

SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

AGREGAÇÃO DO SOLO EM ÁREA QUE RECEBEU LODO DE ESGOTO ⁽¹⁾

ISABELLA CLERICI DE MARIA ^(2*); MARIANA ANSEMI KOCSSI ⁽³⁾;
SONIA CARMELA FALCI DECHEN ⁽²⁾

RESUMO

A utilização do lodo de esgoto na agricultura tem sido objeto de crescente interesse, não só devido ao alto custo e aos impactos ambientais decorrentes de outras opções de disposição, como pela necessidade de disposição de quantidades cada vez maiores de lodo proveniente do tratamento de esgotos urbanos e rurais. O objetivo desta pesquisa foi avaliar a aplicação do lodo de esgoto como condicionador do solo, por meio de seu efeito sobre a agregação do solo agrícola, visando sua utilização na recuperação de áreas degradadas por manejo inadequado. O experimento foi instalado no Centro Experimental Central do Instituto Agrônomo, em Campinas (SP), em um Latossolo Vermelho Eutroférico de textura argilosa. Realizaram-se duas aplicações de lodo de esgoto em dois anos consecutivos, em duas doses, 10 Mg ha⁻¹ e 20 Mg ha⁻¹, para comparação com uma testemunha, sem aplicação do lodo. Incorporou-se o lodo ao solo e em seguida realizou-se o plantio de milho. Após o segundo cultivo de milho, efetuou-se a coleta de amostras para avaliar a agregação do solo. Utilizou-se o método do peneiramento em água, determinando-se a estabilidade à ação hídrica por meio do diâmetro médio dos agregados, com amostras coletadas nas profundidades de 0,10 m e 0,20 m. Os resultados mostraram significativa diferença entre os tratamentos, com aumento gradativo de diâmetro dos agregados em função das doses aplicadas. O aumento da estabilidade dos agregados em água foi explicado pelo aumento da matéria orgânica do solo. Esse efeito foi significativo apenas na camada superficial (0-0,10 m). Pode-se concluir que o lodo agiu como condicionador, melhorando a agregação do solo.

Palavras-chave: condicionador de solo; atributos físicos do solo; biossólido.

ABSTRACT

SOIL AGGREGATION RESULTING FROM SEWAGE SCUDGE APPLICATION

The disposal of sewage sludge to agricultural soils has increasing interest not only due to high costs and environmental impact involved in other methods of disposal, but also due to the necessity of disposal of increasing amounts of sludge from rural and urban sewage treatment. This study aims to evaluate the disposal of this residue on soil aggregation and its effect as soil conditioner, for use in recovering degraded areas. The experiment was set in the Central Experimental Center of the Instituto Agrônomo, in Campinas-SP, on a clayed Oxisol that received sewage sludge in two rates, 10 Mg ha⁻¹ and 20 Mg ha⁻¹, for two years, what was compared to a control treatment, with no added sludge. In order to evaluate soil aggregation, wet sieving method was used, measuring mean weighted diameter in two soil depths - 0,10 m and 0,20 m. The results showed significant difference among treatments with an increment on mean weighted diameter, and organic matter as rates applied increased. Sewage sludge acted as soil conditioner improving soil physical properties.

Key words: soil conditioning; soil physical properties; biosolid.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em 9 de agosto de 2005 e aceito em 12 de janeiro de 2007.

⁽²⁾ Instituto Agrônomo Caixa Postal 28, 13001-970 Campinas (SP). Email: icdmaria@iac.sp.gov.br (*) autora correspondente; dechen@iac.sp.gov.br. (IAC).

⁽³⁾ Pontifícia Universidade Católica de Campinas - Faculdade de Geografia. Bolsista do Programa PIBIC-CNPq/IAC. E-mail: akocssis@terra.com.br.

1. INTRODUÇÃO

Os centros urbanos são importantes produtores de resíduos, muitas vezes acumulados no ambiente sem o adequado tratamento ou utilização que possibilite sua reciclagem. As águas servidas, produzidas em grandes volumes em áreas de alta densidade demográfica, podem constituir o principal agente poluidor do ambiente. O tratamento dessas águas torna-se, portanto, medida essencial para a diminuição da poluição ambiental. Desse tratamento resulta um resíduo sólido denominado lodo de esgoto.

As possibilidades mais usuais para o aproveitamento ou disposição final desse resíduo são, conforme (BETTIOL e CAMARGO, 2000): disposição em aterro sanitário (aterro exclusivo ou em co-disposição com resíduos sólidos urbanos); reutilização industrial (produção de agregado leve, fabricação de tijolos e cerâmica e produção de cimento); incineração exclusiva e co-incineração com resíduos sólidos urbanos; conversão em óleo combustível; disposição oceânica; recuperação de solos (recuperação de áreas degradadas e de mineração) e uso agrícola e florestal.

Em pesquisas realizadas no País, verifica-se que o lodo de esgoto é um produto que revela uma perspectiva animadora, no que diz respeito à sua utilização no solo para a produção de plantas. Para a cultura do milho, SILVA et al. (2000) e GALDOS et al. (2004) comprovaram que o lodo de esgoto possui potencial para substituição dos fertilizantes minerais. Resultados semelhantes foram obtidos por OLIVEIRA et al. (1995) e VEGA et al. (2004) para sorgo e pupunha respectivamente. MELO e MARQUES (2000) demonstraram o fornecimento de nutrientes pelo lodo de esgoto para as culturas de cana-de-açúcar, milho, sorgo e azevém. Existem informações sobre aproveitamento do lodo para arroz, aveia, trigo, pastagens, feijão, soja, girassol, café e pêssego, entre outras culturas (BETTIOL e CAMARGO, 2000). O lodo de esgoto também vem sendo utilizado com sucesso em espécies florestais, em especial no cultivo de eucalipto, conforme relatado por GONÇALVES et al. (2000).

De acordo com BETTIOL e CAMARGO (2000), o uso agrícola do lodo de esgoto como adubo orgânico é considerado hoje alternativa promissora de disposição final desse resíduo. Por ser rico em matéria orgânica e em macro e micronutrientes para as plantas recomenda-se sua aplicação como fertilizante ou como condicionador de solo.

O solo submetido a um manejo inadequado tende a perder a estrutura original, pelo fracionamento dos agregados em unidades menores, com conseqüente redução no volume de macroporos e aumento no volume de microporos e na densidade do

solo, processo que resulta na degradação de suas propriedades físicas.

Assim, a estabilidade dos agregados pode ser utilizada como indicadora da degradação ou da recuperação da qualidade do solo. A estabilidade de agregados caracteriza a resistência que eles oferecem à ruptura causada por agentes externos, ou seja, ação mecânica ou ação hídrica, sendo a agregação do solo de grande importância para produção agrícola, uma vez que está relacionada com a aeração do solo, desenvolvimento radicular, suprimento de nutrientes, resistência mecânica do solo à penetração, retenção e armazenamento de água. Solos com agregados mais estáveis estão menos sujeitos à compactação e à erosão.

Alguns trabalhos têm demonstrado que a aplicação do lodo de esgoto pode resultar em aumento da matéria orgânica do solo e da estabilidade dos agregados do solo. GARCIA-ORENES et al. (2005) observaram aumento de carbono orgânico e da porcentagem de agregados estáveis com aplicação de lodo de esgoto em solos salinos e não salinos. TSADILAS et al. (2005), aplicando de 0 a 50 t ha⁻¹ de lodo, verificaram aumento da matéria orgânica e da estabilidade de agregados, além de melhoria de outras propriedades físicas do solo, influenciando positivamente a produção de algodão.

SOUZA et al. (2005) observaram aumento do diâmetro médio dos agregados com aplicação de aproximadamente 50 t ha⁻¹ de lodo de esgoto em cinco anos e em latossolos de textura média e textura argilosa. LINDSAY e LOGAN (1998), aplicando taxas entre 0 e 300 t ha⁻¹ de lodo de esgoto no solo, verificaram aumento do diâmetro médio dos agregados, porém com máximo efeito na dose 60 t ha⁻¹.

SORT e ALCANIZ (1999), em um ensaio de recuperação de área degradada, constataram que o principal efeito do lodo de esgoto foi o aumento da estabilidade de agregados ao impacto de gotas de chuva logo após a aplicação do lodo. Entretanto, após um ano esse efeito havia decrescido substancialmente. Assim como esses autores não obtiveram efeito duradouro da aplicação do lodo de esgoto, outros não observaram efeito do lodo na matéria orgânica e na agregação. ANDRADE et al. (2005), cinco anos após a aplicação de lodo de esgoto alcalino (com carbonatos) em superfície na entrelinha de eucalipto, não notaram diferença no estoque de carbono entre os tratamentos controle com doses de lodo variando de 10 a 40 t ha⁻¹. BARBOSA et al. (2004) não observaram diferença significativa na agregação do solo com aplicação de lodo de esgoto tratado com cal por dois anos em doses de 0 a 36 t ha⁻¹. Nesse trabalho, observou-se ainda, repelência à água na superfície nas doses mais elevadas.

Considerando a hipótese de que a incorporação de lodo de esgoto tratado com polieletrólitos seria capaz de aumentar a matéria orgânica e a estabilidade dos agregados do solo, até 0,20 m, após duas aplicações em dois anos consecutivos, objetivou-se com este trabalho avaliar a aplicação do lodo de esgoto sobre a agregação e seu efeito como condicionador do solo, visando a sua utilização na recuperação de área submetida à degradação por erosão hídrica por oito anos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no Centro Experimental Central do Instituto Agrônomo, em Campinas (SP), coordenadas 22°9' de latitude Sul e 41°1' de longitude Oeste. O solo é um Latossolo Vermelho Eutroférrico textura argilosa (EMBRAPA, 1999), submetido à erosão hídrica por chuva natural,

pelo período de oito anos, em experimento sobre o efeito da erosão na produtividade e mantido por mais três anos, com cultivo de milho (TENGBERG et al., 1997). Na tabela 1, observa-se o valor médio de alguns atributos do solo no início do experimento, em novembro de 2001.

O experimento consistiu na aplicação de lodo de esgoto, em 2001 e 2002, oriundo da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), de Jundiá (SP), em duas doses, 10 Mg ha⁻¹ e 20 Mg ha⁻¹ para comparação com uma testemunha, sem aplicação do lodo. O processo de tratamento de esgoto do qual resulta o lodo de esgoto é composto por lagoas aeradas de mistura completa, seguida de lagoas de decantação, deságüe por centrífugas, adição de polieletrólitos e condicionamento físico por 60 a 90 dias, com revolvimento mecânico em um pátio coberto. Os valores médios da composição do lodo aplicado nos dois anos de ensaio são apresentados na tabela 2.

Tabela 1. Valores médios de alguns atributos do solo na profundidade 0-0,20 m, antes do início do experimento, em novembro de 2001

Areia	Silte	Argila	T	K	Ca	Mg	MO	P	V	pH
	g kg ⁻¹		mmol _c dm ⁻³				g dm ⁻³	mg dm ⁻³	%	(CaCl ₂)
287	132	581	61,3	2,4	11	3	18	20	28	4,6

T=capacidade de troca catiônica; K=potássio; Ca=cálcio; Mg=magnésio; MO=Matéria orgânica; P=fósforo; V=saturação por bases.

As doses de lodo foram definidas em função da análise química do lodo e da necessidade de nitrogênio da cultura (CETESB, 1999), sendo uma a dose recomendada e a outra o seu dobro. Realizou-se primeira aplicação em 18/12/2001 nas doses de 10,8 e 21,6 Mg de massa seca de lodo por hectare. A segunda aplicação foi efetuada em 18/11/2002. O cálculo da dose a ser aplicada no segundo ano incluiu a taxa de 10% de decaimento do lodo aplicado no primeiro ano; as doses no segundo ano foram 10,2 e 20,5 Mg de massa seca de lodo por hectare. O lodo foi incorporado ao solo com enxadão à profundidade de 0,10 m.

O experimento foi instalado em 12 parcelas com área útil de 100 m² (4 x 25 m) em declive uniforme de 10%, com divisórias de alvenaria e coletores de sedimento e enxurrada, e cultivado com milho no verão. Os plantios foram feitos em 19 de dezembro de 2001 e em 19 de novembro de 2002, ficando o solo em pousio no outono/inverno. O tratamento sem aplicação de lodo recebeu adubação mineral NPK, de acordo com as exigências da cultura, sendo 4,8 kg ha⁻¹ N, 21 kg ha⁻¹ P e 14,5 kg ha⁻¹ K no plantio e 165 kg ha⁻¹ de uréia, em cobertura. Os tratamentos com lodo receberam apenas adubação com potássio, na mesma quantidade aplicada na dose 0 Mg ha⁻¹, 14,5 kg ha⁻¹,

no plantio. Maiores detalhes sobre o experimento podem ser obtidos em GALDOS (2003).

Para a avaliação da agregação, coletaram-se amostras nas profundidades de 0-0,10 m e 0,10-0,20 m em julho de 2003, portanto, após duas aplicações dos tratamentos, em um delineamento experimental em faixas constituído de três tratamentos, três subparcelas (posição na vertente - superior, médio e inferior) e quatro repetições. As amostras foram submetidas ao peneiramento em água pelo método descrito por KEMPER e CHEPIL (1965): inicialmente, com as amostras secas ao ar, realizou-se um peneiramento a seco para a separação dos agregados de diâmetro entre 9,52 mm e 4,00 mm em agitador mecânico, pelo tempo de dez minutos, na rotação máxima do aparelho. Da fração retida na peneira de 4,00 mm, separaram-se 50 g de agregados, quantidade que foi umedecida com água e, após 10 minutos, peneirada em agitador mecânico em recipientes com água, utilizando-se um jogo de peneiras com malhas de abertura de 7,93 mm, 6,35 mm, 4,00 mm, 2,00 mm, 1,00 mm e 0,5 mm. A fração de agregados retida em cada peneira foi colocada em copos de alumínio e levada à estufa à temperatura de 105-110 °C. Após 48 horas, em média, ou até obtenção de massa constante, as amostras foram pesadas e os resultados corrigidos em função da umidade inicial da amostra.

Tabela 2. Composição média do lodo de esgoto utilizado nos dois anos do experimento e valores de concentração máxima permitida (CMP) pela legislação

Parâmetro	Unidade (¹)	Ano		CMP (²)
		2001	2002	
Fósforo	g kg ⁻¹	6,6	7,2	-
Potássio	g kg ⁻¹	1,5	1,0	-
Sódio	g kg ⁻¹	0,9	1,7	-
Cromo total	mg kg ⁻¹	149,3	188,5	-
Arsênio	mg kg ⁻¹	<0,1	<0,01	75
Cádmio	mg kg ⁻¹	5,8	6,6	85
Chumbo	mg kg ⁻¹	283,1	206,6	840
Cobre	mg kg ⁻¹	284,1	864,8	4300
Mercúrio	mg kg ⁻¹	<0,1	<0,01	57
Molibdênio	mg kg ⁻¹	<0,1	<0,01	75
Níquel	mg kg ⁻¹	41,8	35,5	420
Selênio	mg kg ⁻¹	<0,1	<0,01	100
Zinco	mg kg ⁻¹	1364,8	1738,1	7500
Boro	mg kg ⁻¹	12,3	11,7	-
Carbono orgânico	g kg ⁻¹	325,4	298,5	-
pH	-	6,6	5,5	-
Umidade	%	68,2	65,7	-
Sólidos Voláteis	%	54,8	57,3	-
Nitrogênio Kjeldahl	g kg ⁻¹	28,3	27,0	-
Nitrogênio amoniacal (³)	mg kg ⁻¹ (²)	577,4	438,2	-
Nitrogênio nitrato/nitrito (³)	mg kg ⁻¹ (²)	37,2	138,7	-
Enxofre	g kg ⁻¹	26,1	26,8	-
Manganês	mg kg ⁻¹	676,8	693,3	-
Ferro	mg kg ⁻¹	26,0	24,1	-
Magnésio	g kg ⁻¹	2,1	1,7	-
Alumínio	mg kg ⁻¹	16,4	18,8	-
Cálcio	g kg ⁻¹	12,3	9,8	-

(¹) Os valores de concentração são dados com base na matéria seca. (²) Os valores de concentração para o nitrogênio nas formas amoniacal e nitrato foram determinados na amostra nas condições originais. (³) CMP: Concentração Máxima Permitida. P4230 (CETESB, 1999).

Com a massa das frações retidas em cada peneira calcularam-se o diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP) e o diâmetro médio geométrico (DMG) para expressar o índice de estabilidade dos agregados, utilizando-se as seguintes equações (KEMPER e CHEPIL, 1965):

$DMP = \sum_{i=1}^6 (xi * wi)$, em que wi é a proporção de cada classe em relação ao total e xi é o diâmetro médio das classes de agregados (mm)

$DMG = \exp \left[\frac{\sum_{i=1}^6 wi \log xi}{\sum_{i=1}^6 wi} \right]$, em que wi é a proporção de cada classe em relação ao total e xi é a massa média dos agregados.

Determinaram-se também a argila dispersa em água pelo método da pipeta, conforme CAMARGO et al. (1986), e a matéria orgânica do solo pelo método colorimétrico do dicromato de sódio, de acordo com RAIJ et al. (2001).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise do estado de agregação do solo, avaliada pelos índices diâmetro médio ponderado (DMP) e diâmetro médio geométrico (DMG) e pela quantidade de agregados por classe, permitiu identificar diferenças entre os tratamentos. Houve aumento dos DMP e DMG, maior peso de agregados nas classes de diâmetro maiores e, conseqüentemente,

maior estabilidade dos agregados em função do aumento da dose de lodo nas duas profundidades estudadas (Tabela 3).

A massa dos agregados retidos na classe 9,52-6,35 mm foi significativamente maior na dose 20 t ha⁻¹, na profundidade 0-0,10 m. Na classe 6,35-2,00 mm não houve diferença significativa entre os tratamentos nas duas profundidades e na classe <2 mm, houve

diferença entre a dose 20 t ha⁻¹ e o tratamento sem aplicação de lodo.

O índice de agregação do solo DMG tem sido considerado mais adequado para diferenciar tratamentos em relação ao DMP, por ser uma equação exponencial. Embora diferentes, neste trabalho não se notou distinção na utilização de ambos.

Tabela 3. Valores médios dos índices diâmetro médio ponderado (DMP) e diâmetro médio geométrico (DMG) e a quantidade de agregados por classe de diâmetro, nas profundidades 0-0,10 e 0,10-0,20 m, de acordo com as doses de lodo empregadas

Tratamentos	Classe de agregados			DMP mm	DMG mm
	9,52-6,35 mm	6,35-2,00 mm	<2,00		
	0-0,10 m				
0	0,020 b	0,355 a	0,624 a	1,921 b	1,151 b
10 t ha ⁻¹	0,040 b	0,364 a	0,596 ab	2,066 b	1,214 ab
20 t ha ⁻¹	0,890 a	0,375 a	0,536 b	2,482 a	1,402 a
	0,10-0,20 m				
0	0,028 a	0,332 a	0,639 a	1,926 a	1,167 a
10 t ha ⁻¹	0,026 a	0,342 a	0,631 a	1,942 a	1,171 a
20 t ha ⁻¹	0,044 a	0,328 a	0,628 a	2,009 a	1,201 a

Médias de tratamentos, em cada profundidade, seguidas pela mesma letra não diferem significativamente (P<1), pelo teste de Duncan.

Os valores do índice DMP em função das doses de lodo empregadas são apresentados na figura 1. O DMP foi semelhante nas profundidades 0-0,10 m e 0,10-0,20 m no tratamento sem aplicação de lodo. Com o aumento da dose aplicada, os valores de DMP na camada mais superficial aumentaram linearmente ($y = 0,028x + 1,8759$, $r^2 = 0,6108$, modelo de regressão significativo a 5% pelo teste F e coeficiente b significativamente diferente de 0 pelo teste t a 5%). Na camada 0,10-0,20 m, a regressão não foi significativa e, portanto, não houve efeito das doses. O aumento dos valores de DMP na camada 0-0,10 m indica o efeito do lodo incorporado nessa profundidade sobre a estabilidade dos agregados, corroborando resultados de TSADILAS et al. (2005), SOUZA et al. (2005) e JORGE et al. (1991). Estes últimos observaram que a adição de lodo de esgoto em um Latossolo Vermelho-Escuro resultou em aumento no índice de agregação do solo, trabalhando, porém, com doses bem mais elevadas (40 e 80 Mg ha⁻¹).

Dentre as variáveis que afetam a estrutura dos solos, a matéria orgânica pode ser o fator mais importante na formação e estabilidade dos agregados, em decorrência de sua estrutura complexa e longas cadeias de carbono, que agregam partículas minerais (TISDALL e OADES, 1982). A importância da matéria

orgânica e da comunidade microbiana na agregação de solos tropicais foi demonstrada por DUFRANC et al. (2004) em latossolo argiloso e de textura média sob semeadura direta.

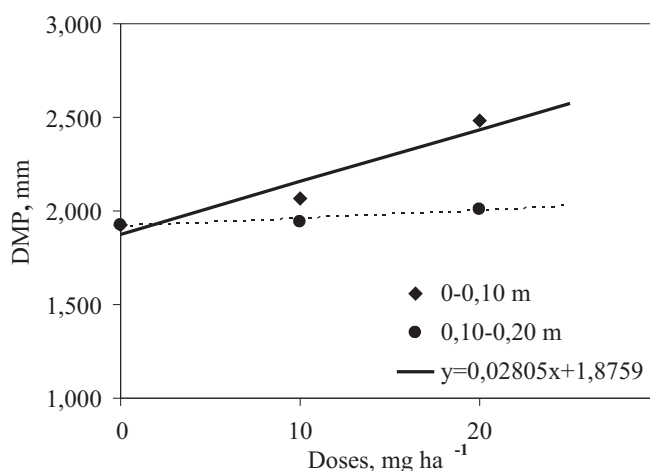


Figura 1. Valores do índice diâmetro médio ponderado (DMP), em função das doses de lodo empregadas nas profundidades 0-0,10 e 0,10-0,20 m.

Na tabela 4, observa-se o aumento no teor de matéria orgânica no solo com as doses de lodo na camada mais superficial (0-0,10 m). MELO et al. (2004) mostraram, também, que a aplicação de lodo de esgoto aumenta o conteúdo de matéria orgânica em solos de textura média e argilosa, mas apenas na camada de 0-0,10 m.

Sabe-se que o aumento do teor de matéria orgânica, especialmente nos solos tropicais, é importante para a retenção de nutrientes e manutenção de propriedades físicas adequadas. Entre os efeitos da matéria orgânica pode estar a redução do teor de argila dispersa em água. Não se observou, porém, diferença entre os tratamentos, como indicado na tabela 4.

Tabela 4. Teores médios de matéria orgânica (MO) e de argila dispersa em água (ADA) no solo, nas profundidades 0-0,10 m e 0,10-0,20 m, em função das doses de lodo empregadas

Tratamentos	MO, g dm ⁻³		ADA, g kg ⁻¹	
	0-0,10m	0,10-0,20m	0-0,10m	0,10-0,20m
0	23,75 c	22,00 a	391 a	378 a
10 t ha ⁻¹	26,92 b	22,67 a	415 a	393 a
20 t ha ⁻¹	29,46 a	22,50 a	409 a	349 a

Médias de tratamentos, em cada profundidade, seguidas pela mesma letra não diferem significativamente ($P < 1$), pelo teste de Duncan.

Por outro lado, o efeito da matéria orgânica na agregação do solo pode ser observado pela relação entre o teor de matéria orgânica no solo (MO) e o diâmetro médio ponderado (DMP). A relação entre MO e DMP foi linear ($y = 0,0657x + 0,445$, $r^2 = 0,468$, regressão significativa a 1% pelo teste F), considerando-se as duas profundidades. Na profundidade 0-0,10 m, a relação entre as duas variáveis apresentou a seguinte equação: $y = 0,0903x - 0,256$, $r^2 = 0,516$, significativa a 1% pelo teste F. Na profundidade 0,10-0,20 m, a equação de regressão ($y = 0,0594x + 0,632$, $r^2 = 0,328$) não foi significativa a 5%.

As aplicações do lodo determinaram aumento do teor de matéria orgânica na superfície do solo, contribuindo para a formação de agregados estáveis de maior tamanho. Esse efeito melhora a estabilidade da estrutura do solo, resultando em maior resistência à erosão e maior capacidade de retenção de umidade. LINDSAY e LOGAN (1998) verificaram que as diferenças nas propriedades físicas do solo, em função da aplicação de lodo de esgoto, entre elas a agregação do solo, devem-se ao efeito da matéria orgânica aplicada e ao fato de que esses efeitos persistiram por quatro anos, pelo menos. Os dados concordam, também, com os obtidos por GARCIA-ORENES et al. (2005) e TSADILAS et al. (2005). Porém, como afirmam MELO et al. (2004), os efeitos do lodo de esgoto nos atributos físicos do solo dependem do tipo de solo e da quantidade aplicada. ANDRADE et al. (2005) e BARBOSA et al. (2004) não obtiveram resultados concordantes; possivelmente esteja relacionado com o tipo de tratamento do lodo utilizado e com o período de tempo após a aplicação do lodo.

A estabilidade dos agregados, medida pelo diâmetro médio ponderado, demonstra a resistência do solo à erosão, como comprovaram ALBUQUERQUE et al. (2000). Dessa forma, a aplicação de lodo de esgoto, nas doses de 10 e 20 Mg ha⁻¹, em solo degradado após ser submetido à degradação hídrica, resultou em aumento do teor de matéria orgânica no solo e do diâmetro médio ponderado dos agregados e, provavelmente, em melhores condições físicas do solo e maior resistência à erosão. Presume-se que o lodo de esgoto pode ser utilizado como condicionador do solo na recuperação de áreas desgastadas por manejo inadequado ou, até mesmo, na recuperação de áreas degradadas, em conformidade com GARCIA-ORENES et al. (2005).

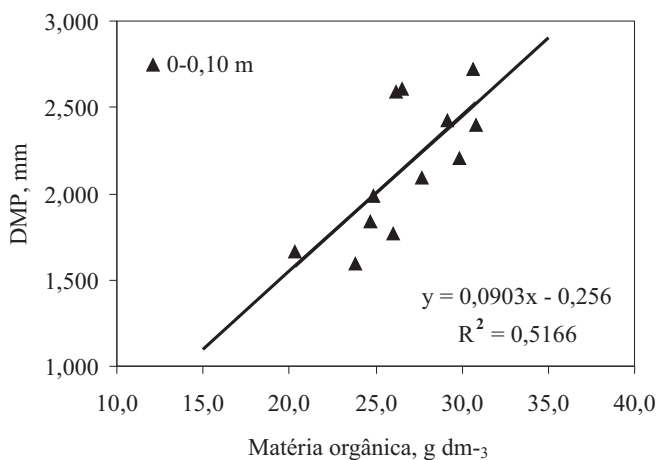


Figura 2. Correlação entre os valores médios de matéria orgânica do solo e o índice diâmetro médio ponderado (DMP), na profundidade 0-0,10 m, nas parcelas experimentais com e sem aplicação de lodo de esgoto.

4. CONCLUSÃO

O lodo de esgoto tratado com polieletrólitos incorporado ao solo nas doses de 10 e 20 t ha⁻¹ proporcionou o aumento do teor de matéria orgânica e a estabilidade dos agregados do solo na camada 0-0,10 m após duas aplicações anuais consecutivas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Empresa Opersan pelo fornecimento do lodo de esgoto utilizado neste estudo.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, J.A.; CASSOL, E.A.; REINERT, D.J. Relação entre a erodibilidade em entressulcos e estabilidade dos agregados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.24, n.1, p.141-151, 2000.
- ANDRADE, C.A., OLIVEIRA, C.; CERRI, C.C. Qualidade da matéria orgânica e estoques de carbono e nitrogênio em Latossolo tratado com biossólido e cultivado com eucalipto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.29, n.5, p.803-816, 2005.
- BARBOSA, G.M.C., TAVARES FILHO, J.; FONSECA, I.C.B. Condutividade hidráulica saturada e não saturada de Latossolo Vermelho eutroférrico tratado com lodo de esgoto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.28, n.2, p.403-407, 2004.
- BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. (Ed.). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 312p.
- CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas**. Campinas: Instituto Agronômico, 1986. (Boletim Técnico, 106)
- DUFRANC, G.; DECHEN, S.C.F.; FREITAS, S.S.; CAMARGO, O.A. Atributos físicos, químicos e biológicos relacionados com a estabilidade de agregados de dois latossolos em plantio direto no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.28, n.3, p.505-517, 2004.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.
- GALDOS, M.V. **Perdas de fósforo e metais pesados por enxurrada em solo com aplicação do lodo de esgoto e cultivado com milho**. 2003. 57f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Agroambientais) - Instituto Agronômico - IAC, Campinas, 2003.
- GALDOS, M.V.; DE MARIA, I.C.; CAMARGO, O.A. Atributos químicos e produção de milho em um latossolo vermelho eutroférrico tratado com lodo de esgoto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.28, n.3, p.569-577, 2004.
- GARCIA-ORENES F.; GUERRERO, C.; MATAIX-SOLERA J.; NAVARRO-PEDRENO J.; GOMEZ I, MATAIX-BENEYTO, J. Factors controlling the aggregate stability and bulk density in two different degraded soils amended with biosolids. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v.82, n.1, p.65-76, 2005.
- GONÇALVES, J.L.M.; VAZ, L.M.S.; AMARAL, T.M.; POGGIANI, F. Aplicabilidade de biossólido em plantações florestais : II. Efeito na fertilidade do solo, nutrição e crescimento de árvores. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. (Ed.). **Impacto Ambiental do Uso Agrícola do Lodo de Esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p.163-178.
- JORGE, J.A.; CAMARGO, O.A.; VALADARES, J.M.A.S. Condições físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro quatro anos após aplicação de lodo de esgoto e calcário. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.15, n.3, p.237-240, 1991.
- KEMPER, W.D.; CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ESMINGER, L.E.; CLARK, F.E. (Eds.) **Methods of soil analysis - Physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p.499-510. (Agronomy Series, 9)
- LINDSAY, B.J.; LOGAN, T.J. Field response of soil physical properties to sewage sludge. *Journal of Environmental Quality*, Madison, v.27, n.3, p.534-542, 1998.
- MELO, V.P., BEUTLER, A.N. SOUZA, Z.M.; CENTURION, J.F.; MELO, W.J. Atributos físicos de Latossolos adubados durante cinco anos com biossólido. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.39, n.1, p.67-72, 2004.
- MELO, W.J.; MARQUES, M.O. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. (Ed.). **Impacto Ambiental do Uso Agrícola do Lodo de Esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p.109-141.
- OLIVEIRA, F.C.; MARQUES, M.O.; BELLINGIERI, P.A.; PERECIN, D. Lodo de esgoto como fonte de macronutrientes para a cultura do sorgo granífero. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.52, n.2, p.360-367, 1995.
- RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Ed.) **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 285p.
- SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S.; SHARMA, R.D. Alternativa Agronômica para o Biossólido: a experiência de Brasília. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (Eds.). **Impacto Ambiental do Uso Agrícola do Lodo de Esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000, p.143-152.
- SORT, X., ALCANIZ, J.M. Effects of sewage sludge amendment on soil aggregation. *Land Degradation & Development*, Oxford, v.10, n.1, p.3-12, 1999.
- SOUZA, Z. M.; BEUTLER, A.N.; MELO, V.P.; MELO, W.J. Estabilidade de agregados e resistência à penetração em Latossolos adubados por cinco anos com biossólido. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.29, n.1, p.117-123, 2005.

TENGBERG, A; STOCKING, M.A. DECHEN, S.C.F. The impact of erosion on soil productivity - an experimental design applied in São Paulo State, Brazil. **Geografiska Annaler**, Estocolomo, v.79, p.95-107, 1997.

TISDALL, J.M.; OADES, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soil. **European Journal of Soil Science**, London, v.3, n.2, p.141-163, 1982.

TSADILAS, C.D.; MITSIOS, I.K.; GOLIA, E. Influence of biosolids application on some soil physical properties **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Oslo, v.36, n.4-6, p.709-716, 2005.

VEGA, F.V.A.; BOVI, M.L.A.; BERTON, R.S.; GODOY JUNIOR, G.; CEMBRANELLI, M.A.R. Aplicação de biossólido na implantação da cultura da pupunheira. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.1, p.131-135, 2004.