

AVALIAÇÃO DA RESISTENCIA TÊNซิล E FRIABILIDADE DE UM SOLO CONSTRUÍDO EM RECUPERAÇÃO APÓS MINERAÇÃO DE CARVÃO

MATEUS FONSECA RODRIGUES¹; THAIS PALUMBO SILVA²; LUCAS DA
SILVA BARBOSA²; RACHEL MUYLAERT LOCKS GUIMARÃES²; ELOY
ANTONIO PAULETTO²; PABLO MIGUEL³

¹Universidade Federal de Pelotas – mateusfr@outlook.com.br

² Universidade Federal de Santa Maria – thaispalumbosilva@hotmail.com

² Universidade Federal de Pelotas – lucassiba2011@hotmail.com

² Universidade Tecnológica Federal do Parana – rachelguimaraes@utfpr.edu.br

² Universidade Federal de Pelotas – paulettosul@yahoo.com.br

³Universidade Federal de Pelotas – pablo.ufsm@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

O carvão mineral é o combustível fóssil em maior disponibilidade no mundo, com reservas que se aproximam de 860 bilhões de toneladas, de acordo com a World Coal Association, as quais estão distribuídas em 75 países. A demanda por energia ao nível mundial até 2035 exigirá o crescimento da operação de usinas em cerca de 35 % (PIRES & HOLTZ, 2016).

A atividade de remoção do carvão, principalmente pela mineração superficial ou a céu aberto, traz problemas ambientais de grandes proporções, pois o solo e o subsolo são removidos por escavação de grandes proporções, proporcionando mudanças permanentes na topografia e nas estruturas geológicas (SHRESTHA & LAL, 2011), pois envolve a movimentação de grandes volumes de solo e de rochas (ZHANG et al., 2015; MUKHOPADHYAY et al., 2013). Os estêreis originados da extração do carvão retornam a cava aberta pela mineração, onde são nivelados e recobertos pelo solo superficial, retirado da frente de lavra do carvão, constituindo o chamado “solo construído”.

A recuperação das áreas degradadas pela mineração tem sido realizada pela utilização de plantas de cobertura, a fim de minimizar os efeitos da compactação do solo e da erosão, promover o acúmulo de matéria orgânica, o desenvolvimento da fauna do solo e a ciclagem de nutrientes (JOSA et al., 2012).

A avaliação da qualidade estrutural dos solos submetidos a manejos diferenciados tem sido realizada por meio de atributos como densidade, porosidade, distribuição de tamanho de agregados estáveis em água e diâmetro médio ponderado dos agregados, resistência tênซิล (RT) e a friabilidade (F), avaliação das curvas de compressão e grau de compactação (REIS et al., 2014).

A resistência tênซิล (RT) de agregados do solo é utilizada como indicadora do impacto do manejo na qualidade do solo, em resposta aos processos físicos e mecânicos que ocorrem com o uso do solo. A RT é definida como o estresse ou força por unidade de área requerida para fraturar os agregados do solo, quando submetidos a uma pressão (FERREIRA et al., 2011).

A friabilidade (F) é outro indicador da qualidade estrutural e física do solo, que indica a tendência de uma massa de solo a se desfazer em agregados de tamanhos menores sob aplicação de um estresse ou carga (BAVOSO et al., 2010).

Essas variáveis têm sido utilizadas para possibilitar a adoção de práticas de manejo economicamente viáveis e ecologicamente menos degradantes em solos agrícolas, entretanto é necessário analisar as respostas dessas variáveis aos processos de recuperação de solos construídos em áreas de mineração (REIS et al., 2014).

O presente estudo, tem como objetivo avaliar a resistência tênsil de agregados e a friabilidade de um solo construído em recuperação sob diferentes plantas de cobertura há 15 anos, após mineração de carvão.

2. METODOLOGIA

O experimento foi instalado na área de mineração de carvão de Candiota-RS, pertencente à Companhia Rio Grandense de Mineração (CRM), em novembro/dezembro de 2003, em parcelas de 20 m² (5m x 4m) em um delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com quatro repetições. A camada de solo reposta na área experimental é procedente do solo original retirada da área pré-minerada, sendo o solo classificado como um Argissolo Vermelho Eutrófico típico.

Os tratamentos avaliados foram: T1 – Hemartria (*Hemarthia altissima*), T2 – Brizanta (*Urochloa brizantha*), T3 – Tifton (*Cynodon dactylon*), T4 – Pensacola (*Paspalum notatum*), T5 – solo construído sem cobertura vegetal e T6 – solo natural sob vegetação nativa.

A amostragem do solo foi realizada nas camadas de 0,00 – 0,10m e 0,10 – 0,20 m. Foram coletadas 2 amostras de solo com estrutura não preservada por tratamento, totalizando 48 amostras (uma amostra x duas camadas de solo x quatro blocos x seis tratamentos), que em laboratório foram destorroadas manualmente em seus pontos de fraqueza e secas ao ar, para determinar a resistência tênsil de agregados (RT).

Para avaliação da RT, as amostras foram destorroadas manualmente nos planos de clivagem, para não provocar a compactação ou a ruptura dos agregados, foram utilizados 960 amostras (20 agregados x duas camadas de solo x quatro blocos x seis tratamentos).

Para a determinação da RT, utilizou-se um atuador eletrônico linear a uma velocidade constante de 4 mm/s (MA 933 fabricado pela empresa Marconi LTDA). Antes da aplicação da força, cada agregado foi mensurado quanto à massa e aferido com um paquímetro digital, obtendo-se o diâmetro a partir de sua altura, sua largura e seu comprimento. Após os ensaios, os agregados foram secos em estufa a 105^o C por 24 h, determinando-se a umidade gravimétrica, conforme Embrapa (2011). Cada agregado foi acomodado na posição mais estável, para a aplicação da carga de 20 kgf. O valor da força aplicada para ruptura tênsil do agregado foi registrado em um sistema eletrônico de aquisição de dados, sendo a RT calculada conforme Dexter & Kroesbergen (1985):

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

em que 0,576 representa a constante de proporcionalidade, refletindo a relação entre o estresse compressivo aplicado e o estresse tênsil gerado no interior do agregado; P é a força aplicada (N) e D é o diâmetro efetivo (mm).

O diâmetro efetivo dos agregados (D) foi calculado conforme Watts & Dexter (1998), sendo:

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

em que Dm o diâmetro médio do agregado (mm), M a massa do agregado individual (g) e M₀ a massa média dos agregados na população (g).

A friabilidade do solo foi estimada pelo método do coeficiente de variação, proposto por Watts & Dexter (1998):

$$F = \frac{\sigma_y}{Y} \pm \frac{\sigma_y}{Y\sqrt{2n}}$$

em que F é a friabilidade do solo, o desvio padrão dos valores da RT; Y a média dos valores de RT e n, o número de repetições, sendo o segundo termo o erro padrão do coeficiente de variância. A classificação da F, foi realizada conforme Imhoff et al. (2002): não friável ($F < 10$), ligeiramente friável ($F = 0,10$ a $0,20$), friável ($F = 0,20$ a $0,50$), muito friável ($F = 0,50$ a $0,80$) e mecanicamente instável ($F > 0,80$).

Em todo conjunto de dados foram realizadas análises de variância considerando $p < 0,05$, e o teste de médias pelo teste de Tukey.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios de resistência tênsil, friabilidade e a classificação quanto à friabilidade são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Resistência tênsil (RT), friabilidade (F) e a classificação quanto à friabilidade nas camadas de 0,00-0,10m e 0,10-0,20m de um solo construído sob diferentes plantas de coberturas, sem plantas de cobertura e um solo natural em área de mineração de carvão

	0,00 - 0,10			0,10 - 0,20		
	RT (Kpa)	F	Classificação quanto à F	RT (Kpa)	F	Classificação quanto à F
T1	96,18 _{ab}	0,61	Muito friável	113,02 _{ab}	0,68	Muito friável
T2	89,79 _{ab}	0,52	Muito friável	138,52 _a	0,50	Muito friável
T3	95,95 _{ab}	0,64	Muito friável	156,63 _a	0,46	Friável
T4	108,10 _{ab}	0,51	Muito friável	134,13 _a	0,55	Muito friável
T5	124,24 _a	1,03	Mec. Instável	157,58 _a	0,89	Mec Instável
T6	55,61 _b	0,49	Friável	48,87 _b	0,40	Friável

T1 – Hemátia; T2 – Brizanta; T3 – Tifton; T4 – Pensacola; T5 – Solo construído sem cobertura vegetal; T6 – Solo natural sob vegetação nativa. Médias seguidas da mesma letra na coluna em cada camada não diferem estatisticamente entre si (teste de Tukey, $p < 0,05$).

Observa-se que na camada superficial do solo construído, houve diferença significativa dos agregados na avaliação de RT entre os tratamentos implantados no experimento. Na camada de 0,10 – 0,20m apenas o T1 apresentou diferença significativa em comparação ao solo construído sem plantas.

Em comparação ao solo natural, na camada superficial, os resultados de RT diferenciam se comparados aos resultados dos demais tratamentos implementados no experimento, apresentando em média valores 75% a mais que os valores obtidos com o solo natural. Na camada 0,10 – 0,20 m todos os tratamentos apresentaram valores superiores e distantes do solo natural, estando mais próximos ao solo construído.

Os altos resultados de RT podem estar associados conforme afirmação de Reis (2014), em que elevados valores de RT em solos contruídos deve-se à mistura de horizontes e formações rochosas acondicionadas por meio de maquinário na cava minerada, sobreposta por terra vegetal para posterior implantação das plantas de cobertura. O método de construção do solo influencia na resistência dos agregados, em razão de as pilhas de solo ficarem por longos períodos de tempo expostas às intempéries, oxidando a matéria orgânica.

Em relação à friabilidade, observa-se em ambas camadas que todos os tratamentos foram classificados como muito friáveis, exceto o T3 na camada 0,10 – 0,20m em que foi considerado como friável. A classificação de friabilidade do

solo advém da heterogeneidade dos valores de RT, levando em consideração o diâmetro médio dos agregados.

4. CONCLUSÕES.

Após 15 anos de experimento a maior degradação apresenta-se na camada 0,10 – 0,20 m devido aos maiores valores de RT encontrados.

As espécies de poáceas reduziram a resistência tênsil dos agregados do solo construído significativamente na camada superficial, sendo a espécie *Hemarthia altissima* a mais eficiente no processo de melhoria da qualidade estrutural do solo construído.

Em relação a friabilidade, a maioria dos tratamentos atingiram resultados satisfatórios, uma vez que a condição de solo friável é desejável para o desenvolvimento de raízes.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAVOSO, M. A.; GIAROLA, N. F. B.; TORMENA, C. A.; PAULETTI, V. Preparo do solo em áreas de produção de grãos, silagem e pastejo: efeito na resistência tênsil e friabilidade de agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34:227-234, 2010.

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

FERREIRA, A. O.; SÁ, J. C. M.; GIAROLA, N. F. B.; HARMS, M. G.; MIARA, S.; BAVOSO, M. A.; BRIEDIS, C. & NETTO, C. Q. Variação na resistência tênsil de agregados em função do conteúdo de carbono em dois solos na região dos campos gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35:437-445, 2011.

JOSA, R.; JORBA, M. & VALLEJO, V. R. Opencast mine restoration in a Mediterranean semiarid environment: Failure of some common practices. **Ecological Engineering**, 42:183-191, 2012.

MUKHOPADHYAY, S.; MAITI, S. K.; MASTRO, R. E. Use of reclaimed mine soil index (RMSI) for screening of tree species for reclamation on coal mine degraded land. **Ecological Engineering**, 57:133-142, 2013.

PIRES, A.; HOLTZ, A. Setor elétrico ante a demanda crescente. 2016. Disponível em: <http://economia.estado.com.br/noticias/geral>, setor-elétrico-ante-a-demanda-crescente-imp, 829857. Acesso em ago.2018.

REIS, D. A.; LIMA, C. L. R.; PAULETTO, E. A. Resistência tênsil de agregados e compressibilidade de um solo construído com plantas de cobertura em área de mineração de carvão em Candiota, RS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 38:669-678, 2014.

SHRESTHA, R.K.; LAL, R. Changes in physical and chemical properties of soil after surface mining and reclamation. **Geoderma**, 161:168-176, 2011.

WATTS, C. W. & DEXTER, A. E. Soil friability: Theory, measurement and the effects of management and organic carbon content. **European Journal of Soil Science**, 49:73-84, 1998.

ZHANG, L.; JINMANWANG, W.; BAI, Z.; CHUNJUAN, L. V. Effects of vegetation on runoff and soil erosion on reclaimed land in an opencast coal-mine dump in a loess area. **Catena**, 128:44-53. 2015.