



## Resistência à penetração e densidade de um solo construído submetido a diferentes eventos de tráfego, na área de mineração de Candiota, RS<sup>(1)</sup>.

**Eloy Antonio Pauletto<sup>(2)</sup>; Fabrício da Silva Barboza<sup>(3)</sup>; Claudia Liane Rodrigues de Lima<sup>(4)</sup>; Luiz Fernando Spinelli Pinto<sup>(5)</sup>; Lizete Stumpf<sup>(6)</sup>; David de Lima de Souza<sup>(7)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos do Departamento de Solos da Universidade Federal de Pelotas (UFPel).

<sup>(2)</sup> Professor do Departamento de Solos; Universidade Federal de Pelotas; Pelotas, Rio Grande do Sul; pauletto\_sul@yahoo.com.br <sup>(3)</sup> Professor do Instituto Federal Sul-Riograndense - Câmpus Bagé; <sup>(4)</sup> Professora do Departamento de Solos; Universidade Federal de Pelotas; <sup>(5)</sup> Professor do Departamento de Solos; Universidade Federal de Pelotas; <sup>(6)</sup> Doutoranda em Manejo e Conservação do Solo e da Água; Universidade Federal de Pelotas; <sup>(7)</sup> Graduando em agronomia; Universidade Federal de Pelotas.

### RESUMO:

A extração do carvão envolve a retirada de grandes volumes de solo e rochas. Após a mineração, os rejeitos retornam a cava aberta, sendo nivelados por trator de esteira, seguido da deposição de camadas do solo original, finalizando o processo de construção do solo. Todo este processo envolve intenso tráfego de máquinas, acarretando em compactação das camadas de solo depositadas, com alteração de suas propriedades físicas, como densidade e resistência mecânica a penetração (RP). O objetivo do presente trabalho consiste em avaliar a resistência mecânica à penetração (RP) e a densidade do solo (Ds) submetido a diferentes eventos de tráfego por ocasião da construção, em área de mineração de carvão, em Candiota, RS. Os tratamentos utilizados são constituídos de 0, 1, 3, 5, 8 e 12 passadas do trator de esteira, caracterizados como: T0, T1, T2, T3, T4 e T5, respectivamente, onde foi determinado a Ds e a RP associada com a umidade do solo. Observou-se que os maiores valores de Ds ocorrerão nos tratamentos T4 e T5 para a camada de 0,00 a 0,10m e, T2, T3, T4 e T5 para a camada de 0,10 a 0,20m. Quanto aos valores de RP nota-se que os maiores valores também estão associados aos tratamentos T4 e T5, com valores máximos de 2,26 e 3,0 MPa, respectivamente, valores estes acima dos considerados como críticos ao desenvolvimento das plantas (maiores que 2,0 MPa). Houve uma elevação dos valores de Ds e RP do solo com o aumento de tráfego de máquinas.

**Termos de indexação:** Compactação do solo; qualidade física do solo, degradação do solo.

### INTRODUÇÃO

A mineração de carvão no Estado do Rio Grande do Sul dá origem a áreas de solos impactadas, como resultado do processo de extração denominado de lavra a céu aberto em faixas

(stripmining) (Koppe & Costa, 2002), gerando inúmeros impactos ambientais (Amaral et al., 2011).

A principal alteração acarretada pela mineração a céu aberto refere-se à degradação física do solo, pois o perfil é totalmente suprimido, e após o processo de recomposição topográfica, o novo perfil resulta em uma condição diferenciada, na qual os materiais estão desestruturados, misturados e expostos às intempéries por longos períodos de tempo (Stumpf et al. 2014).

O tráfego excessivo e pesado de máquinas que normalmente ocorre na construção de um novo solo após mineração é o principal responsável pela compactação excessiva (Veiga et al., 2007) resultando em um solo com elevada densidade e resistência mecânica à penetração de raízes, baixa porosidade com predomínio de microporos, restringindo assim o restabelecimento das plantas (Lima et al. 2012).

Para a verificação do estado de compactação de um solo, normalmente utiliza-se um instrumento chamado de penetrômetro. Eles medem a resistência mecânica à penetração das raízes no solo (Teixeira et al., 2003) pela resistência que o solo oferece quando um objeto, normalmente conforme (penetrômetro), é introduzido no seu interior com uma velocidade constante (Libardi, 2005).

O objetivo do presente trabalho consiste em avaliar a resistência mecânica à penetração e a densidade de um solo submetido a diferentes eventos de tráfego por ocasião da construção, em área de mineração de carvão, em Candiota, RS.

### MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em área de mineração de carvão localizada na região da Campanha no Rio Grande do Sul (RS), pertencente a Companhia Rio-grandense de Mineração (CRM), em Candiota, RS. Foram utilizados seis tratamentos baseados em solo recém construído sob diferentes tráfegos de trator de esteira, modelo D8T da Caterpillar®, com peso



de 38 T, potência de 259 KW, comprimento da esteira sobre o solo de 3,20m, largura da esteira de 0,56m e área de contato das esteiras com o solo de 3,6m<sup>2</sup>.

Os tratamentos são constituídos de 0, 1, 3, 5, 8 e 12 passadas do trator de esteira, caracterizados como: T0, T1, T2, T3, T4 e T5, respectivamente.

As determinações físicas foram realizadas em 4 pontos na linha (T1, T2, T3, T4 e T5) e fora da linha (T0) das passadas do trator ao longo de uma transecção, distanciados 3,0m entre si.

A densidade do solo foi avaliada pelo método do anel volumétrico, nas camadas de 0,00 a 0,10m e de 0,10 a 0,20m em quatro repetições para cada tratamento e três repetições para cada ponto.

A resistência mecânica do solo à penetração (RP) foi determinada à campo utilizando o método do Penetrômetro de impacto modelo IAA/PLANALSUCAR-STOLF, sendo realizadas quatro repetições para cada tratamento e quatro repetições para cada ponto. Esta determinação foi acompanhada da determinação da umidade do solo nas camadas de 0,00 a 0,10m, 0,10 a 0,20m e 0,20 a 0,30m.

O conjunto de dados foi submetido ao teste de Shapiro-Wilk para verificar se as variáveis seguem uma distribuição normal de probabilidade e posteriormente realizada a análise de box-plot para verificar a presença de valores discrepantes.

Os valores de densidade e de umidade do solo foram submetidos a ANOVA, considerando o delineamento inteiramente casualizado, com 6 tratamentos e 4 repetições, sendo testada a hipótese H0 a 5% de probabilidade de erro. Posteriormente o teste de Duncan foi realizado para identificar diferenças significativas (p<0,05).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na **Tabela 1** observa-se que na camada de 0,00 a 0,10m houve um aumento da densidade a partir do primeiro evento de tráfego mantendo-se constante com os demais eventos. Na camada de 0,10 a 0,20m também ocorreu aumento da Ds com o número de passadas do trator obtendo-se o maior valor no T4 (oito passadas do trator).

Para a camada de 0,10 a 0,20m, os maiores valores de densidade do solo estão associados aos tratamentos T2, T3, T4 e T5 (1,54, 1,53, 1,61 e 1,53 Mg.m<sup>-3</sup>), respectivamente, não diferindo estatisticamente entre si. Os valores de densidade do solo encontrados estão de acordo com os apresentados por Power et al. (1985), que cita ser comum encontrar valores de 1,4 a 1,7 Mg.m<sup>-3</sup>, em áreas de mineração, principalmente devido à utilização de máquinas pesadas.

Observa-se ainda que, comparando o tratamento T0 (zero passadas do trator de esteira), com os demais tratamentos, houve um aumento significativo dos valores de densidade do solo chegando a 27,73% para a camada de 0,00 a 0,10m e, de 25,78% para a camada de 0,10 a 0,20m. Fato semelhante observado por Potter et al. (1988), comparando um solo natural com solos construídos, os quais possuíam de 4 a 11 anos de recuperação, onde obtiveram valores altos de densidade, tanto nas camadas superficiais como nas mais profundas.

Comparando as duas camadas (0,00 a 0,10m e 0,10 a 0,20m) nota-se que os valores de densidade do solo mantiveram-se praticamente iguais com pequeno aumento com o aprofundamento do perfil.

**Tabela 1** – Densidade de um solo construído submetido à eventos de tráfego na camada de 0,00 a 0,10m e 0,10 a 0,20m em Candiota, RS.

Tratamentos <sup>1</sup>	Ds (Mg. m <sup>-3</sup> )	
	0,00 a 0,10m	0,10 a 0,20m
T0	1,19 b	1,28 c
T1	1,50 a	1,50 b
T2	1,50 a	1,54 ab
T3	1,47 a	1,53 b
T4	1,52 a	1,61 a
T5	1,52 a	1,53 b

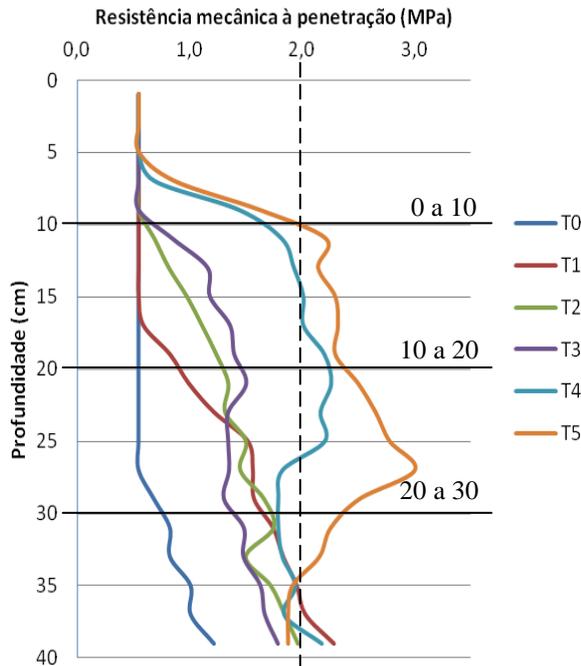
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5%.

<sup>1</sup> T0= 0 passadas; T1= 1 passadas; T2=3 passadas; T3=5 passadas; T4=8 passadas; T5=12 passadas.

Na **Figura 1** estão apresentados os valores de resistência mecânica à penetração em MPa em função dos eventos de tráfego. No momento da realização da determinação da RP foram observados valores de umidade entre 19,9% a 21,89% para a camada de 0,00 a 0,10m, 21,41% a 23,77% para a camada de 0,10 a 0,20m e 20,66% e 23,81% para a camada de 0,20 a 0,30m, não sendo encontradas diferenças significativas de umidade gravimétrica entre os tratamentos para as duas primeiras camadas (**Tabela 2**).

Observa-se, de forma geral, que os maiores valores de resistência mecânica do solo à penetração foram evidenciados em T5 e T4. No T4 os valores de resistência mecânica à penetração alcançaram 2,26 MPa e no T5 3,0 MPa, sendo verificado que os tratamentos T4 e T5 apresentaram valor de RP superior a 2,0 MPa entre 0,15 e 0,25m, e 0,10 e 0,35m respectivamente (**Figura 1**). Tais valores são superiores aos citados por Taylor et al., (1966) e Tormena et al.(1999) que afirmam que valores de resistência à penetração superiores a 2,0

MPa tem sido frequentemente utilizados como impeditivos ao desenvolvimento do sistema radicular da maioria das culturas. Entretanto, há vários estudos mostrando que as diversas culturas tem seu desenvolvimento limitado abaixo de valores de resistência à penetração de 2,0 MPa (Rosolem et al., 1999; Foloni et al., 2003).



**Figura 1** – Resistência mecânica à penetração (MPa) de um solo construído sob diferentes eventos de tráfego em Candiota, RS. (T0= 0 passadas; T1= 1 passadas; T2=3 passadas; T3=5 passadas; T4=8 passadas ; T5=12 passadas).

Evidencia-se que em todos os tratamentos envolvendo tráfego na construção do solo (T1, T2, T3, T4 e T5) ocorreu elevação nos valores de resistência mecânica à penetração com o aumento do número de passadas, em especial nas camadas de 0,10 a 0,20m e 0,20 a 0,30m. Este fato está de acordo com Jakobsen & Greacen (1985) que citam que à medida que o número de passadas no mesmo local aumenta, há incremento menos acentuado e de forma logarítmica da compactação e com Panziera et al. (2011) que em estudo realizado com diferentes intensidades de tráfego na construção de solos em Candiota-RS, verificou que com o aumento da intensidade do tráfego ocorreu a redução da amplitude de resistência mecânica a penetração entre os tratamentos testados.

Verificou-se ainda que abaixo de 0,30m ocorreu redução da resistência mecânica à penetração para T4 e T5, aproximando os valores de RP entre os tratamentos, reduzindo o efeito das passadas sobre

a compactação do solo a partir desta profundidade. Vellar et al. (2011) em trabalho realizado sob condições semelhantes, observou que a compactação não se transmitiu em profundidade, no entanto, a mesma verificou que a RP foi maior até a camada de 0,10 a 0,20m, o que difere do presente trabalho, onde os maiores valores de RP foram observados na camada de 0,20 a 0,30m.

**Tabela 2** – Umidade gravimétrica de um solo construído, submetido à eventos de tráfego, na camada de 0,00 a 0,10m, 0,10 a 0,20m e 0,20 a 0,30m em Candiota, RS.

Trat. <sup>1</sup>	Ug (%)		
	0,00 a 0,10m	0,10 a 0,20m	0,20 a 0,30m
T0	21,89 a	21,55 a	22,74 ab
T1	19,90 a	23,77 a	23,81 a
T2	21,77 a	22,36 a	21,92 ab
T3	21,26 a	22,24 a	22,05 ab
T4	20,95 a	22,40 a	22,05 ab
T5	20,08 a	21,41 a	20,66 b

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5%.

<sup>1</sup>T0= 0 passadas; T1= 1 passadas; T2=3 passadas; T3=5 passadas; T4=8 passadas ; T5=12 passadas.

## CONCLUSÕES

A densidade do solo elevou-se com o aumento tráfego de máquinas tanto na camada superficial como na camada sub-superficial, com mais evidência na camada sub-superficial

A resistência mecânica à penetração do solo aumentou com o número de eventos de tráfego, sendo mais evidente a partir da oitava passada do trator.

A maior resistência à penetração foi obtida na camada de 0,20 a 0,30m, após doze eventos de tráfego

O número de eventos de tráfego aumentou a RP até 0,30m, diminuindo em maiores profundidades.

## AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós Graduação em Manejo e Conservação da Água e do Solo, ao Departamento de Solos da UFPel e a Companhia Rio-grandense de Mineração - Candiota, RS, por oportunizarem a realização do presente estudo.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, J. E.; CANCELIER, T. S.; KREBS, J.S.A. & RODRIGUES, G.T. Mitigação ambiental de áreas



degradadas pela mineração de carvão em Santa Catarina. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE CARVÃO MINERAL, Gramado, 2011. Anais. Gramado: III Congresso Brasileiro de Carvão Mineral, 2011.

FOLONI, J. S. S.; CALONEGO, J. C. & LIMA, S. L. Efeito da compactação do solo no desenvolvimento aéreo e radicular de cultivares de milho. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 38:947-953, 2003.

JAKOBSEN, B.F. & GREACEN, E.L. Compaction of sandy forest soils by forwarder operations. Soil Tillage Research, 5:55-70, 1985.

KOPPE, J.C. & COSTA, J.F.C. Mineração. In: TEIXEIRA, E.C. Meio ambiente e carvão: impactos da exploração e utilização. FEPAM, 15-27, 2002.

LIBARDI, P. L. Dinâmica da água no solo. São Paulo: Edusp, 2005. 335p.

LIMA, C. L. R. S de; MIOLA, E. C. C. & TIMM, L. C. et al. Soil compressibility and least limiting water range of a constructed soil under cover crops after coal mining in Southern Brazil. Soil Tillage Research, 124:190-195, 2012.

PANZIERA, W. ; LIMA, C. L. R. & PIMENTEL, J. R. et al. Resistência mecânica à penetração de um solo construído em área de mineração de carvão sob diferentes intensidades de tráfego. In: XXXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Uberlândia, 2011. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011, p.1-4.

POTTER, K. N.; CARTER, F. S. & DOLL, E. C. Physical properties of constructed and undisturbed soils. Soil Science Society of America Journal, 52:1435-1438, 1988.

POWER, J. F.; RIES, R. E. & SANDOVAL, L. M. Reclamation of coal-mined land the Northern Great Plains. Journal of Soil Water Conservation, 143:55-67, 1985.

ROSOLEM, C. A.; FERNADEZ, E. M.; ANDREOTTI, M. & CRUSCIOL, C. A. C. Crescimento radicular de plântulas de milho afetado pela resistência do solo à penetração. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 34:821-828, 1999.

STUMPF, L.; PAULETTO, E. A. & FERNANDES, F. F. et al. Perennial grasses for recovery of the aggregation capacity of a reconstructed soil in a coal

mining area in southern Brazil. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 38:327-335, 2014.

TAYLOR, H.M.; ROBERSON, G.M. & PARKER Jr., J.J. Soil strength-root penetration relations to medium to coarse-textured soil materials. Soil Science, 102:18-22, 1966.

TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. & LIBARDI, P. L. Soil physical quality of a Brazilian Oxisol under two tillage systems using the least limiting water range approach. Soil Tillage Research, 52:223-232 1999.

TEIXEIRA, C. F. A.; PAULETTO, E. A. & SILVA, J. B. Resistência mecânica à penetração de um Argissolo Amarelo distrófico típico sob diferentes sistemas de produção em plantio direto. Ciência Rural, 33:1165-1167, 2003.

VEIGA, M.; HORN, R.; REINERT. D.J. & REICHERT, J.M. Soil compressibility and penetrability of an Oxisol from Southern Brazil, as affected by long-term tillage systems. Soil Tillage Research, 92:104-113, 2007.

VELLAR, R.M.L.; LIMA, C. L. R. de & PINTO, L. F. S. et al. Resistência mecânica à penetração de um solo construído e submetido a diferentes intensidades de um trator de esteira na área de mineração de carvão de Candiota, RS. In: III Congresso Brasileiro de Carvão Mineral, Gramado, Anais. Gramado: III Congresso Brasileiro de Carvão Mineral, 2011.