

RETENÇÃO DA CARGA ORGÂNICA E DE CATIONS EM FILTROS OPERANDO COM ÁGUAS RESIDUÁRIAS DA SUINOCULTURA

¹Valdemar Sanches Crozariollo Neto,²Paulo Sérgio Lourenço de Freitas, Roberto Rezende, Maria Magdalena Ribas Doll, Diego Brandão

¹Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá. ²Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Paraná, Brasil.

1 RESUMO

A remoção de poluentes de águas residuárias, pode ser feita por processos físicos, químicos e biológicos. Os processos físicos, como a filtração, podem ser utilizados como alternativa de grande eficiência na remoção de sólidos totais em suspensão. Como material filtrante para o tratamento de água residuária, foram utilizados o bagaço de cana-de-açúcar e Solo (Nitossolo Vermelhos Distrófico). Os materiais filtrantes foram caracterizados quanto à densidade de cada coluna e sua composição química. As colunas de filtragem foram constituídas de tubos de PVC de 100 mm de diâmetro e comprimento de 1 m. O material foi acondicionado nas colunas até atingir a altura de 0,90 m, sofrendo compressão. O experimento foi arranjado num delineamento inteiramente casualizado (DIC), com oito tratamentos, sendo dois materiais filtrantes e quatro doses diferentes (4.960, 9.930, 14.900 e 19.860 m³ ha⁻¹) de água residuária, com três repetições por tratamento. O filtro composto de bagaço de cana-de-açúcar apresentou boa eficiência, 74,8% na remoção de Ca e 56,2% Mg comparada com o solo, observou-se aumento da Demanda Biológica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO) do material filtrado com relação à água residuária de suinocultura. O solo apresentou ótima retenção atingindo absorção de 100% para o Cu e 81,9% para o Zn.

Palavras-chaves: DBO, efluente, poluição do solo.

CROZARIOLLO NETO, V. S.; FREITAS, P. S. L. de; REZENDE, R.; DOLL, M. M. R.; BRANDÃO, D.

ORGANIC LOADING AND CATIONS RETENTION IN FILTERS OPERATING WITH SWINE WASTEWATER

2 ABSTRACT

Pollutants removal from residual water can be done through physical, chemical and biological processes. Physical processes such as filtration can be used as a highly efficient alternative in removing suspended total solids. As filtering material for the treatment of residual water, sugarcane bagasse and Soil (Dystrophic Red Nitosol) were used. The filtering materials were characterized regarding each column density and its chemical composition. Filtration columns were constituted of 100 mm diameter and 1 m long PVC tubes. The material was placed in the columns until 0.90 m high suffering compression. The experiment was arranged in a randomized block design with eight treatments with two filtering materials and four different rates of swine wastewater (4.960, 9.930, 14.900 and 19.860 m³ ha⁻¹) and three replications per treatment. The filter composed of sugarcane bagasse showed good efficiency, 77,8% in Ca

and 56,2% Mg removal compared with the soil. It was observed an increase of Biological Oxygen Demand (BOD) and Chemical Oxygen Demand (COD) of the filtered material in relation to the swine wastewater. The soil presented excellent retention reaching 100% absorption for Cu and 83% for Zn.

Keywords: BOD, effluent, soil pollution.

3 INTRODUÇÃO

O aproveitamento de águas residuárias da suinocultura na fertirrigação de culturas agrícolas tem despertado o interesse de agricultores, por se tratar de técnica de disposição que reduz os custos de tratamento e por trazer benefícios agrícolas, pressionados pelas exigências estabelecidas na legislação ambiental e a necessidade de baixar custos operacionais. Entretanto, em razão da grande quantidade de material sólido suspenso e dissolvido presente nas águas residuárias da suinocultura e mesmo após ter passado por um tanque de sedimentação, muitos problemas de entupimento de bombas, tubulações e principalmente de emissores, têm sido verificados. Uma técnica amplamente utilizada para contornar este problema é o uso de filtros orgânicos (Brandão et al., 2003).

Gold et al. (1992) avaliando o desempenho de dois tipos de filtros de areia, de efluente de um tanque séptico, constataram que a proporção de nitrogênio removido foi significativamente diferente, com média de remoção, para o período de três anos, de 20,4 % para filtros de areia com recirculação e de 8,4% para filtros enterrados sem recirculação. Ambos os filtros mantiveram o mesmo grau de tratamento aeróbio com concentração de DBO menor que 5 mg L^{-1} no efluente do filtro. O filtro de areia com recirculação proporcionou remoção de mais fósforo do que os filtros enterrados, com remoção média anual de 31,9% para filtro com recirculação e 0,9% para filtros enterrados. Em ambos os filtros, houve redução substancial do número de indicadores microbiológicos no efluente de tanque séptico.

Farooq et al. (1994) verificaram que a remoção de DBO, DQO, nitrato e fósforo de efluente industrial variou de 79 a 92%, 40 a 60% e 8,3 a 84% respectivamente, em várias profundidades e granulometrias de areia mantidas nos filtros.

Monaco et al. (2004) trabalhando com granulometria da serragem de madeira verificou que o maior diâmetro do material propiciou maior eficiência na remoção da DBO e DQO de água residuária de suinocultura, com 40 e 80%, respectivamente. No caso de sólidos totais (ST), a maior granulometria foi mais eficiente, obtendo-se remoções em torno de 70%. A menor granulometria mostrou-se mais eficiente na remoção de nitrogênio total, obtendo-se valores em torno de 50%. Não houve influência da granulometria na remoção de fósforo total, embora se tenha conseguido remoções de até 65%. O sódio e o potássio não foram removidos pelo filtro. Observou-se uma remoção superior a 95% para o cobre e o zinco, tendo sido obtida maior eficiência na remoção do cobre quando se utilizou o material com a menor granulometria.

Magalhães et al. (2005) utilizando-se bagaço de cana-de-açúcar e serragem de madeira como materiais filtrantes, observaram que o material é eficiente para a filtração das águas residuárias, alcançando-se taxas de remoção de 90 a 99 % de sólidos em suspensão (SS) e de 43 a 57 % de sólidos totais (ST), nos filtros de serragem de madeira, e de 81 a 96 % de SS e de 50 a 56 % de ST, nos filtros de bagaço de cana-de-açúcar.

Os objetivos deste trabalho foram de avaliar as alterações químicas ocorridas no material filtrante após seu uso como filtro no tratamento de águas residuárias da suinocultura, assim como sua eficiência de remoção de íons.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Conduziu-se o experimento no Centro Técnico de Irrigação (CTI) da Universidade Estadual de Maringá (UEM), no período de janeiro a julho de 2007, em colunas constituídas de bagaço de cana-de-açúcar e solo como meios de filtração.

O experimento foi arranjado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com oito tratamentos, constituídos por dois materiais filtrantes (bagaço de cana-de-açúcar e solo) e quatro volumes aplicados e água residuária de suinocultura (3,9; 7,8; 11,7 e 15,6 L), com três repetições por tratamento.

Coletou-se a água residuária no segundo tanque de decantação de uma suinocultura com 170 matrizes da Fazenda Experimental de Iguatemi, cujo plantel se encontra em diferentes estágios de produção. Esta propriedade está localizada em Iguatemi, município de Maringá-PR, cujas coordenadas geográficas são: latitude 23° 25' S; longitude 51° 57' O e 550 metros de altitude.

Obteve-se o bagaço de cana-de-açúcar em usina de processamento de álcool, localizada em Iguatemi, na região noroeste do estado do Paraná. Coletou-se o solo da camada 0-20 cm na área do Centro Técnico de Irrigação da UEM, sendo classificado como Nitossolo Vermelho Distrófico.

As colunas constituíram-se de tubos de PVC com 100 mm de diâmetro e 1 m de altura. Na base das colunas foram adaptadas telas de nylon com malha de 1 mm, para evitar o transporte do material filtrante, este foi depositado até a altura de 0,90 m da coluna.

Para o preparo das colunas com o bagaço de cana-de-açúcar, este foi previamente triturado enquanto que, nas colunas com solo, obteve-se uma granulometria uniforme e eliminaram-se suas partículas indesejáveis por meio de uma peneira com malha de 2mm. Ambos os materiais filtrantes foram mantidos à sombra durante 72 horas com o objetivo de se retirar o excesso de umidade. Na superfície das paredes internas das colunas foi aplicada cola de PVC e areia, no intuito de minimizar o fluxo preferencial do líquido. Decorrido o período de secagem à sombra, as colunas foram preenchidas.

A deposição do bagaço de cana-de-açúcar, bem como o solo dentro das colunas de filtração foi realizada gradualmente, em camadas de 10 cm permitindo-se a compactação manual. As colunas foram pesadas antes e depois de seu preenchimento com os materiais filtrantes. Assim com a massa e volume conhecido das mesmas, obtiveram-se suas densidades representadas na Tabela 01.

Em função da heterogeneidade do bagaço de cana-de-açúcar utilizado no preenchimento das colunas, a massa seca foi diferente entre as colunas, isso foi também observado para o solo, no entanto, em menor proporção. Como pode ser observado na Tabela 1.

Para a variável densidade inicial (antes da passagem da água residuária de suinocultura), realizou-se análise estatística utilizando-se o teste de agrupamento Scott-Knott a 5% de significância (Banzatto et al., 2008).

Tabela 1. Massa e densidade do bagaço de cana-de-açúcar e solo nas colunas para a realização do experimento.

¹ Tratamento	Bagaço de cana-de-açúcar			Solo		
	Massa Inicial (kg)	Volume (cm ³)	Densidade (g cm ⁻³)	Massa Inicial (kg)	Volume (cm ³)	² Densidade (g cm ⁻³)
T1R1	1440,01	7068,6	0,2037	5464,3	7,0686	0,7730
T1R2	1460,91	7068,6	0,2067	5488,34	7,0686	0,7764
T1R3	1436,88	7068,6	0,2033	5448,95	7,0686	0,7709
T2R1	1398,21	7068,6	0,1978	5450,76	7,0686	0,7711
T2R2	1429,56	7068,6	0,2022	5486,32	7,0686	0,7762
T2R3	1375,22	7068,6	0,1946	5510,56	7,0686	0,7796
T3R1	1415,98	7068,6	0,2003	5477,23	7,0686	0,7749
T3R2	1411,80	7068,6	0,1997	5468,14	7,0686	0,7736
T3R3	1445,24	7068,6	0,2045	5443,9	7,0686	0,7702
T4R1	1415,98	7068,6	0,2003	5440,87	7,0686	0,7697
T4R2	1387,76	7068,6	0,1963	5432,79	7,0686	0,7686
T4R3	1409,71	7068,6	0,1994	5483,29	7,0686	0,7757

¹T1= Tratamento com volume de 3,9 litros; T2= Tratamento com volume de 7,8 litros; T3= Tratamento com volume de 11,7 litros; T4= Tratamento com volume de 15,6 litros de água residuária de suinocultura.

²Para a variável densidade inicial (antes da passagem da água residuária de suinocultura) foi realizado análise estatística aplicado-se o teste de agrupamento Scott-Knott a 5% de significância.

Os tratamentos constaram de quatro volumes de água residuária (T1 = 3,9 L; T2 = 7,8 L, T3 = 11,7 L e T4 = 15,6 L), estes foram aplicados nas colunas de PVC montadas com bagaço de cana-de-açúcar e solo. Estas foram colocadas paralelamente, agrupadas de acordo com o material filtrante, e distribuídas em suporte de madeira com altura de 1,80 m, sustentados com um arranjo de fio metálico, de modo que a extremidade inferior permanecesse igualmente para todos os tratamentos a altura de 40 cm, altura esta correspondente aos recipientes de coleta disposto logo abaixo. Os recipientes eram de material plástico com capacidade de 20 litros.

Os volumes de água residuária foram aplicados manualmente nas colunas de forma gradual. Inicialmente aplicou-se até o material filtrante atingir a saturação, no intuito de manter o fluxo contínuo do líquido no interior da coluna. Após a saturação das colunas, a água residuária de suinocultura foi repostada de modo que a superfície do material filtrante não ficasse exposta.

Amostras da água residuária coletadas, antes e depois de terem sido passadas pelas colunas foram acondicionadas em garrafas de 500 mL as quais foram analisadas quanto a Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Biológica de Oxigênio (DBO), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), sódio (Na), fósforo (P), nitrogênio total (N_{total}), zinco (Zn) e cobre (Cu).

Nas análises de DBO e de DQO, seguiu-se metodologia descrita pela APHA (1995), determinou-se a DBO quantificando o oxigênio dissolvido pelo método iodométrico, e a da DQO pelo método do refluxo aberto.

Os macro e micro nutrientes foram determinados conforme segue: N_{total} pelo método Kjeldahl (TEDESCO et al., 1985), Ca, Mg, Zn e Cu via digestão nitro-perclórica. Os extratores de digestão as concentrações de Ca, Mg, Zn e Cu foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, sendo a concentração de K e Na determinada por fotometria de emissão de chama (SILVA, 1999) e a de P_{total} por colorimetria pelo método de ácido ascórbico modificado por Braga & Defelipo (1974). As características da água residuária de suinocultura antes de serem submetidos aos tratamentos estão expressas na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização química da água residuária de suinocultura, coletada da Fazenda Experimental de Iguatemi.

Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+	P_{total}	Cu^{2+}	Zn^{2+}	N_{total}	DBO	DQO
mg.L ⁻¹								mg.L ⁻¹	
74,16	33,53	117,6	46,37	47,17	0,47	0,80	333,62	674,67	336,33

Para avaliação do bagaço de cana-de-açúcar e o solo utilizados para a composição das colunas, coletou-se amostras antes e após a aplicação do dejetos. Ambos, bagaço de cana de açúcar e solo, após o tratamento foram secos em estufa com circulação forçada de ar, aquecida a 60 °C por 48 horas.

Após a passagem da água residuária de suinocultura, os materiais foram secos, e o bagaço de cana-de-açúcar foi triturado em moinho de folha Haley. As amostras foram encaminhadas para o laboratório de solos da Universidade Estadual de Maringá para serem realizadas as análises químicas dos materiais.

Amostras do bagaço de cana-de-açúcar de 0,5 g foram utilizadas para a determinação do N_{total} , pelo método Kjeldahl (TEDESCO et al., 1985), e para a mineralização, via digestão nitro-perclórica (3mL de ácido nítrico: 1mL de ácido perclórico). No extrato, foram feitas as mesmas determinações citadas anteriormente para o líquido. As características do bagaço de cana-de-açúcar e solo antes de serem submetidos aos tratamentos estão expressas nas Tabelas 3 e 4. Para a análise química do solo o laboratório seguiu a metodologia segundo a EMBRAPA, 1997.

Tabela 3. Resultado de análise química do bagaço de cana de açúcar, antes da aplicação da água residuária de suinocultura.

Identificação	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+	P_{total}	Cu^{2+}	Zn^{+2}	N_{total}
mg.kg ⁻¹								
Bagaço Puro	590,47	214,16	754,65	466,15	256,46	10,30	21,42	3309,60

Tabela 4. Resultado de análise química do solo, antes da aplicação da água residuária de suinocultura.

Identificação	pH (CaCl ₂)	Al^{3+}	H+Al	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	SB	CTC	P	C
cmol _c .dm ⁻³									g.dm ⁻³	
Solo	5,0	0,00	3,97	2,43	1,91	0,13	4,47	8,44	2,10	3,16

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após análises comparativas da água residuária antes e após ter sido aplicada nas colunas contendo como material filtrante, bagaço de cana-de-açúcar e solo foi realizada a caracterização do mesmo, ressaltando as alterações ocorridas. As diferenças observadas foram analisadas pelo teste de agrupamento Scott-Knott a 5% de significância (Banzatto et al., 2008).

5.1 Colunas de bagaço de cana-de-açúcar

Reduções significativas nas concentrações de todos os elementos avaliados foram constatadas no percolado após ter passado pela coluna contendo bagaço de cana-de-açúcar (Tabela 5).

Tabela 5. Caracterização química do percolado após a passagem pela coluna de bagaço de cana-de-açúcar.

Trat. ¹	Ca (mg.K g ⁻¹)	Retenç ão%	N (mg.K g ⁻¹)	Retenç ão%	Mg (mg.K g ⁻¹)	Retenç ão%	P (mg.K g ⁻¹)	Retenç ão%
águare siduári a	75,16e ₂	---	333,62 d	---	33,54c	---	47.17c	---
T1	15,45 ^a	79,44	60,68a	81,81	8,63a	74,27	11.97a	74,62
T2	17,37 ^b	76,89	104,80 b	68,59	11,55a	65,56	15.40a	67,35
T3	20,44 ^c	72,80	210,53 c	36,90	17,86b	46,75	29.64b	37,16
T4	22,56 ^d	69,98	213,29 c	36,07	20,74b	38,16	30.17b	36,04

Trat. ¹	K (mg.K g ⁻¹)	Retenç ão%	Na (mg.K g ⁻¹)	Retenç ão%	Cu (mg.K g ⁻¹)	Retenç ão%	Zn (mg.K g ⁻¹)	Retenç ão%
águare siduári a.	117,57 a	---	46,37d	---	0,47c	---	0,80c	---
T1	94,63 ^a	19,51	6,34a	86,33	0,15b	68,09	0,57b	28,75
T2	100,74 a	14,31	15,03b	67,59	0,09a	81,49	0,36a	54,58
T3	109,43 a	6,92	31,19c	32,74	0,06a	87,87	0,25a	68,33
T4	113,57 a	3,40	31,80c	31,42	0,05a	90,00	0,25a	68,75

¹ T1= Tratamento com volume de 3,9 litros; T2= Tratamento com volume de 7,8 litros; T3= Tratamento com volume de 11,7 litros; T4= Tratamento com volume de 15,6 litros de água residuária de suinocultura.

² Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

As concentrações de todos os elementos avaliados, à exceção do Cu, aumentaram proporcionalmente com os volumes aplicados de dejetos. Isso indica que existe uma diminuição da capacidade da coluna em reter estes elementos com o aumento dos volumes aplicados.

Para o elemento Ca a maior retenção foi observada para o tratamento 1 (79,44%), para a dose de 3,9 litros. À medida que foram aumentadas as doses do líquido, a coluna foi perdendo a eficiência para a retenção do Ca, 76,89%, 72,80% e 69,98% nas doses 7,8; 11,7 e 15,6, respectivamente. Destaca-se ainda que o material orgânico bagaço de cana-de-açúcar reteve quantidades expressivas de Ca independente do volume de água residuária de suinocultura aplicado.

Observa-se o comportamento semelhante para o N.O tratamento 1 foi o mais eficiente quanto a retenção deste elemento (81,81%), sendo seguido dos tratamentos 2 (68,59%), 3 e 4 (36,90 e 36,07%) que não diferiram estatisticamente. Semelhantemente, o Mg foi retido de forma decrescente à medida que os volumes aplicados nas colunas aumentavam (74,27%, 65,56%, 46,75%, 38,16%).

O P foi retido de forma eficiente nas colunas nos tratamentos 1 e 2 (74,62% e 67,35%, respectivamente), que não diferiram estatisticamente, e de forma menos eficiente os tratamentos 3 e 4 (37,16% e 36,04%, respectivamente), também não diferindo estatisticamente.

Kiehl (1985) o P e o N apresentam forte associação com material orgânico, Monaco et al., (2004) trabalhando com a eficiência da granulometria de serragem de madeira conseguiram uma remoção de 65% de P nas três faixas avaliadas.

Brandão et al. (2003) o Ca e o Mg são retidos significativamente por filtros compostos de bagaço de cana-de-açúcar. Segundo os autores o comportamento destes elementos foi semelhante, sendo retidos 80% e 76%, respectivamente.

A retenção de K foi relativamente baixa quando comparado com a capacidade de retenção dos demais elementos. No entanto, o decréscimo na retenção também pôde ser observado na medida em que se aumentava o volume da água residuária de suinocultura aplicada (19,51%, 14,31%, 6,92 e 3,40%). Para esse elemento não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos.

Para o Na e K a maior retenção também foi observada no tratamento 1, em que aplicou-se o menor volume de água residuária entre os tratamentos. Esta retenção diminuía na medida em que aumentava o volume aplicado (67,59%, 32,74%, 31,42%), não apresentando diferenças significativas entre os dois últimos tratamentos (T3 e T4).

Isto pode estar relacionado ao fato desses dois elementos Na e K não estarem associados ao material orgânico (Kiehl, 1985). Scherer et al. (1994) tanto o K como o Na, encontram-se quase que totalmente na forma mineral no dejetos da suinocultura, o que facilita sua percolação ou mobilidade junto com a solução do solo.

Em relação ao Zn e ao Cu, uma relação inversa aos demais elementos pôde ser constatada, o Zn nos tratamentos 4, 3 e 2 foram os mais eficientes de forma decrescente, porém não diferindo estatisticamente (68,75%, 68,33% e 54,58%, respectivamente) quando comparados ao tratamento 1 (28,75%). Igualmente para o Cu, os tratamentos 4, 3 e 2 também foram os mais eficientes e não diferindo estatisticamente (90,0%, 87,87% e 81,49%, respectivamente). Já o tratamento 1, o menos eficiente, a retenção foi de 68,09%.

A retenção de metais pesados em resíduos orgânicos (casca de arroz) foi verificada por Munaf & Zein (1997). Eles obtiveram retenção de até 85% de Zn e Cu em solução, dependendo do tamanho das partículas da casca do arroz. Brandão et al. (2003), trabalhando com filtro orgânico (bagaço de cana-de-açúcar) observaram que estes foram capazes de reter

69,21% para o Zn e 94,50% para o Cu no primeiro volume de poros coletados da água residuária de suinocultura.

5.2 Colunas de Solo

Reduções significativas também puderam ser observadas na água residuária após sua passagem pelas colunas contendo solo (Tabela 6).

Tabela 6. Caracterização química da água residuária após a passagem pela coluna de solo.

Trat. ¹	Ca (mg.Kg ⁻¹)	Retençã o (%)	N (mg.Kg ⁻¹)	Retençã o (%)	Mg (mg.Kg ⁻¹)	Retençã o (%)	P (mg.Kg ⁻¹)	Retençã o (%)
Água residuári a	75,16d ²		333,62c		33,54d		47,17d	
T1	37,16 ^a	50,56	5,52a	98,35	15,20a	54,68	0,40a	99,15
T2	52,53b	30,11	21,14a	93,66	23,76b	29,16	1,00b	97,88
T3	63,42c	15,62	24,82a	92,56	27,63c	17,62	1,40b	97,03
T4	73,60d	2,08	71,71b	78,51	31,79d	5,22	2,73c	94,21

Trat.	K (mg.Kg ⁻¹)	Retençã o (%)	Na (mg.Kg ⁻¹)	Retençã o (%)	Cu (mg.Kg ⁻¹)	Retençã o (%)	Zn (mg.Kg ⁻¹)	Retençã o (%)
Água residuári a	117,57c		46,37d		0,47b		0,80c	
T1	20,58 ^a	82,50	7,26a	84,34	0,00a	100,00	0,13a	83,38
T2	24,07 ^a	79,53	25,72b	44,53	0,00a	100,00	0,14a	83,00
T3	26,77 ^a	77,23	28,13b	39,34	0,00a	100,00	0,15b	81,25
T4	54,53b	53,62	37,44c	19,26	0,00a	100,00	0,16b	80,00

¹T1= Tratamento com volume de 3,9 litros; ²T2= Tratamento com volume de 7,8 litros; ³T3= Tratamento com volume de 11,7 litros; ⁴T4= Tratamento com volume de 15,6 litros de água residuária de suinocultura.

²Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Comportamento semelhante pôde ser observado para o Ca e o Mg quanto à capacidade do material em reter estes elementos. À medida que as doses da água residuária de suinocultura aumentaram a retenção destes dois elementos diminuiu. A quantidade de Ca e Mg retido, quando aplicados 3,9 litros do dejetos foram de 50,56% e 54,68%, como pode ser observado na Figura 1. A partir desta dose, a eficiência da coluna caiu bruscamente à medida que a quantidade de água residuária de suinocultura aplicada aumentou, mostrando saturação. Segundo (Coelho, 1973), o comportamento do Mg no solo é similar ao do Ca, provavelmente sendo influenciados pelos mesmos fatores.

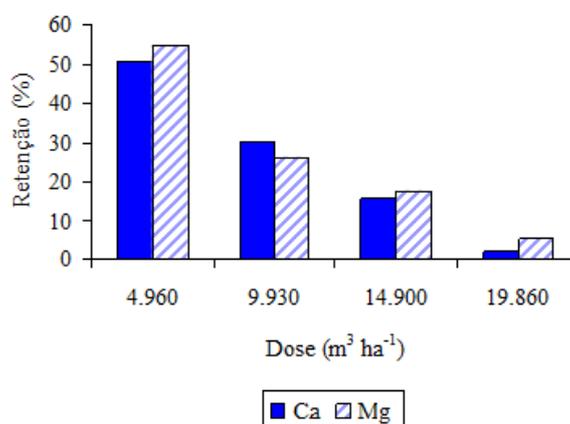


Figura 1. Retenção de Cálcio e Magnésio pela coluna de solo.

As remoções de Cu, P e Zn pela coluna de solo foram elevadas, chegando a 100% de retenção do Cu em todos os tratamentos. Em relação ao P, mesmo que diferentes estatisticamente, todos os tratamentos se mostraram eficientes na retenção deste elemento, sendo de 94,5% quando aplicado 15,6 litros do líquido e 99,15% quando aplicado 3,9 litros. O solo também apresentou alta retenção para o Zn, em todos os tratamentos, que embora diferissem estatisticamente, mostraram-se eficientes em todos os casos (83,38% T1; 83% T2; 81,25 %T3; 80% T4). Para o Na, a maior retenção foi observada no tratamento 1 com 84,34% onde foi aplicado o menor volume da água residuária entre os tratamentos. Esta retenção diminuía na medida em que se aumentava o volume do líquido aplicado (44,53%, 39,34%, 19,26%), não apresentando diferenças significativas entre os tratamentos (T2 e T3). O N foi retido de forma eficiente nas colunas, nos tratamentos 1, 2 e 3 (98,35%, 93,66% e 92,56%), que não diferiram estatisticamente, e de forma menos eficiente no tratamento 4 (78,51%). Comportamento semelhante foi observado para o elemento Na, sendo o tratamento 1 o mais eficiente quanto a retenção deste elemento (82,50%), sendo seguido dos tratamentos 2 (79,53%), 3 e 4 (77,23 e 53,62%). O tratamento 4 diferiu estatisticamente dos demais tratamentos.

Qualitativamente, as características do percolado quanto a DBO e DQO após a passagem pelos filtros mostraram-se com tendência similar, onde a maior redução tanto na DBO como na DQO foi observado para o tratamento 1 com o filtro composto de solo, onde foi aplicado 3,9 litros de água residuária de suinocultura (96,93% e 94,86%, respectivamente conforme Tabela 7). Ainda para o filtro composto de solo, essa redução diminuiu na medida em que aumentaram os volumes aplicados (T2, T3 e T4), não apresentando diferenças significativas ao nível de 5%, para ambos DBO e DQO. Essa redução provavelmente é diretamente relacionada à retenção, praticamente de toda matéria orgânica retida nos primeiros centímetros das colunas de solo. Assim o material percolado tem menor matéria orgânica e necessita de uma quantidade de oxigênio, seja via química e/ou biológica, muito menor do que a água residuária de suinocultura aplicada.

Fato contrário pôde ser observado para a qualidade da água residuária de suinocultura após a passagem pelo filtro composto de bagaço de cana-de-açúcar, onde o tratamento 1 (3,9 litros de dejetos) apresentou os maiores valores de DBO e DQO (228,2% e 401,73%, respectivamente, superiores ao tratamento testemunha), sendo estes maiores duas e quatro vezes que a água residuária aplicada. Neste caso, o bagaço de cana-de-açúcar contribuiu para reduzir ainda mais a qualidade da água residuária de suinocultura, através do acréscimo de

matéria orgânica na água residuária de suinocultura. Na medida em que os volumes aumentaram (T2, T3 e T4) ocorreu para ambas DBO e DQO a redução da matéria orgânica no percolado, mesmo assim permanecendo acima dos valores obtidos da água residuária aplicada, isto pode ter ocorrido devido à água residuária ter solubilizado e transportado pela água percolada, açúcares, carboidratos e outros compostos ou íons oxidáveis presentes no material filtrante (Tabela 7).

Tabela 7. Demanda Bioquímica e Química de Oxigênio após a passagem da água residuária pelas colunas de bagaço de cana-de-açúcar e solo.

Trat, ¹	DBO mg L ⁻¹	%			Trat,	DQO mgL ⁻¹	%		
SoloT1	10,33	96,93	a ²	redução	SoloT1	34,67	94,86	a	redução
SoloT2	45,67	86,42	a	redução	SoloT2	138,67	79,45	a	redução
SoloT3	52,67	84,34	a	redução	SoloT3	160,00	76,28	a	redução
SoloT4	76,00	77,40	a	redução	SoloT4	304,67	54,84	a	redução
Água residuária	336,33	0,00	b	--- ---	Testem.	674,67	0,00	b	--- ---
BagaçoT4	337,00	0,20	b	acrécimo	BagaçoT4	1339,00	98,47	c	acrécimo
BagaçoT3	442,67	31,62	c	acrécimo	BagaçoT3	1412,67	109,39	c	acrécimo
BagaçoT2	457,00	35,88	c	acrécimo	BagaçoT2	3021,67	347,88	d	acrécimo
BagaçoT1	1036,67	208,23	d	acrécimo	BagaçoT1	3385,00	401,73	e	acrécimo

6 CONCLUSÕES

O filtro composto de bagaço de cana-de-açúcar apresentou boa eficiência, 74,8% na remoção de Ca e 56,2% Mg comparada com o solo.

Observou-se aumento da DBO e DQO do material filtrado com relação à água residuária de suinocultura, nos filtros com bagaço de cana-de-açúcar.

O solo apresentou ótima retenção atingindo absorção de 100% para o Cu e 81,9% para o Zn.

7 REFERÊNCIAS

APHA - American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19. ed. Washington D.C., 1995. 1000p.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 2008. 237 p.

BRAGA, J. M.; DEFELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e material vegetal. **Revista Ceres**, Viçosa, v.21, p.73-85, 1974.

BRAILE, P.M.; CAVALCANTI, J.E.W.A. **Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais**. São Paulo: CETESB, 1993. 764 p.

BRANDÃO, S. V dos; et. al. Retenção de poluentes em filtros orgânicos operando com águas residuárias da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia e Ambiental**, v.7, n.2, p326-334, 2003.

COELHO, F. S. **Fertilidade do solo**. 2. ed. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973. 384 p

EMBRAPA. **Manual de metodologia de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.

FAROOQ, S., et.al. Tertiary treatment of sewage effluent via pilot scale slow sand filtration. **Environmental Technology**, v.15, p.15-28, 1994.

GOLD, A. J., et.al. Wastewater renovation in buried and recirculation sand filter. **Journal Environmental Quality**, v.21, p.720-725, 1992.

KIEHL, J.E. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492 p.

MAGALHÃES, M.A.; et. al. Influência da compressão no desempenho de filtros orgânicos para tratamento de águas residuárias da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia na Agricultura** v.13, n.1, p. 26-32, 2005.

MONACO, et.al. Influencia da granulometria da serragem de madeira como material filtrante no tratamento de água residuária. **Revista Brasileira de Engenharia e Ambiental**, v.8 , n1, p116-119, 2004.

MUNAF, E.; ZEIN, R. The use of rice husk for removal of toxic metal from wastewater. **Environmental Technology**, v.18, p.359-362, 1997.

SCHERER, E.E.; BALDISSERA, I.I. **Aproveitamento dos dejetos de suínos como fertilizantes**. Dia de campo sobre manejo e utilização de dejetos de suínos. Concórdia: EMBRAPA/CNPISA, 1994. 47p.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. BRASÍLIA: EMBRAPA. Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370 p.

TEDESCO, J. M.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1985. 186 p. (Boletim Técnico de Solos, 5).