

Efeito da aplicação do lodo de esgoto sobre a densidade e porosidade de um Latossolo Vermelho⁽¹⁾

Lourdes Dickmann⁽²⁾; Marcelo Andreotti⁽³⁾; Marcelo Fernando Pereira Souza⁽⁴⁾; Allan Hisashi Nakao⁽⁴⁾; Edjair Augusto Dal Bem⁽⁴⁾; Mariana Moreira Melero⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos de próprios e auxílio da faculdade.

⁽²⁾ Mestranda em Agronomia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Ilha Solteira – SP, Avenida Brasil, 56, email: lourdesdickmann@hotmail.com

⁽³⁾ Professor Doutor, Departamento Engenharia Rural e Solos, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira – SP, Avenida Brasil, 56.

⁽⁴⁾ Pós-graduando em Agronomia, FEIS/UNESP, Ilha Solteira – SP, Avenida Brasil, 56.

RESUMO: A utilização do lodo de esgoto como prática agrônômica apresenta grande potencial, destacando-se, seu uso como fertilizante e condicionador de solos. Este tem sido utilizado na recuperação de áreas degradadas e como condicionador físico do solo. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de lodo de esgoto sobre a densidade e porosidade total do solo. O estudo foi realizado na área experimental da UNESP - Ilha Solteira localizada no município de Selvíria, MS. O Delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, num esquema fatorial do tipo 4 + 1, com 4 repetições, totalizando 20 parcelas. Cada parcela ocupou uma área de 480 m². Foi avaliada a porosidade do solo (Pt) e a densidade do solo (Ds) em quatro pontos por parcela nas profundidades de 0-0,05 m; 0,05-0,10 m; 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m, em fevereiro de 2011. Os dados coletados foram submetidos ao teste F sob a análise da variância ao nível de 5% de probabilidade, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e regressão polinomial. O lodo de esgoto não alterou os atributos físicos no período do entre a aplicação e avaliação. O lodo de esgoto não promoveu alterações nos atributos avaliados após dois anos de sua aplicação e incorporação.

Termos de indexação: sólidos orgânicos, solo degradado, atributos físicos.

INTRODUÇÃO

A utilização do lodo de esgoto como prática agrônômica tem se apresentado com grande potencial, destacando-se, seu uso como fertilizante e condicionador de solos (Silva et al., 2002). Este tem sido utilizado na recuperação de áreas degradadas e no desenvolvimento de áreas reflorestadas. Contudo, quando se considera o uso de lodo de esgoto em áreas agrícolas é necessário que se leve em conta além dos benefícios do seu uso, os aspectos adversos,

dentre os quais a presença de metais pesados e patógenos persistentes.

A aplicação do lodo de esgoto no solo não é um processo simples, devido à grande variabilidade na sua composição e a complexidade dos diferentes tipos de solo. Por isso, estudos que se dedicam a indicar efeitos causados pela disposição desse resíduo no solo, nos mais variados componentes do sistema solo-planta-água são importantes ferramentas para o uso sustentável desse resíduo (Ricci et al., 2010).

Quanto aos atributos físicos do solo, a aplicação de lodo de esgoto promove aumento na porosidade total e macroporosidade (Ricci et al., 2010), diminuição na densidade do solo (Melo et al., 2004) e maior retenção de água (Debosz et al., 2002). Nesse sentido, sua aplicação proporciona efeitos diretos sobre as propriedades físicas do solo que, por sua vez, influenciam sobre o ecossistema. Isto se torna fundamental, pois, o sucesso de projetos agropecuários é dependente das propriedades físicas do solo a ser utilizado.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência do lodo de esgoto sobre os atributos densidade e porosidade de um Latossolo degradado.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado na área experimental da UNESP-Ilha Solteira localizada no município de Selvíria – MS à margem direita do rio Paraná, nas coordenadas de 51° 22' de longitude oeste e 20° 22' de latitude sul, com altitude média de 327 m. A precipitação média anual é de 1370 mm e a temperatura do ar média anual de 23,5°C. A área apresenta-se degradada pela retirada, a 40 anos, de uma camada de solo de 6 m de espessura, para utilização na construção da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira - SP, totalizando 700 hectares de solo decapitado. O solo original da área foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico, textura média (Embrapa, 2006).

O Delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 4 + 1, sendo 4 tratamentos mais o controle, com 4 repetições, totalizando 20 parcelas. Cada parcela ocupou uma área de 480 m² (20 m x 24 m), perfazendo um total de 9.600 m² nas 20 parcelas. Dentro de cada bloco as parcelas foram espaçadas 6 m, assim como entre os blocos, medida utilizada como forma de evitar-se a influência de parcelas que receberam maiores quantidades de material orgânico sobre as receberam menores quantidades ou mesmo que não receberam aplicação de lodo. O experimento constituiu-se de 5 tratamentos, definidos como: **T1:** (controle) ausência de plantas e de resíduos e sem o preparo do solo; **T2:** (testemunha) com plantas e sem resíduo; **T3:** T1 (Tratamento 1) + 8 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto (LE); **T4:** T1 + 16 Mg ha⁻¹ de LE; **T5:** T1 + 24 Mg ha⁻¹ de LE.

Para o preparo do solo, foram realizadas duas subsolagens na profundidade de 0,30 m. O solo teve sua acidez corrigida pela distribuição e incorporação de 1 t ha⁻¹ de calcário, de modo a elevar sua saturação por bases a 50%. Parte do lodo de esgoto foi distribuída em sulcos de plantio (20%), em fevereiro de 2009, e o restante (80%) em superfície em dezembro de 2009, visando o arranque inicial do eucalipto (*E. camaldulenses*) que foi plantado em todas as parcelas, com exceção do controle, em março de 2010, com espaçamento de 3,0 m x 2,0 m, totalizando 60 plantas na área útil da parcela e 1.200 plantas no experimento todo.

O lodo de esgoto foi obtido na ETE (Estação de Tratamento de Esgoto) da Saneamento de Araçatuba S/A. O tratamento lá produzido é do tipo aeração prolongada, mediante oxigenação por equipamento eletromecânico, por 18 a 24 h, com tempo de residência de 40 dias. Após a aeração, o efluente é desaguado por centrífuga, reduzindo sua umidade para um valor em torno de 80%.

Para as avaliações das propriedades físicas do solo, amostras de solos foram coletadas em fevereiro de 2011. Para isso, em cada parcela foram selecionados, aleatoriamente, 4 pontos de amostragem e, em cada ponto coletou-se uma amostra de solo indeformada nas profundidades de 0 a 0,05 m; 0,05 a 0,10 m; 0,10 a 0,20 m e 0,20 a 0,40 m, utilizando amostrador com 50 mm de diâmetro por 50 mm de altura, perfazendo um total de 80 amostras. No laboratório, as amostras foram preparadas para as análises, retirando-se o excesso de solo das suas extremidades. Em seguida, foram saturadas por meio da elevação gradual de uma lâmina de água numa bandeja, até o limite de 2/3 da altura das amostras, por 24 horas. A densidade foi calculada dividindo-se a massa de solo seco pelo volume total do anel, de acordo com a Embrapa (1997).

A porosidade total foi calculada como sendo o conteúdo de água do solo saturado, para as análises utilizou-se da mesa de tensão adaptada de Topp & Zebtchuck (1979).

Os dados coletados foram submetidos ao teste F sob a análise da variância, as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade e a regressão polinomial ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A densidade do solo é um atributo físico que apresenta baixa variabilidade e um coeficiente de variação (CV) menor que 15% segundo Warrick (1998). Constatou maior variabilidade nas profundidades mais superficiais do solo, muito em função de serem estas, a camada mais explorada pelo sistema radicular da vegetação presente no solo. Estes resultados se assemelham aos encontrados por Medeiros et al. (2009), que estudando a influência do sistema de preparo e manejo de um Latossolo, verificaram baixa variabilidade para o atributo densidade com exceção da camada de 0–0,10 m.

Não houve diferenças na densidade do solo para as profundidades 0,10–0,20 m e 0,20–0,40 m, entre os tratamentos utilizados (Tabela 1).

Os tratamentos utilizados apresentaram diferenças quanto à densidade nas profundidades avaliadas de 0–0,05m e 0,05–0,10m. Para 0–0,05 m com exceção de T4, todos os tratamentos diferiram do controle (T1). No entanto, quando comparados somente os tratamentos com aplicação de LE e o controle (sem aplicação), mas que, foi submetido a todas as práticas de preparo convencional de solo, não se constatou influência do LE sobre a densidade do solo.

Baixos valores de densidade constatados podem estar relacionados mais com o preparo do solo do que propriamente com a incorporação do LE. Situação semelhante foi observada por Andrade et al. (2005) que, determinando o efeito da aplicação em cobertura de doses de LE alcalino após cinco anos, em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico cultivado com eucalipto, relataram não terem encontrado diferenças entre os tratamentos para densidade do solo até a profundidade de 0,60 m.

Nos seus estudos com LE para recuperação da estrutura física de um solo decapitado, Ricci et al. (2010) não encontraram diferença entre os tratamentos com LE e a testemunha. De acordo com os autores, os efeitos observados na densidade para a camada superficial de 0–0,20 m, provavelmente ocorreram em função do preparo do solo com subsolagem e operações com grades realizadas durante a incorporação do composto.

Tabela 1. Efeito de diferentes doses de lodo de esgoto sobre os atributos densidade e porosidade total de um Latossolo Vermelho, Selvíria - MS.

Tratamentos	Profundidades (m)			
	0-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
Densidade do solo (Mg m⁻³)				
T1	1,67a	1,73a	1,76	1,71
T2	1,36b	1,50c	1,62	1,68
T3	1,46b	1,63b	1,65	1,74
T4	1,51ab	1,60b	1,62	1,71
T5	1,41b	1,46c	1,61	1,72
DMS	0,183	0,094	0,184	0,150
Teste F	8,82**	26,90**	2,35 ^{ns}	0,49 ^{ns}
CV (%)	5,49	2,64	4,95	3,91
Porosidade Total (m³ m⁻³)				
T1	0,350b	0,345b	0,345	0,367
T2	0,455a	0,425a	0,387	0,390
T3	0,450a	0,385ab	0,382	0,367
T4	0,402ab	0,365ab	0,362	0,365
T5	0,435ab	0,390ab	0,382	0,372
DMS	0,085	0,073	0,053	0,038
Teste F	5,20*	3,37*	2,31 ^{ns}	1,40 ^{ns}
CV (%)	9,09	8,54	6,32	4,62

Médias seguidas por mesma letra na coluna, para diferentes tratamentos, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. * e : significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey, respectivamente. ^{ns} não significativo. Em que: T1 = controle, sem aplicação de lodo de esgoto (LE), sem preparo do solo e plantas; T2 = testemunha, sem aplicação de LE, mas com preparo do solo e plantas; T3 = aplicação de 8 Mg ha⁻¹ de LE; T4 = aplicação de 16 Mg ha⁻¹ de LE e T5 = aplicação de 24 Mg ha⁻¹ de LE. DMS: diferença mínima significativa, CV: coeficientes de variação.

Na profundidade de 0,05-0,10 m, houve diferenças entre T1 e os demais tratamentos (Tabela 1). Menor densidade foi constatada em T5, sem, no entanto, diferir de T2. Estes resultados assemelham-se aos relatados por Boeira & Souza (2007), que avaliando a eficiência da aplicação de LE sobre os atributos físicos, não verificaram diferenças entre tratamentos com aplicação de LE e testemunha.

Segundo Skorupa et al. (2006) solos que apresentam alta densidade, restringem ou limitam fisicamente o crescimento das raízes. Desse modo, o limite crítico para o desenvolvimento do sistema radicular seria de 1,71 Mg ha⁻¹ para solos com textura média (Reinert et al., 2008). Nesse sentido, a avaliação da densidade, permite conhecer o grau de compactação do solo.

Menores densidades foram observadas em profundidades mais superficiais até 0,20 m. Fato este, que pode estar relacionado com maior teor de matéria orgânica nas camadas mais superficiais. Além de que, a presença de plantas de eucaliptos pode ter favorecido na diminuição da densidade nas camadas mais superficiais.

Verificou-se que o atributo densidade nas duas profundidades mais superficiais adequou-se em uma equação matemática do tipo quadrática (Tabela 2). Assim, constatou-se queda na densidade a partir de T1, com posterior aumento em T2 até T4, com menor valor para o atributo verificado para o tratamento T5. Para ambas as profundidades analisadas não houve diferenças entre a menor e a maior dose de LE aplicado,

menos havendo tendência de queda para a densidade. Isto demonstra que os efeitos proporcionados com o uso do LE sobre a densidade somente seja possível pela aplicação de doses muito elevadas.

Tabela 2. Análise de regressão do atributo densidade para os tratamentos com aplicação de lodo de esgoto no solo (Mg ha⁻¹) em função das profundidades avaliadas, com respectivo modelo de equação de regressão, coeficiente de determinação (R²) e significância.

Camadas (m)	Tratamentos (Mg ha ⁻¹)				Equação	R ² (%)
	0	8	16	24		
Densidade do solo (Mg m⁻³)						
0,00-0,05	1,36b	1,46ab	1,51a	1,41ab	1,35+0,021.x-0,00077.x ² *	96,16
0,05-0,10	1,50b	1,63a	1,60a	1,46b	1,497+0,0245.x-0,0011.x ² **	99,51

Médias seguidas por mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A porosidade é uma propriedade importante que deve ser analisada na avaliação da qualidade física do solo. Nesse sentido, Bertol (1989) afirmou que os macroporos são os primeiros e mais afetados pelo processo de compactação dos solos. Ainda segundo o autor, macroporosidade se correlaciona negativamente com a densidade nos sistemas de uso do solo, ou seja, com o aumento da densidade há uma redução da macroporosidade. Baver et al. (1972) propôs que valores de macroporosidade compreendidos abaixo de 10% são considerados como críticos para o desenvolvimento do sistema radicular dos vegetais, circulação de ar e água no solo, definindo esse valor como limite crítico para tal atributo.

A porosidade total diferiu entre as camadas mais superficiais, amostradas de 0-0,10 m (Tabela 1). Verificou-se que para ambas as camadas com diferenças, os tratamentos com lodo de esgoto independente da dosagem aplicada não diferiu da testemunha (T2).

Na camada de 0-0,05 m, além da testemunha, o tratamento T3 foi o único com aplicação com lodo de esgoto que diferiu do tratamento controle. Em relação à camada de 0,05-0,10 m, todos os tratamentos com lodo de esgoto não diferiu do tratamento controle que por sua vez, diferiu da testemunha. Nesse sentido, o uso de lodo de esgoto não contribui para o aumento da porosidade do solo, com isso, o aumento da porosidade constatada em T3 na camada mais superficial pode ter sido em decorrência das práticas de subsolagem realizadas no preparo do solo. Resultados semelhantes foram relatados por Melo et al. (2004) e Ricci et al. (2010).

Nas camadas de 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m, a porosidade total do solo não demonstrou diferenças significativas para os tratamentos (Tabela 1).

A adição de lodo de esgoto pode não alterar a porosidade total, independente da condição original do solo. Por sua vez, Navas et al. (1998) obtiveram incremento da porosidade total de 0,38 m³ m⁻³ para 0,49 m³ m⁻³, em tratamentos com aplicação de 320 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto.

Assim, uma das hipóteses para o resultado encontrado no presente trabalho, esteja na quantidade de lodo de esgoto necessário para promover aumento na porosidade total do solo.

CONCLUSÕES

A aplicação de LE não promoveu alterações significativas nos atributos físicos avaliados após dois anos de sua aplicação e incorporação.

As práticas de preparo do solo antes da aplicação do LE se apresentaram mais eficazes nas alterações dos atributos físicos avaliados no solo em relação ao uso do LE para períodos curtos de avaliação.

AGRADECIMENTOS

A UNESP pela estrutura disponibilizada e ao CNPq pelo apoio financeiro por meio de bolsa.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, C.A.; OLIVEIRA, C.D.; CERRI, C.C. Qualidade da matéria orgânica e estoques de carbono e nitrogênio em Latossolo tratado com bio sólido e cultivado com eucalipto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29:803-816, 2005.

BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. Soil structure: classification and genesis. In: Baver, L.D.; Gardner, W.H.; Gardner, W.R. *Soil Physics*. New York, John Wiley, 4:130-177. 1972.

BERTOL, I. Degradação física do solo sob a cultura do alho. *Re. Agropec. Catarinense*, 2:47-50, 1989.

BOEIRA, R.C & SOUZA, M. D. Estoques de carbono orgânico e nitrogênio, pH e densidade de um Latossolo após três aplicações de lodo de esgoto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31:581-590, 2007.

DEBOSZ, K.; PETERSEN, S.O.; KURE, L.K.; AMBUS, P. Evaluating effects of sewage sludge and household compost on soil physical, chemical and microbiological properties. *Applied and Soil and Ecology*, Amsterdam, 19: 237-248, 2002.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA GROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de métodos de análises de solos. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997.

MEDEIROS, G.A.; DANIEL, L.A.; LUCARELLI, J.R.F.; REIS, F.A.G.V. Influência do sistema de preparo e manejo de um Latossolo Vermelho nas suas propriedades físico-hídricas. *Geociências*, 28:453-465, 2009.

MELO, V.P.; BEUTLER, A.N.; SOUZA, Z.M.; CENTURION, J.F.; MELO, W.J. Atributos físicos de Latossolos adubados durante cinco anos com bio sólido. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39:67-72, 2004.

NAVAS, A.; BERMÚDEZ, F.; MACHÍN, J. Influence of sewage sludge application on physical and chemical properties of Gypsisols. *Geoderma*, Amsterdam, 87:123-135, 1998.

REINERT, D.J.; ALBUQUERQUE, J.A.; REICHERT, J.M.; AITA, C.; ANDRADA, M.M.C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho, Re. Bras. Ci. Solo, 32:1805-1816, 2008.

RICCI, A.B.; PADOVANI, V.C.R.; PAULA JÚNIOR, D.R. Uso de lodo de esgoto estabilizado em um solo decapitado. I – Atributos físicos e revegetação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34:535-542, 2010.

SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S.; SHARMA, R.D. Alternativa agrônômica para o bio sólido produzido no Distrito Federal – I: efeito na produção de milho e na adição de metais pesados em Latossolo no cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26:487-495, 2002.

SKORUPA, L.A. Uso de lodo de esgoto em plantações florestais e na recuperação de áreas degradadas. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – Relatório Final, 2006.

TOPP, G.C. & ZEBTCHUK, W. The determination of soil water desorption curves for soil cores. *Canadian Journal Soil Sci.*, 59:19-26, 1979.

WARRICK, A.W. Spatial variability. In: HILLEL, D. (Ed.) *Environmental soil physics*, Academic Press, p. 655-675, 1998