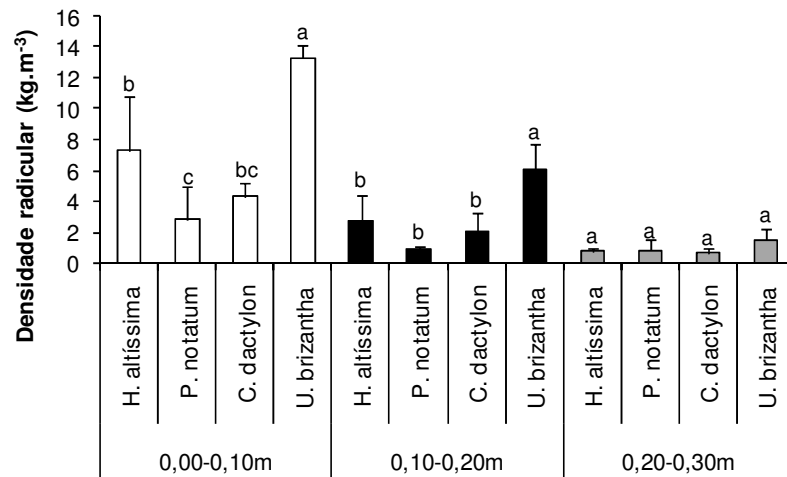
RALISCH, R.; MIRANDA, T.M.; OKUMURA, R.S.; BARBOSA, G.M.de C.; GUIMARÃES, M. de F.; SCOPEL, E.; BALBINO, L.C. Resistência à penetração de um Latossolo Vermelho-Amarelo do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 12:381-384, 2008.

SEBEN JUNIOR, G.F. Resistência tênsil relacionada com atributos de um Latossolo sob sistema de semeadura direta. Jaboticabal-SP. 2010. 88f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", 2010.

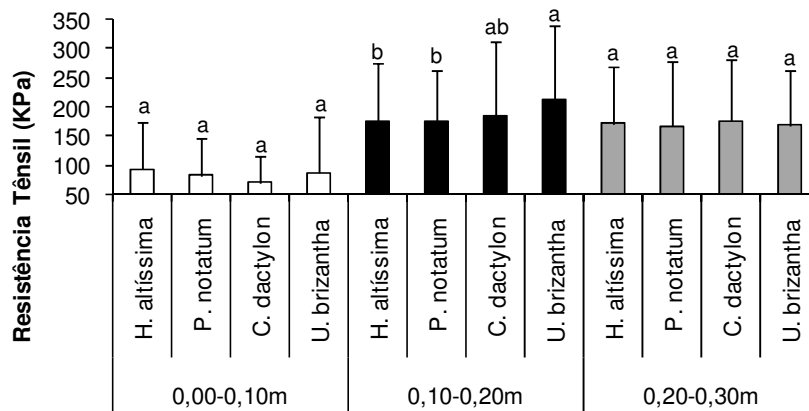
SILVA, I.F. & MIELNICZUK J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 20:113-117, 1997.

PINTO, L.F.S; FERNANDES, F.F.; PAULETTO, E.F. Recuperação de solos degradados pela mineração: Da teoria termodinâmica à prática nas áreas regeneradas da mina de Candiota,RS. In: ALBA, J.M.F.(Ed.). Recuperação de áreas mineradas. Brasília, DF: Embrapa Clima temperado, 2010. p.238-255

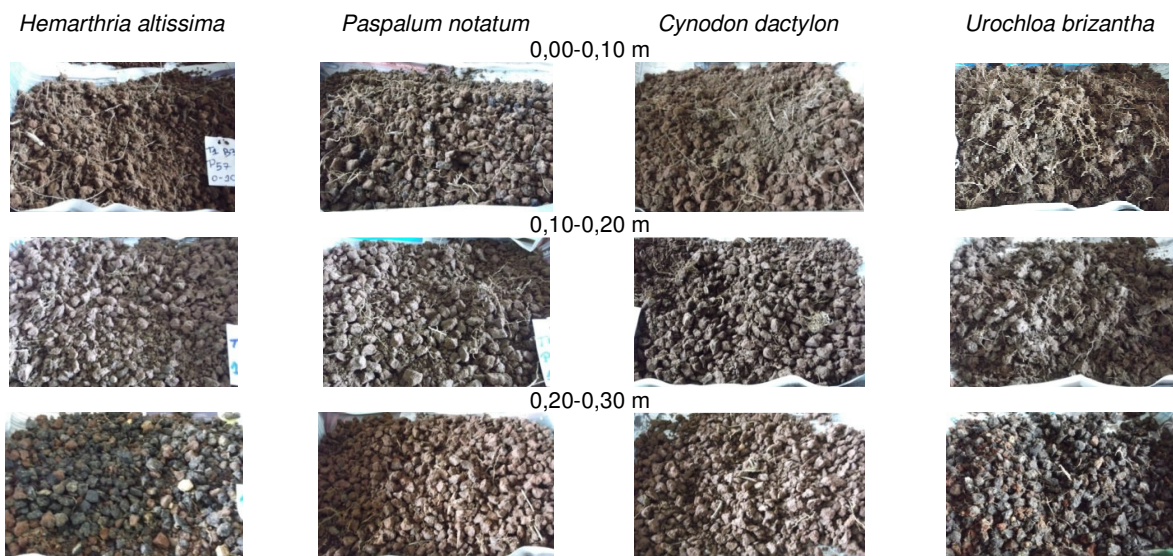
TORMENA, C.A.; ARAÚJO, M.A.; FIDALSKI, J.; IMHOFF, S.; SILVA, A.P. Quantificação da resistência tênsil e da friabilidade de um Latossolo Vermelho distroférrico sob plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32:943-952, 2008.



**Figura 1** – Densidade radicular de gramíneas do solo construído. Letras minúsculas iguais nas barras, em cada camada, não diferem entre si (teste de Tukey,  $p < 0,05$ ).



**Figura 2** – Resistência tênsil de agregados de um solo construído em área de mineração de carvão, submetido ao cultivo de gramíneas. Letras minúsculas iguais nas barras, em cada camada, não diferem entre si (teste de Tukey,  $p < 0,05$ ).



**Figura 3** – Agregados de um solo construído em área de mineração de carvão, submetido ao cultivo de gramíneas.