

REDUÇÃO DE CARGA POLUIDORA EM LODO DE SUINOCULTURA ATRAVÉS DE FILTRAÇÃO

REDUCTION OF POLLUTANTS FROM SWINE PRODUCTION THROUGH SLUDGE FILTRATION

RODRIGUES, Rosangela S.¹; SELBACH, Pedro A.²

RESUMO

O lodo de suinocultura e o resíduo de serraria podem constituir problema ambiental quando dispostos no ambiente. A possibilidade de tratamento via filtração foi o objetivo deste estudo. Foram avaliados o potencial de remoção de carga poluidora do lodo de suinocultura por filtros orgânicos de serragem (*Pinus* sp.). Seis granulometrias de serragem foram utilizadas para estabelecer as vazões de trabalho (20, 25, 30, 40 e 50 mm) e avaliar o efeito do tempo de detenção na performance dos filtros. O maior tempo de detenção correspondeu ao menor tamanho de partícula de serragem. As vazões intermediárias, correspondentes ao tamanho intermediário de material filtrante (30 mm) apresentaram melhor performance de filtragem. A filtração do lodo de suinocultura possibilitou redução da demanda química de oxigênio em 85 %, de sólidos totais em 95 % e de sólidos sedimentáveis em 100 %. A retenção de lodo de suinocultura na serragem proporcionou o enriquecimento do resíduo orgânico em nutrientes, bem como diminuição da relação C:N para aproximadamente 20:1.

Palavras-chave: tratamento, efluente, suinocultura, filtro.

INTRODUÇÃO

Os problemas ambientais provocados pelo lodo de suinocultura tem origem na sua composição química. A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é o problema de poluição mais importante neste resíduo. A DBO, indicador do teor de matéria orgânica biodegradável diluída (FERNANDES & SANTOS FILHO, 1997), neste material, pode ser até 30.000 mg L⁻¹. Os microrganismos que decompõem a matéria orgânica utilizam o oxigênio contido nos corpos d'água, comprometendo o abastecimento de água potável (BJERRE et al., 1995). Além disso, se dispostos no solo, resíduos com elevada DBO tendem a causar contaminação da água subterrânea e obstrução dos poros próximo à superfície (YONG et al., 1992).

Os sólidos presentes no lodo de suinocultura também são responsáveis por muitos problemas ambientais como a contaminação orgânica, o assoreamento dos corpos d'água, o aumento da turbidez e a diminuição do volume útil do reservatório favorecendo inundações (MOTA, 1997).

O lodo de suinocultura possui também organismos patogênicos entéricos que são causadores de doenças em humanos. Entre os gêneros de bactérias que podem causar doenças no homem e que estão presentes no lodo de suinocultura podemos citar a *Salmonella*, *Shigella*, *Campylobacter*, e *Yersinia*. Os protozoários também são responsáveis por doenças relacionadas à contaminação fecal.

Entre outras espécies podemos citar a *Entamoeba histolytica* e o *Toxoplasma gondii*. Outro grupo que constitui a carga patogênica do lodo de suinocultura são os vermes entéricos e vírus. Estes patogênicos, da mesma forma, podem contaminar o ambiente pelo inadequado manejo do lodo de suinocultura (MAIER et al., 2000).

A carga poluidora do lodo de suinocultura engloba elementos como o nitrogênio, especialmente na forma de nitrato, que é tóxico se presente na água para consumo humano e deve ser monitorado em sistemas de tratamento (BRAILE & CAVALCANTI, 1993). O nitrato é uma molécula que possui carga negativa, maior mobilidade no solo, na água e, portanto, maior potencial de lixiviação e contaminação (COOKSON & CORNFORTH, 2002). A presença de nitrato na água subterrânea ou em corpos d'água se deve entre outros fatores à disposição no ambiente de esterco de origem animal (MEURER et al., 2000).

O resíduo de serraria também causa problemas ambientais quando disposto no ambiente sem tratamento. Este resíduo apresenta elevada concentração de celulose e necessita de microrganismos especializados para sua decomposição. A quantidade de carbono orgânico presente no resíduo de serraria afeta a dinâmica da decomposição dos compostos do nitrogênio presentes no ambiente. (PAUL & CLARK, 1989). A relação C/N adequada para decomposição do material orgânico é em torno de 20:1. A quantidade de carbono maior do que o ideal no resíduo orgânico pode levar à imobilização de nitrogênio do solo pelos microrganismos (MAIER et al., 2000). A mistura do resíduo de serraria e lodo de suinocultura apresenta as seguintes vantagens: a) diminuição do odor (HARADA et al., 1993); b) diminuição de volume, peso e umidade facilitando o armazenamento, transporte e disposição (HOEHNE & FULHAGE, 1998); c) reciclagem de nutrientes e matéria orgânica quando utilizado como fertilizante (CASSOL et al., 1997; WOESTYNE & VERSTRAETE, 1995). A produção de adubo orgânico com lodo de suinocultura e resíduo de serraria, da mesma forma, pode evitar perdas de nitrogênio que ocorrem quando o lodo é aplicado diretamente no solo. DURIGON et al. (1999) relatam que apenas 18% do nitrogênio contido no lodo e aplicado diretamente em pastagem foi retido na camada de 0 a 20 cm.

O tratamento do lodo de suinocultura através de filtração em filtros biológicos contendo resíduo de serraria pode ser uma alternativa para destinação destes resíduos. A formação de biofilme, em filtros biológicos, se dá pela colonização de superfícies por mucopolissacarídeos produzidos pelo metabolismo microbiano que estabelecem desta forma a primeira superfície. Os biofilmes bacterianos foram estudados

¹ Eng. Agrônoma Dra. Ciência do Solo - UFRGS - Departamento de Solos - Av. Bento Gonçalves, 7712 – Bairro Agronomia - Porto Alegre, RS - CEP 91540-000 - e-mail rosansr@yahoo.com.ar.

² En Agr. Dr. Prof. Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo – UFRGS - Departamento de Solos - Av. Bento Gonçalves, 7712 – Bairro Agronomia - Porto Alegre, RS - CEP 91540-000

visando sua utilização no tratamento de efluentes (LOOSDRECHT et al., 1995; YAMAGIWA et al., 1998). Entre os fatores que influenciam a eficiência do tratamento em filtros biológicos, o tempo de detenção hidráulico, influenciado pela vazão de trabalho, é o mais importante (STEVİK et al., 1999).

O objetivo deste estudo foi avaliar qual a melhor vazão de trabalho para redução de carga poluidora de lodo de suinocultura em filtros com resíduo de serraria e a quantidade de nutrientes retida no filtro.

MATERIAL E MÉTODOS

O lodo de suinocultura foi coletado na Estação Experimental de Eldorado do Sul/UFRGS, no setor de suinocultura. Amostras de lodo de suinocultura em tonéis de 50 L foram utilizadas na caracterização e filtragem. A caracterização (Tabela 1) do lodo de suinocultura e análises do filtrado foram realizadas de acordo com APHA (1995).

Tabela 1 - Caracterização física, química, bioquímica e microbiológica do lodo de suinocultura e valores máximos permitidos pelas normas para a disposição em cursos d'água.

Atributo	Média	Normalização ⁽⁴⁾ (FEPAM)
DQO ⁽¹⁾ (mg L ⁻¹)	3736	≤ 450
DBO ⁽²⁾ (mg L ⁻¹)	3025	≤ 200
N ⁽³⁾ (mg L ⁻¹)	3000	10
P (mg L ⁻¹)	100	1
K (mg L ⁻¹)	538	sn ⁽⁹⁾
Ca (mg L ⁻¹)	148	sn
Mg (mg L ⁻¹)	9,4	sn
Na (mg L ⁻¹)	72,6	sn
SSedT ⁽⁵⁾ (mL L ⁻¹)	144	≤ 1mL L ⁻¹
SDT ⁽⁶⁾ (mg L ⁻¹)	1726	sn
SST ⁽⁷⁾ (mg L ⁻¹)	990	sn
Coliformes fecais (log NMP 100 mL ⁻¹)	7,4	≤ 2
pH	6,3	6,0 < pH < 8,5
CE ⁽⁸⁾ (dS m ⁻¹)	3,5	sn

(1) - DQO: Demanda Química de Oxigênio; (2) - DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio; (3) - N: Nitrogênio; (4) - Normas para vazão de 4,8 m³ dia⁻¹; (5) - SSedT: Sólidos Sedimentáveis; (6) - SDT: Sólidos Dissolvidos Totais; (7) - SST Sólidos Suspensos Totais; (8) - CE: Condutividade Elétrica; (9) - sn: sem normalização

As determinações de NH₄⁺ e de NO₂⁻ + NO₃⁻ no lodo e filtrado foram adaptadas da metodologia descrita para determinações destes íons no solo utilizando 100 e 200 mL de amostra (TEDESCO et al., 1995).

As unidades de filtração foram construídas com tubulação de PVC de dimensões de 100 mm x 700 mm com tampão na extremidade inferior, onde foi adaptada uma mangueira de 20 mm através de um orifício para escoamento do líquido filtrado. O resíduo de serraria foi peneirado para obtenção da granulometria de 20, 25, 30, 40, 50 mm compondo as unidades de filtração F1, F2, F3, F4 e F5 respectivamente e na unidade F6 foi utilizado resíduo de serraria de tamanho maior que 30 mm e maior que 50 mm. O resíduo de serraria foi acondicionado por compactação nos filtros em camadas de 5 cm com a pressão de 0,13 Kgf cm⁻². A determinação das vazões de trabalho foi executada conforme a tabela 2.

A filtração do lodo foi feita em quatro etapas após a montagem dos filtros com intervalo de uma semana entre uma etapa e a outra. Definiu-se taxa de aplicação como a razão entre o volume de lodo aplicado e a área superficial do filtro. A taxa de 1 mm corresponde a 1 L de lodo aplicado em 1 m² de filtro.

Tabela 2 - Vazão de filtração em função da granulometria do resíduo de serraria utilizado nos filtros.

Unidades de Filtração	Granulometria	Vazão
	-----mm-----	-----cm h ⁻¹ -----
F1	< 20	17
F2	< 25	20
F3	< 30	32
F4	< 40	51
F5	< 50	46
F6	Mistura de < 50 + > 30	90

As taxas aplicadas nas unidades de filtração foram as seguintes:

a) 1^a etapa: aplicação do lodo com a taxa de 4278 mm (33,6 L por unidade de filtração). Esta etapa teve a finalidade de preparar o filtro para o tratamento biológico através da formação de biofilme. A taxa de 1,4 L ou 178 mm foi aplicada semanalmente por 6 meses.

b) 2^a etapa: aplicação do lodo com taxa 2038 mm (16 L por unidade de filtração). A taxa foi aplicada em 2 dias (8 L dia⁻¹).

c) 3^a e 4 etapas: aplicação do lodo com taxa de aplicação de 1019 mm (8 L por unidade de filtração).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados da caracterização do lodo de suinocultura (Tabela 1) mostram que a quantidade de carga poluidora está acima do que é permitido pelas normas de fiscalização da Fundação Estadual de Proteção Ambiental (Rio Grande do Sul, 1989). A natureza do efluente é orgânica e caracterizada por elevada DBO (3025 mg L⁻¹). Os teores de Na e de Mg são menores que o teor de Ca. O teor de K também é elevado, sendo bem superior ao de P o que também foi constatado por BRANDÃO et al. (2000), utilizando estes filtros para tratamento primário.

A comparação entre a segunda, terceira e quarta etapas de filtração (Tabela 3), quanto ao percentual de DQO que foi removido pelo processo, permite observar que a menor eficiência de remoção de DQO nos filtros foi de 32% (3^a etapa de filtração em F6) e a maior 82% (4^a etapa de filtração em F2). Os filtros biológicos apresentam 65% de eficiência na remoção de DQO; sistemas de irrigação no solo removem 50% a 80% de DQO, conforme BRAILE & CAVALCANTI (1993). Os lodos ativados apresentam remoção de DQO entre 60-95%, porém com alto gasto de energia no processo de aeração (BRAILE & CAVALCANTI, 1993). A máxima eficiência de remoção de DQO obtida (4a etapa de filtração em F2) foi, portanto, superior à maioria dos tratamentos utilizados na depuração de efluentes.

Na terceira etapa de filtração a redução da carga poluidora foi superior àquela obtida na segunda etapa de filtração (Tabela 3). O resíduo de serraria apresentava, na superfície das partículas, um biofilme de microrganismos. A utilização da matéria orgânica contida no lodo é efeito conhecido em biofilmes utilizados no tratamento de efluentes (BISHOP et al., 1995). Este processo pode ter permitido a

obtenção de um filtrado com menor quantidade de carga poluidora.

Observou-se também que na terceira etapa de filtração (Tabela 3), a população de coliformes totais e fecais diminuiu e nos filtros F3 (vazão de 32 cm h⁻¹) e F5 (vazão de 46 cm h⁻¹) onde não foram detectados. Nas unidades de filtração F3, F4 e F5 a quantidade de coliformes fecais atingiu o nível permitido pela legislação (Rio Grande do Sul, 1989) para emissão de efluentes líquidos (10² NMP 100 mL). A eficiência de redução de sólidos suspensos chegou a 96 % em F2 e 95 % em F4 nesta etapa de filtração. A condutividade elétrica dos filtrados, entretanto, não sofreu modificações em relação ao lodo de suinocultura, como constatado também por BRANDÃO et al. (2000) o que pode ser devido a lixiviação de sais deslocados das colunas como o Ca e Na, já que o efluente apresenta teores elevados destes elementos (Tabela 1). Os filtros com vazão baixa (F2) e intermediária (F5) apresentaram melhor eficiência em remoção de DQO em todas as etapas de filtração. Determinou-se no lodo de suinocultura 150 mg L⁻¹ de sólidos sedimentáveis. Os filtrados (F1, F2, F3, F4, F5 e F6) foram analisados após as quatro etapas de filtração e não apresentaram sólidos sedimentáveis, havendo remoção de 100% em todas as unidades de filtração.

O filtrado da 4^a etapas de filtração (Tabela 4) apresentava 45 mg L⁻¹ (F1) de nitrogênio amoniacal. Na segunda etapa de filtração, entretanto, havia nitrogênio amoniacal nos filtrados em pequena quantidade (máximo 5,70 mg L⁻¹ em F3). A saturação do filtro com nitrogênio orgânico, em função das filtrações continuadas e cumulativas pode ter

elevado as quantidades de nitrogênio amoniacal nas últimas filtrações. O NH₄⁺ faz parte da composição da urina sendo característico deste tipo de efluente segundo LOEHR (1974). Entretanto, esta molécula, no solo, pode ser adsorvida às argilas como outros cátions, apresentando menor potencial de poluição (ELLIS, 1989; SPOSITO, 1989).

O nitrato, que ocorreu em até 1,94 mg L⁻¹ (F1 na 1^a etapa de filtração; tabela 4) no filtrado é a forma molecular do nitrogênio que possui maior potencial poluente devido à sua mobilidade no solo e na água. Os efluentes que percolam em meio poroso como filtros ou no solo apresentam mineralização do nitrogênio e, dependendo das condições, a formação de NO₃⁻. Isto ocorre porque, nestas condições, a mineralização é favorecida pela presença de nitrogênio na forma amoniacal, oxigênio e bactérias nitrificadoras. Em filtros biológicos a presença de nitrato se deve à existência de condições adequadas para mineralização no interior dos filtros, conforme alguns autores (METCALF & EDDY, 1981, IIDA & TERANISHI, 1984; LOOSDRECHT et al., 1995). BISHOP et al. (1995) relatam que, em biofilmes utilizados no tratamento de efluentes, quando ocorre competição por oxigênio entre heterotróficos e autotróficos, a nitrificação é inibida. A compactação do material filtrante nas unidades de filtração pode ter causado a baixa ocorrência de nitrato no filtrado. As quantidades deste íon no filtrado da 2^a, 3^a e 4^a etapas de filtração (Tabela 12) são pequenas para causar danos ambientais.

Observa-se (Tabela 5) menor quantidade de nitrogênio, fósforo e potássio no resíduo de serraria antes da filtração em comparação ao mesmo material analisado após a filtração.

Tabela 3 - Atributos físicos, químicos e microbiológicos de lodo de suinocultura e do filtrado da segunda, terceira e quarta etapas de filtração.

Unidades de Filtração	pH	DQO ⁽¹⁾	SST ⁽²⁾	SDT ⁽³⁾	CE ⁽⁴⁾	Coliformes Totais	Coliformes Fecais
-----2 ^a Etapa de Filtração-----							
		-----mg L ⁻¹ -----			--- dS m ⁻¹ ---	-----log NMP 100 mL ⁻¹ -----	
Test. ⁽⁵⁾	6,3c	9044a	450a	1237b	3,8a	6,54	6,54
F1	6,6abc	4721ab	275a	3287ab	2,3bc	5,51	4,34
F2	6,4bc	2593b	337a	3762a	2,3bc	5,51	4,23
F3	6,4bc	3192ab	325a	3262ab	3,0ab	4,11	4,89
F4	6,7ab	3790ab	225a	2037ab	2,6abc	5,36	4,53
F5	7,0a	3458ab	187a	2275ab	2,3bc	5,23	4,66
F6	6,6abc	5251ab	237a	2412ab	2,3bc	5,73	5,14
-----3 ^a Etapa de Filtração-----							
Test. ⁽⁵⁾	7,3a	42028a	910a	1617a	3,03a	5,84	3,14
F1	7,4a	22876ab	100ab	1933a	3,64ab	4,51	2,60
F2	7,4a	18756b	33b	1616a	2,81bc	4,69	2,84
F3	7,2a	18520ab	150ab	1710a	2,54c	nd ⁽⁶⁾	nd
F4	7,3a	19883ab	50b	1466a	4,20abc	4,04	0,30
F5	7,1a	17489b	150ab	1510a	3,99abc	nd	nd
F6	7,2a	28262ab	133ab	1450a	3,72abc	5,11	2,84
-----4 ^a Etapa de Filtração-----							
Test. ⁽⁵⁾	5,0c	3101a	1100a	1975ab	1,29c	4,89	4,36
F1	6,7abc	910ab	266ab	1725ab	1,59abc	5,36	2,30
F2	7,4a	553b	83b	1625ab	1,30a	6,69	3,30
F3	6,9ab	995ab	33b	2000ab	1,79abc	6,73	3,14
F4	6,8abc	898ab	167ab	1900ab	1,60abc	4,89	3,69
F5	6,8abc	712b	116ab	1450b	1,99ab	5,44	3,60
F6	6,9ab	942ab	133ab	2175a	1,58bc	5,51	2,30

(1) -DQO: Demanda Química de Oxigênio; (2) - SST: Sólidos Suspensos Totais; (3) - SDT: Sólidos Dissolvidos Totais; (4) - CE: Condutividade Elétrica; (5) - Testemunha: lodo de suinocultura; (6) – não detectado

Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis, 5% de probabilidade de erro.

Tabela 4 - Concentração de NH_4^+ e de $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ em lodo de suinocultura da segunda etapa de filtração (médias de quatro repetições e desvio padrão) na 2^a(1), 3^a(2) e 4^a(3) etapas de filtração.

Unidades de Filtração	2 ^a Etapa de Filtração		3 ^a Etapa de Filtração		4 ^a Etapa de Filtração	
	NH_4^+	$\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$	NH_4^+	$\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$	NH_4^+	$\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$
Testemunha ⁽⁴⁾	11,31 ± 0,09	0,03 ± 0,04	12,96 ± 0,46	0,55 ± 0,27	12,87 ± 1,64	0,15 ± 0,02
F1	0,07 ± 0,14	1,94 ± 0,26	23,05 ± 0,38	0,72 ± 0,06	45,25 ± 4,88	< 0,01
F2	3,15 ± 0,20	< 0,01 ± 0,01	14,57 ± 0,24	0,33 ± 0,21	71,06 ± 4,6	< 0,01
F3	5,70 ± 0,04	0,05 ± 0,11	11,80 ± 0,25	0,12 ± 0,12	31,10 ± 3,56	< 0,01
F4	3,18 ± 0,18	< 0,01 ±	20,69 ± 1,65	0,45 ± 0,05	24,83 ± 3,06	0,34 ± 0,69
F5	1,78 ± 0,02	0,29 ± 0,30	21,72 ± 0,22	0,30 ± 0,22	32,27 ± 1,28	1,86 ± 1,97
F6	0,05 ± 0,05	< 0,01 ±	23,06 ± 0,61	1,05 ± 0,61	24,71 ± 3,88	0,09 ± 0,01

(1) Taxa de aplicação de 2038 mm; (2) Taxa de aplicação de 1019 mm; (3) Taxa de aplicação de 1019 mm; (4) Testemunha: lodo de suinocultura

Tabela 5 - Caracterização química do lodo de suinocultura e do resíduo de serraria (*Pinus sp.*) antes e após a filtração.

Atributo	RS ₁ ⁽¹⁾	LS ⁽²⁾	RS ₂ ⁽³⁾
		%	
Carbono	55,0	38,63	44,08
Nitrogênio	< 0,01	3,12	2,04
C/N	55	12	21
Fósforo	0,08	2,40	0,31
Potássio	0,10	7,78	1,55
Cálcio	< 0,01	4,65	0,73
Magnésio	0,08	1,18	0,20

(1) -RS₁: Resíduo de serraria antes da filtração; (2) -LS: lodo de suinocultura; (3) -RS₂: Resíduo de serraria após filtração

A filtração do lodo de suinocultura contribuiu para baixar a relação C/N do resíduo de serraria. A caracterização do conteúdo do interior dos filtros relata bom potencial de utilização como fertilizante orgânico com elevado teor de matéria orgânica, tendo o esterco contribuído para melhorar a relação C/N do resíduo de serraria e caracterizando-o como fertilizante orgânico de boa qualidade (KIEHL, 1995).

CONCLUSÕES

A filtração do lodo de suinocultura em filtro com resíduo de serraria reduziu a carga poluidora em lodo de suinocultura com maior eficiência em vazão intermediária.

A concentração de $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ no percolado em todas as unidades de filtração utilizadas esteve abaixo do valor máximo de nitrogênio total exigido pela legislação para emissão de efluentes, entretanto o NH_4^+ esteve acima deste valor.

O resíduo de serraria diminuiu a sua relação C/N após a utilização como material filtrante.

AGRADECIMENTOS

Funcionários do Programa de Pós Graduação em Solos: Daniel Scolmeister, Adão Luis Ramos dos Santos, Prof. Dr. Marcelo Abreu (Estação Experimental Agronômica de Eldorado do Sul), CAPES, UFRGS.

ABSTRACT

The sludge of swine production and the residue of saw-mill (sawing), can constitute a problem concerning its form of disposal on the environment. The possibility of sludge treatment by filtration through sawing was the objective of this study. It was evaluated the

removal efficiency of pollutants from this sludge by filtration through sawing (Pinus sp.). Six different sawing particle sizes (20, 25, 30, 40 and 50 mm) were tested to establish the better detention time and the flow rate of filtration on filters performance. The longest detention time corresponded to the smallest particle size. The intermediary flow rates of filtration, corresponding to the intermediary size of sawing particles, presented a better filtration performance. The filtration of sludge through sawing determined a reduction of 85 % in the chemical oxygen demand, of 95 % in the total solids, and of 100 % in the settleable solids. The sawing became enriched with nutrients by the retention of organic particles and consequently decreased its C:N ratio to 20:1.

Key words: treatment, effluent, swine rising, filter.

REFERÊNCIAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA) **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 19 ed. Washington: American Public Health Association, 1995.
- BISHOP, P. L.; ZHANG, T. C.; FU, Y. Effects of biofilm structure, microbial distributions and mass transport on biodegradation process. **Water Science & Technology**, London, v.31, n.1, p.143-152, 1995.
- BJERRE, H. L.; HVITVED-JACOBSEN, T.; TEICHGRABER, B. et al. Experimental procedures characterizing transformations of wastewater organic matter in the emscher river. **Water Science & Technology**, London, v. 31, p. 201-212, 1995.
- BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J. E. W. A. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais**. São Paulo: CETESB, 1993. 764p.
- BRANDÃO, V. S.; MATOS, A T.; MARTINEZ, M. A. et al. Tratamento de águas residuárias de suinocultura utilizando-se filtros orgânicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.3, p.327-333, 2000.

- CASSOL, P. C.; BECEGATTO, V.; ERNANI, P. R. et al. Liberação de nitrogênio e potássio de estrume aplicado no solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCS, 1997. p. 262.
- COOKSON, W. R.; CORNFORTH, I. S. Dicyandiamide slows nitrification in dairy cattle urine patches: effects on soil solution composition, soil pH and pasture yield. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 34, p. 1461-1465, 2002.
- DURIGON, R.; BASSO, C. J.; CERETA, C. A.. Impacto de aplicações periódicas de esterco líquido de suínos sobre características químicas de solo em pastagem de campo nativo. In: ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS, 3., 1999, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: [s.n.], 1999. p. 340.
- ELLIS, K. V. **Surface water pollution and its control**. London, Macmillan Press, 1989. 373p.
- FERNANDES, C.; SANTOS FILHO, M. **Esgotos sanitários**. João Pessoa: Ed. Universitária, 1997. 434p.
- HARADA, Y.; HAGA, K.; OSADA, T. et al. Quality of compost produced from animal wastes. **Japan Agricultural Research Quarterly**, Tsukuba Ibaraki, v.26, n.4, p.238-246, 1993.
- HOEHNE, J. A.; FULHAGE, C.D. Composting separated swine manure solids In: ANNUAL INTERNATIONAL MEETING SPONSORED, 10., 1998, Flórida. **Anais...** Flórida: ASAE, 1998. 1CD-ROM.
- IIDA, Y.; TERANISHI, A. Nitrogen removal from municipal wastewater by a single submerged filter. **Journal Water Pollution Control Federation**, Washington, v. 56, n. 3, p. 251-258, 1984.
- KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Ceres, 1985. 492p.
- LOEHR, R. C. **Agricultural waste management; problems, processes and approaches**. New York: Academic Press, 1974, 576p.
- LOOSDRECHT, M. C. M.; TIJHUIS, L.; WIJDIEKS, A. M. S. Population distribution in aerobic biofilms on small suspended particles. **Water Science & Technology**, London, v. 31, n. 1, p. 163-17, 1995.
- MAIER, M. M.; PEPPER, I. L.; GERBA, C. P. Environmental microbiology. Califórnia: Academic Press, 2000. 585 p.
- METCALF; EDDY, INC. **Tratamiento y depuración de las aguas residuales**. Barcelona: Editorial Labor, 1981. 837p.
- MEURER, E. J.; BISSANI, C. A.; SELBACH, P. A. Poluentes do solo e do ambiente In: MEURER, E. J. (Ed.) **Fundamentos de química do solo.**, Porto Alegre: Genesis, 2000. p. 151-156.
- MOTA, S. **Introdução à engenharia ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, 1997. 280 p.
- PAUL, E.A.; CLARK, F. E. **Soil microbiology and biochemistry**, Califórnia: Paul & Clark, 1989. 340p.
- RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Saúde e do Meio Ambiente. Norma Técnica nº 01/89, de 14 de janeiro de 1989. Estabelece critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos nos corpos d' água no Rio Grande do Sul. **Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, 29 mar.1989.
- SPOSITO, G. **The chemistry of soils**. New York: Oxford, 1989. 277p.
- STEVIK, T. K.; AUSLAND, G.; HANSSON, J. F. et al. The influence of physical and chemical factors on transport of *E. coli* through biological filters for wastewater purification. **Water Research**, Oxford, v. 33, n. 18, p. 3701-3706, 1999.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BOHNEN, H. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5).
- WOESTYNE, M. V.; VERSTRAETE, W. Biotechnology in the treatment of animal manure In: WALLACE, R. J. & CHESSON, A. (Ed.) **Biotechnology in animal feeds and animal feeding**. Weinheim, GE: VCH Verlagsgesellschaft mbh, 1995. p.311-327.
- YAMAGIWA, K.; YOSHIDA, M.; ITO, A. et al. A new oxygen supply method for simultaneous organic carbon removal and nitrification by one-stage biofilm process. **Water Science & Technology**, London, v. 37, n. (4-5), p. 117-124, 1998.
- YONG, R. N.; MOHAMED, A. M. O.; WARKENTIN, B. P. **Principles of contaminant transport in soils**. Amsterdam : Elsevier, 1992. 327 p.