

GRAU DE FLOCULAÇÃO E CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DE UM SOLO TRATADO COM LODO DE ESGOTO E VINHAÇA

Fábio CAMILOTTI¹
Itamar ANDRIOLI²
Marcos O. MARQUES³
Luiz Carlos TASSO JUNIOR⁴
Alysson R. da SILVA⁵

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar se aplicação anual de lodo de esgoto e vinhaça causaria alteração em alguns atributos físicos de um Latossolo Vermelho argiloso. O experimento foi conduzido em blocos com três repetições. Os tratamentos foram: (i) dose de lodo de esgoto para suprir 100% do N exigido; (ii) dose de lodo de esgoto para suprir 200% do N; (iii) dose de vinhaça para suprir 100% do K; (iv) dose de vinhaça para suprir 200% do K; (v) combinação dos tratamentos (i) e (iii); (vi) combinação dos tratamentos (ii) e (iv); (vii) adubação mineral. Os somatórios das doses dos resíduos foram de 39 e 51 t ha⁻¹ de lodo de esgoto e de 532 e 1064 m³ ha⁻¹ de vinhaça até o 3^o e 4^o cortes. Amostras de solo foram retiradas nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 e 40-50 cm de profundidade, após as colheitas do 3^o e 4^o cortes. Nessas amostras foram determinados o teor de matéria orgânica e o grau de floculação. Nesta época, também, foi avaliada a condutividade hidráulica. Concluiu-se que as aplicações de lodo de esgoto e vinhaça não causaram alterações na matéria orgânica, grau de floculação e condutividade hidráulica.

Palavras-chave: Resíduos orgânicos. Propriedades físicas. *Saccharum*.

Introdução

Principal efluente das destilarias de álcool, a vinhaça é um resíduo rico em potássio (Freire e Cortez, 2000). Como meio de destinação, a vinhaça vem sendo usada como fonte de K para cana-de-açúcar. Os tratamentos de esgotos urbanos produzem um resíduo rico em matéria orgânica, chamado de lodo de esgoto (Melo et al., 2004) e pesquisas recentes demonstram que o lodo de esgoto pode ser empregado como fonte de N para a cultura. Franco (2003) e Camilotti et al. (2006) constataram que esses resíduos foram tão eficientes quanto às fontes minerais (uréia e KCl) na produção de colmos e qualidade da matéria-prima para a agroindústria canavieira. Os benefícios do uso do lodo de esgoto e da vinhaça como fontes de nutrientes e matéria orgânica proporcionam alterações ao solo. Com incremento do teor de matéria orgânica, a agregação do solo aumenta e como consequência seus atributos físicos podem ser alterados (Kiehl, 1979 e Dominy et al., 2002). Por outro lado o manejo pode prejudicar as propriedades físicas, aumentando a eluviação de argila para as camadas inferiores (Prado & Centurion, 2001). Pesquisas demonstram que aplicação de lodo de esgoto resulta em aumento da condutividade hidráulica (Barbosa et al., 2002 e Marciano et al., 2001). Por outro lado, em relação à vinhaça, Lobato et al. (1998) verificaram diminuição da condutividade

¹ Eng. Agro. Dr. Professor Assistente (FATEC-JB). camilotti@bol.com.br

² Eng. Agro. Dr. Professor Adjunto (FCAV-UNESP). itamar@fcav.unesp.br

³ Eng. Agro. Dr. Professor Adjunto (FCAV-UNESP). omir@fcav.unesp.br

⁴ Eng. Agro. Dr. Pós-Doutorando. lctasso@yahoo.com.br

⁵ Eng. Agro. Dr. Assessor Agrônomo. alysson.silva@bunge.com

hidráulica com aplicações a partir de $800 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ utilizando amostras de um Latossolo Roxo (36% de argila). Entretanto aplicações sucessivas de vinhaça por um longo período podem aumentar o teor de matéria orgânica (Canellas et al., 2003) e com isso melhorar a condição física do solo (Tisdall e Oades, 1982; Bayer e Mielniczuk, 1999). Desta forma, aplicações de lodo de esgoto e vinhaça podem melhorar as condições físicas de solos, que estão sujeitos a desagregação, provocada por determinados implementos, e compactação, causada pela pressão exercida por máquinas que trafegam na área (Camilotti et al., 2005). A intensidade desses dois processos que degradam fisicamente o solo está intimamente ligada com o grau de mecanização da lavoura associado ao sistema de produção adotado.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar se aplicação anual de lodo de esgoto e vinhaça, resíduos empregados com o objetivo de fornecer de N e K para cana-de-açúcar, causaria alteração em alguns atributos físicos de um Latossolo Vermelho distroférico argiloso após as colheitas do 3º e 4º cortes da cultura.

Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido em área da Destilaria Santa Inês Ltda, município de Pontal, SP. O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico argiloso.

O plantio da cana-de-açúcar (variedade SP81-3250) ocorreu em abril de 2000. Anteriormente, a área estava sendo cultivada com cana-de-açúcar e milho para silagem, na reforma do canavial. O preparo de solo da respectiva área foi realizada com gradagem pesada, aração de aivecas e uma gradagem de nivelamento.

O experimento constou de sete tratamentos com três repetições distribuídas em delineamento estatístico de blocos ao acaso (DBC). A área total de cada unidade experimental (parcela) foi de 75 m^2 (5 linhas de cana-de-açúcar, cada uma com comprimento de 10 m, e espaçamento entrelinhas de 1,5 m). Os tratamentos consistiram em duas doses de lodo de esgoto e duas doses de vinhaça, sendo os resíduos aplicados separadamente ou em conjunto (Tabela 1). O lodo de esgoto foi aplicado anualmente para fornecer 100% ou 200% de todo N requerido pela cana-de-açúcar, conforme recomendação de Spironello et al. (1997), ou seja, 100 ou 200 kg ha^{-1} de N, respectivamente. Da mesma forma, a vinhaça foi aplicada anualmente para fornecer 100% ou 200% de todo K requerido pela cana-de-açúcar, conforme recomendação de Spironello et al. (1997), ou seja, 130 ou 260 kg ha^{-1} de K_2O , respectivamente.

Tratamento	Tabela 1. Doses acumuladas de lodo de esgoto (base seca) e vinhaça até o 3º e 4º cortes da cana-de-açúcar em função dos tratamentos.			
	Até o 3º corte		Até o 4º corte	
	Lodo de esgoto t ha^{-1}	Vinhaça $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$	Lodo de esgoto t ha^{-1}	Vinhaça $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$
Le 1 ⁽¹⁾	19,5		25,5	
Le 2 ⁽²⁾	39		51	
V 1 ⁽³⁾		379		532
V 2 ⁽⁴⁾		758		1064
Le 1 ⁽¹⁾ + V 1 ⁽³⁾	19,5	379	25,5	532
Le 2 ⁽²⁾ + V 2 ⁽⁴⁾	39	758	51	1064
Adubação mineral	-	-	-	-

⁽¹⁾ Le 1: somatório das doses de lodo de esgoto aplicadas anualmente para fornecer 100% do N requerido pela cultura. ⁽²⁾ Le 2: somatório das doses de lodo de esgoto aplicadas para fornecer

CAMILOTTI, F. et al. Grau de floculação e condutividade hidráulica de um solo tratado com lodo de esgoto e vinhaça.

200% do N. ⁽³⁾ V 1: somatório das doses de vinhaça aplicadas para fornecer 100% do K. ⁽⁴⁾ V 2: somatório das doses de vinhaça aplicadas para fornecer 200% do K.

O lodo de esgoto, obtido na Estação de Tratamento de Esgoto da Sabesp de Franca, SP, e a vinhaça, obtida na Destilaria Santa Inês, apresentaram teores médios de carbono orgânico de 115 g kg⁻¹ e de 2,3 kg m⁻³, respectivamente. Nos tratamentos com um só tipo de resíduo orgânico, quando se usou lodo de esgoto como fonte de N, o K foi suplementado com KCl, enquanto que, quando se usou vinhaça como fonte de K, o N foi suplementado com uréia. Nos tratamentos com os dois resíduos, uréia e KCl não foram empregados. Na testemunha, todo N e todo K requeridos pela cana-de-açúcar foram fornecidos com uréia e KCl, respectivamente. Os resíduos orgânicos foram aplicados em área total no plantio e após cada colheita da cultura. As soqueiras foram cultivadas com cultivador de uma haste com ponteiras aletadas (30 cm de profundidade). A cultura foi mantida no limpo por meio de aplicações de herbicida (hexazinona + diuron). A colheita da cultura foi realizada através de corte manual e carregamento semi-mecanizado, portanto houve tráfego de máquinas nas parcelas experimentais (Trator Valmet 885S acoplada com carregadeira Motocana).

Amostras de solo foram retiradas do meio das entrelinhas, nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 e 40-50 cm de profundidade, com trado, após as colheitas do 3^o e 4^o cortes e antes da reaplicação dos resíduos. Estas amostras foram usadas para determinação do teor de matéria orgânica (Raij et al., 2001) e para a determinação do grau de floculação (Embrapa, 1997).

A condutividade hidráulica do solo foi avaliada no campo pela taxa constante de infiltração de água a 20 cm de profundidade no meio da entrelinha da cultura com duas cargas hidráulicas 3 e 6 cm de coluna d'água, utilizando permeâmetro de Gueph (Reynolds et al., 1992).

As análises de variância dos atributos avaliados foram feitas para cada profundidade.

Resultados e Discussão

A análise de variância efetuada para cada profundidade revelou que os atributos do solo, avaliados após as colheitas da cana-de-açúcar de 3^o e 4^o cortes, não foram afetados pela aplicação cumulativa de lodo de esgoto e/ou vinhaça desde o plantio da cultura (Tabela 2 e Figura 1).

CAMILOTTI, F. et al. Grau de floculação e condutividade hidráulica de um solo tratado com lodo de esgoto e vinhaça.

TABELA 3. Valores médios de matéria orgânica (MO), e grau de floculação (GF) para diferentes profundidades, na avaliação após as colheitas do 3^o e 4^o cortes da cana-de-açúcar.

	3 ^o corte*		4 ^o corte**	
	M.O. ^{NS(5)} g dm ⁻³	GF ^{NS(5)} kg kg ⁻¹	M.O. ^{NS(5)} g dm ⁻³	GF ^{NS(5)} kg kg ⁻¹
0-10 cm				
Le 1 ⁽¹⁾	21	44,37	22	44,37
Le 2 ⁽²⁾	24	46,68	25	46,68
V 1 ⁽³⁾	23	45,87	23	45,87
V 2 ⁽⁴⁾	22	50,00	22	50,00
Le 1 ⁽¹⁾ + V 1 ⁽³⁾	24	42,75	22	42,75
Le 2 ⁽²⁾ + V 2 ⁽⁴⁾	23	49,03	22	49,03
Adubação Mineral ⁽⁵⁾	23	40,88	22	40,88
10-20 cm				
Le 1 ⁽¹⁾	23	35,00	24	35,00
Le 2 ⁽²⁾	23	32,17	24	32,17
V 1 ⁽³⁾	23	38,00	21	38,00
V 2 ⁽⁴⁾	24	36,82	21	36,82
Le 1 ⁽¹⁾ + V 1 ⁽³⁾	24	36,57	22	36,57
Le 2 ⁽²⁾ + V 2 ⁽⁴⁾	24	35,35	21	35,35
Adubação Mineral ⁽⁵⁾	23	36,62	21	36,62
20-30 cm				
Le 1 ⁽¹⁾	23	33,69	23	33,69
Le 2 ⁽²⁾	22	32,46	22	32,46
V 1 ⁽³⁾	21	32,85	21	32,84
V 2 ⁽⁴⁾	21	34,18	21	34,18
Le 1 ⁽¹⁾ + V 1 ⁽³⁾	21	29,79	21	29,79
Le 2 ⁽²⁾ + V 2 ⁽⁴⁾	22	30,51	22	30,51
Adubação Mineral ⁽⁵⁾	22	31,78	22	31,78
30-40 cm				
Le 1 ⁽¹⁾	18	28,36	18	28,36
Le 2 ⁽²⁾	19	30,37	19	30,37
V 1 ⁽³⁾	18	31,37	18	31,37
V 2 ⁽⁴⁾	19	30,74	19	30,74
Le 1 ⁽¹⁾ + V 1 ⁽³⁾	18	27,51	18	27,03
Le 2 ⁽²⁾ + V 2 ⁽⁴⁾	18	29,65	18	30,13
Adubação Mineral ⁽⁵⁾	18	30,35	18	30,35
40-50 cm				
Le 1 ⁽¹⁾	17	28,60	17	28,60
Le 2 ⁽²⁾	18	30,19	17	30,19
V 1 ⁽³⁾	17	30,78	16	30,78
V 2 ⁽⁴⁾	18	29,94	16	29,94
Le 1 ⁽¹⁾ + V 1 ⁽³⁾	17	27,80	15	27,80
Le 2 ⁽²⁾ + V 2 ⁽⁴⁾	17	29,73	17	29,73
Adubação Mineral ⁽⁵⁾	17	29,95	15	29,95

*3^o corte ⁽¹⁾ Le: lodo de esgoto (19,5 t ha⁻¹). ⁽²⁾ Le: lodo de esgoto (39 t ha⁻¹). ⁽³⁾ V: vinhaça (379 m³ ha⁻¹). ⁽⁴⁾ V: vinhaça (758 m³ ha⁻¹). ⁽⁵⁾ NS: não-significativo ($P > 0,05$).

4^o corte ** ⁽¹⁾ Le: lodo de esgoto (25,5 t ha⁻¹). ⁽²⁾ Le: lodo de esgoto (51 t ha⁻¹). ⁽³⁾ V: vinhaça (532 m³ ha⁻¹). ⁽⁴⁾ V: vinhaça (1064 m³ ha⁻¹). ⁽⁵⁾ NS: não-significativo ($P > 0,05$).

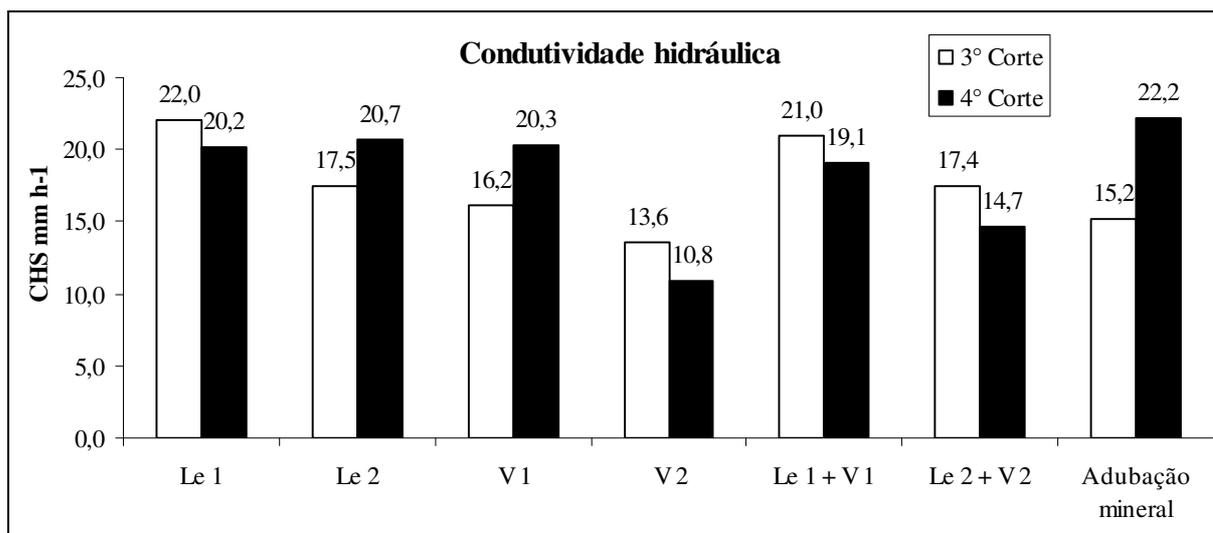


Figura 1: Condutividade hidráulica do solo para os tratamentos testados [$P > 0,05$ (CV = 53,00 e 64,06 para o 3° e 4° corte respectivamente)].

Conclusão

Os atributos físicos do solo (matéria orgânica, grau de floculação e condutividade hidráulica) não foram alterados pela aplicação de lodo de esgoto e/ou vinhaça com o objetivo de fornecer N e K para a nutrição da cana-de-açúcar.

Abstract

The objective of this research was to evaluate the effect of sewage sludge and vinasse, would cause alteration on some physical attributes of clayey Haplustox. The experiment was carried out in a complete randomized block design with three replications. The treatments were: (i) rate of sewage sludge to supply 100% of the N required; (ii) dose rate of sewage sludge to supply 200% of the N; (iii) rate of vinasse to supply 100% of the K; (iv) rate of vinasse to supply 200% of the K; (v) combination of the treatments (i) and (iii); (vi) combination of the treatments (ii) e (iv); (vii) control (mineral fertilization). Sums of rates of the residues were of 39 and 51 t ha⁻¹ of sewage sludge and of 870 and 1174 m³ ha⁻¹ of vinasse until 3rd and 4th cuts. Soil samples were taken in the layers of 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 e 40-50 cm of depth, after harvests from 3rd and 4th cuts. In these samples were determined the organic matter and the degree of flocculation. In our age, also, was to evaluate the hydraulic conductivity. Concluded what the sewage sludge and vinasse applications did not cause alteration on organic matter, degree of flocculation and hydraulic conductivity.

Keywords: Organic waste. Physical properties. Saccharum.

Referências

ANDRIOLI, I. **Efeitos da vinhaça em algumas propriedades químicas e físicas de um latossolo vermelho escuro textura média.** 85f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1986.

CAMILOTTI, F. et al. Grau de floculação e condutividade hidráulica de um solo tratado com lodo de esgoto e vinhaça.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. Porto Alegre: Genesis, 1999. p.9-26.

BARBOSA, G.M.C.; TAVARES FILHO, J.; FONSECA, I.C.B. Avaliações de propriedades físicas de um latossolo vermelho eutroférico tratado com lodo de esgoto por dois anos consecutivos. **Sanare**, Curitiba, v.17, n.17, p. 94-101, 2002.

CAMILOTTI, F.; ANDRIOLI, I.; DIAS, F.L.F.; CASAGRANDE, A.A.; SILVA, A.R.; MUTTON, M.; CENTURION, J.F. Efeito prolongado de sistemas de preparo do solo com e sem cultivo de soqueira de cana crua em algumas propriedades físicas do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.189-198, 2005.

CAMILOTTI, F.; ANDRIOLI, I.; MARQUES, M.O.; SILVA, A.R.; TASSO JÚNIOR, L.C.; NOBILE, F.O.; NOGUEIRA, G.A.; PRATI, F. Produtividade e qualidade agroindustrial da cana-de-açúcar cultivada com lodo de esgoto, vinhaça e adubos minerais. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.24, n.3, p.32-35, 2006.

CANELLAS, L. P., VELLOSO, A. C. X., MARCIANO, C. R.; RAMALHO, J.F.G.P.; RUMJANEK, V.M.; REZENDE, C.E.; SANTOS, G.A. Propriedades químicas de um Cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhico e adição de vinhaça por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.5, p.935-944, 2003.

DOMINY, C.S.; HAYNES, R.J.; van ANTWERPEN, R. Loss of soil organic matter and related soil properties under long-term sugarcane production on two contrasting soils. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.36, n.5, p.350-356, 2002.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2ed. Rio de Janeiro: Embrapa Produção de Informação, 1997. 212p.

FRANCO, A. **Cana-de-açúcar cultivada em solo adubado com lodo de esgoto e vinhaça: nitrogênio no sistema solo-planta, produtividade e características tecnológicas**. Jaboticabal. 2003. 90f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

FREIE, W. J. CORTEZ, L. A. B. **Vinhaça de cana-de-açúcar**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 203p.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1979. 264p.

LOBATO, E.J.V.; LIBARDI, P.L.; CAMARGO, O.A. Condutividade hidráulica de amostras remoldadas de um latossolo roxo distrófico tratado com água/vinhaça. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, n.2, p.181-188, 1998.

LOPES, A.S.; VALPASSOS, M.A.R.; CENTURION, J.F., ANDRIOLI, I. Permeabilidade e agregação de um latossolo vermelho sob três sistemas de manejo no município de Jaboticabal-SP. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.23, n.3, p.504-510, 2003.

CAMILOTTI, F. et al. Grau de floculação e condutividade hidráulica de um solo tratado com lodo de esgoto e vinhaça.

MARCIANO, C.R.; MORAES, S.O.; OLIVEIRA, F.C. MATIAZZO, M.E. Efeito do lodo de esgoto e do composto de lixo urbano sobre a condutividade hidráulica de um latossolo amarelo saturado e não saturado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.1, p.1-9, 2001.

MARQUES, M.O. **Incorporação de biossólido em solo cultivado com cana-de-açúcar**. 1996. 111f. Tese (Livre-docência) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1996.

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.

PRADO, R.M. & CENTURION, J.F. Alterações na cor e no grau de floculação de um Latossolo Vermelho-Escuro sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.1, p.197-203, 2001.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 284p.

REYNOLDS, W.D.; VIEIRA, S.R.; TOPP, G.C. An assessment of the single-head analysis for the constant head well permeameter. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v.72, n.4, p.489-501, 1992.

SPIRONELLO, A.; RAIJ, B. van; PENATTI, C.P.; CANTARELLA, H.; MORELLI, J.L.; ORLANDO FILHO, J.; LANDELL, M.G.A.; ROSSETO, R. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. rev. e atual. Campinas: Instituto Agrônômico/Fundação IAC, 1997. p.237-239. (Boletim Técnico, 100).

TISDALL, J.M.; OADES, J.M. Organic matter and water stable aggregates in soils. **Journal of Soil Science**, Oxford, v.33, n.1, p.141-163, 1982.