

FILTRAÇÃO LENTA NO TRATAMENTO DE PERCOLADO DE ATERRO SANITÁRIO

Núbia Natália de Brito-Pelegrini

Química Agroindustrial, Doutoranda pela
Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP

Ronaldo Teixeira Pelegrini

Químico, Professor do Centro Superior de
Educação Tecnológica – UNICAMP,
Rua Paschoal Marmo, 1888, Jardim Nova Itália,
e-mail: pelegrini@ceset.unicamp.br

José Euclides Stipp Paterniani

Engenheiro Civil, Professor Associado da
Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP

Resumo

O percolado de aterro sanitário é um líquido com elevado potencial poluente. Os métodos convencionais utilizados em seu tratamento têm descartado-o com intensa coloração e alta toxicidade. Este trabalho teve por objetivo implantar em escala piloto um sistema de filtração lenta precedida de uma pré-filtração, apenas em manta sintética não tecida, para o tratamento de percolado *in natura*, proveniente do aterro sanitário da cidade de Limeira, SP. O filtro lento foi constituído por um tanque cilíndrico de plástico (polipropileno) tendo como meio filtrante areia e mantas sintéticas não tecidas. A taxa de filtração adotada durante os experimentos foi de 3 m³/m².dia. O sistema de tratamento em estudo apresentou reduções consideráveis dos valores de alguns parâmetros de controle ambiental, indicando a possibilidade do uso da filtração lenta para remediação de percolado de aterros. As principais reduções obtidas referem-se a 40% de turbidez, 21% da coloração, 35% de dureza, 35% de carbono orgânico total (TOC) e reduções importantes de metais pesados (60% de cádmio, 30% de chumbo, 25% de cobre e 30% de cromo).

Palavras-chave: percolado, aterro sanitário, filtração lenta.

Introdução

O percolado gerado em aterros é decorrente da lixiviação de águas da chuva e de bactérias existentes nos resíduos sólidos que secretam enzimas, dissolvendo a matéria orgânica e formando líquidos, que são responsáveis pela mobilização de uma mistura complexa de constituintes orgânicos e inorgânicos (Bertazzoli & Pelegrini, 2002; Marnie *et al.*, 2005).

A composição físico-química de percolados de aterros é extremamente variável, dependendo de fatores que vão desde as condições pluviométricas, tempo de disposição, idade do aterro, condições ambientais e características do próprio resíduo sólido (Bertazzoli & Pelegrini, 2002; Jeong-Hoon *et al.*, 2001; Marnie *et al.*, 2005). No entanto, os principais compostos presentes nesse efluente são: intensa coloração, matéria orgânica, sólidos suspensos, metais pesados, dentre outros (Lin & Chang, 2000).

O tratamento de percolado é uma medida de proteção ambiental e de manutenção da estabilidade do aterro e uma forma de garantir melhor qualidade de vida para a população local. Neste estudo, visou-se ao emprego da filtração lenta como metodologia de tratamento primário do percolado do aterro sanitário de Limeira, SP, em função da simplicidade da técnica e do baixo custo de operação.

Material e Métodos

Sistema de tratamento

O sistema de tratamento foi constituído por um processo de pré-filtração seguida de filtração lenta. O percolado foi conduzido da lagoa de captação por meio de uma bomba hidráulica até o pré-filtro e posteriormente, por gravidade, ao filtro lento.

A alimentação do pré-filtro foi regulada por uma bóia elétrica com a finalidade de manter um volume de

percolado para alimentar o filtro lento. Durante os estudos o filtro lento foi mantido com nível constante, mediante utilização de uma bóia hidráulica fixa na parte superior, e taxa de filtração constante, por meio de registro regulador de vazão na parte inferior após sistema de drenagem (Figura 1). O pré-filtro foi constituído de um tanque cilíndrico de plástico (polipropileno), com altura útil de 875 mm, diâmetro de 580 mm, seção circular de $0,26 \text{ m}^2$ e uma manta sintética não tecida na parte superior empregada como meio filtrante para reter materiais suspensos mais grosseiros.

A manta sintética usada no pré-filtro foi denominada de M1 (marca Geotêxtil GeoFort GF modelo 14). A manta M1 é caracterizada por: porosidade de 93,81%, superfície específica de $3,645 \text{ m}^2/\text{m}^3$, gramatura de 300 g/m^2 , espessura de 2 mm e composição 100% polipropileno. Esta manta foi utilizada por apresentar alta porosidade, indicando pequena perda de carga na pré-filtração.

O filtro lento constituiu-se em um tanque cilíndrico de plástico (polipropileno) com altura útil de 1750 mm, diâmetro de 580 mm, seção circular de $0,26 \text{ m}^2$ e camada

filtrante na parte inferior constituída de 100 mm de brita nº 2 (empregada como suporte) e 300 mm de areia comum de construção civil (caracterizada por ensaios granulométricos conforme norma CETESB M4 500 – 1995).

Entre a camada de brita e a camada de areia foi utilizada uma manta sintética não tecida com a finalidade de impedir que a areia permeasse para camada de brita. No topo da camada de areia foram utilizadas duas mantas sintéticas não tecidas com a finalidade de aumentar o tempo efetivo do meio filtrante e para maiores eficiências no desenvolvimento do Schmutzdecke.

As mantas sintéticas não tecidas utilizadas foram da marca Geotêxtil GeoFort GF modelo 17 denominada de M2. A manta M2 é caracterizada por: porosidade de 95,70%, superfície específica de $2,530 \text{ m}^2/\text{m}^3$, gramatura de 400 g/m^2 , espessura de 3 mm e composição 100% polipropileno. A manta M2 foi empregada por apresentar características importantes: porosidade e superfície específica, que estão relacionadas com o aumento da duração da carreira de filtração e retenção de impurezas, respectivamente.

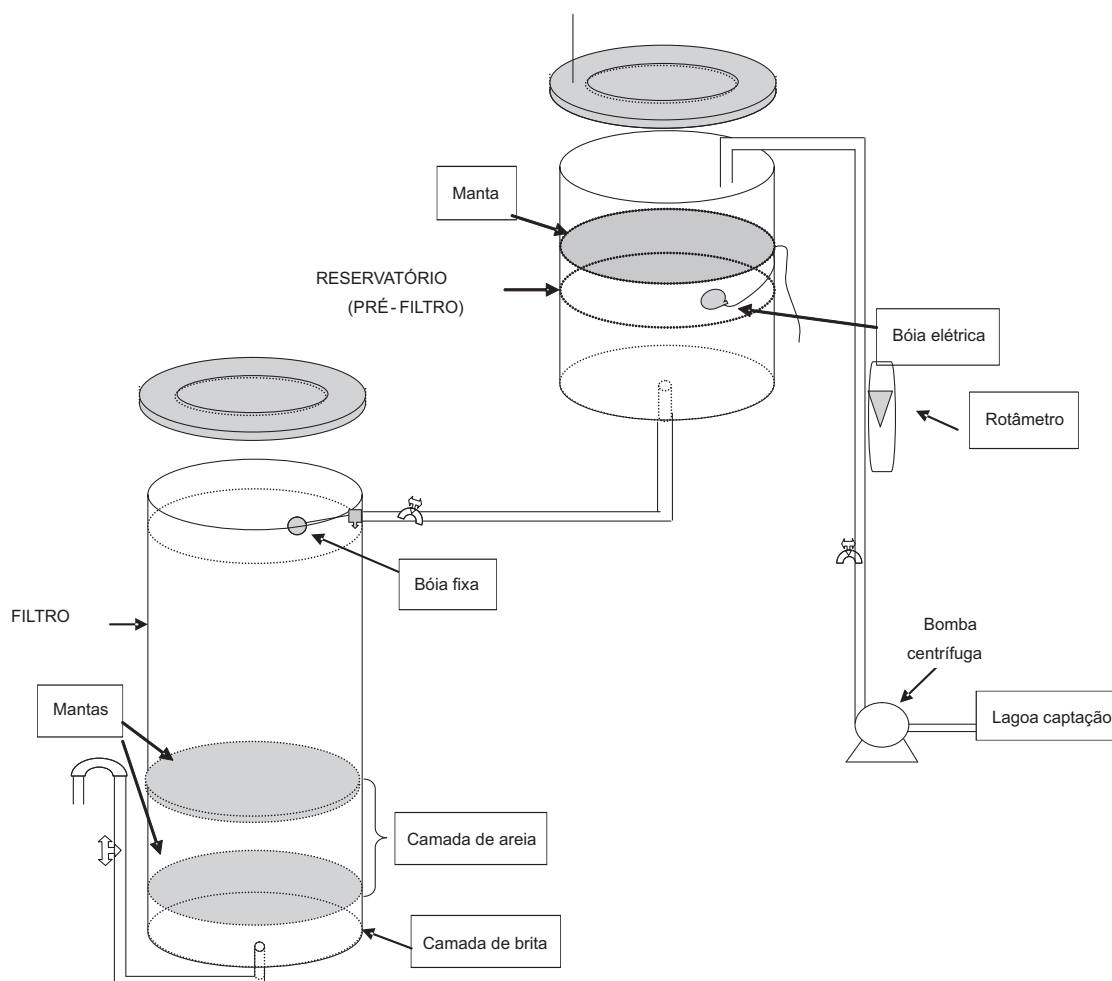


Figura 1 Esquema do sistema de filtração lenta.

Realizaram neste estudo quatro carreiras de filtração lenta utilizando a mesma taxa de filtração ($3 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$) nos meses de fevereiro a junho de 2005 (Tabela 1). O tempo de detenção hidráulica do percolado dentro do filtro lento foi em média de 12 horas.

O pré-filtro durante todos os meses de pesquisa teve duração de aproximadamente a metade dos dias de funcionamento do filtro lento.

As análises realizadas foram: pH, cor aparente, turbidez, temperatura, dureza, carbono orgânico total (COT ou TOC), nitrogênio, fósforo e metais.

A determinação dos valores de pH no percolado foi realizada de acordo com o método potenciométrico, utilizando medidor de pH TEC-3M da Tecnal calibrado nos pH 4,0; 7,0; e 9,0. A coloração foi determinada de acordo com absorbância no comprimento de onda máximo na região do visível, utilizando espectrofotômetro DR 2000 da HACH. A turbidez foi realizada de acordo com o método da nefelometria utilizando turbidímetro da HACH. Para as análises de dureza o método empregado foi da titulometria potenciométrica.

O Carbono Orgânico Total (COT ou TOC) foi realizado de acordo com a metodologia descrita na norma ISO 8245 (1999), utilizando aparelho TOC Euro Glass 1200.

As análises de nitrogênio e fósforo total foram realizadas de acordo com o método colorimétrico; o equipamento utilizado foi espectrofotômetro DR 2000 da HACH. A determinação de metais foi realizada de acordo com o método “Inductively Coupled Plasma (ICP)”, utilizando espectrômetro de emissão óptica por plasma com acoplamento induzido – Perkin Elmer-3000DV.

Todos os procedimentos analíticos foram realizados em duplicatas segundo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th Edition (APHA, 1998).

Os pontos de amostragens foram denominados: Ponto 1 percolado *in natura*, Ponto 2 pós pré-filtro, Ponto 3 pós filtro lento.

Resultados e Discussão

Parâmetros de controle e avaliação

pH

Os valores de pH mostraram-se elevados, com uma variação em torno de 7,3 a 8,5 para os três pontos. Esse fato se deve às próprias características do percolado quando proveniente de resíduos mais velhos.

Segundo Christensen e colaboradores (2001), a decomposição de resíduos sólidos urbanos se dá em três fases e dura cerca de 15 anos. A terceira e última fase se caracteriza pela ação das arqueas metanogênicas e é a fase mais ativa biologicamente. Os compostos produzidos na segunda fase de decomposição pelas bactérias acetogênicas começam a ser fontes de nutrientes, sendo consumidos pelos novos microrganismos presentes no meio (arqueas metanogênicas). Os compostos gerados pelas arqueas metanogênicas são metano, CO_2 e água; nesta etapa ocorre elevação do pH acima de 7,0, caracterizando um efluente levemente básico.

Provavelmente esta é a fase em que se encontra o percolado em estudo, visto que a etapa II do aterro está em funcionamento há 14 anos. Observou-se que após o percolado passar pelo processo de pré-filtração e filtração lenta os valores de pH apresentaram pequenos acréscimos na maioria das datas analisadas, provavelmente pela contínua decomposição anaeróbia. Esses valores podem ser bem significativos, dado que o pH é uma propriedade logarítmica de base dez em que pequenas variações representam elevadas diferenças de concentrações químicas. Esta fase pode favorecer a precipitação de metais pesados em função da faixa de pH em torno de 8,0 a 8,4.

Cor aparente

A cor em percolados significa a presença de matéria orgânica decomposta, especialmente às substâncias húmicas, que são constituídas de macromoléculas como ácidos amorfos, predominantemente aromáticos e hidrofílicos, provenientes da decomposição de plantas e resíduos de animais. Operacionalmente, as substâncias húmicas podem ser classificadas em três principais frações: ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e húmina. Devido à presença de vários grupos funcionais, carboxilas, hidroxilas alcoólicas e fenólicas, carbonilas, ésteres, etc., as substâncias húmicas podem interagir com materiais orgânicos e inorgânicos por meio de processos físicos e químicos (Santos & Rezende, 2002).

Pôde-se observar que com o tratamento empregado a coloração do efluente em estudo, após passar pela pré-filtração e filtração lenta, apresentou reduções de 21% em média, uma redução considerável, já que os principais sólidos presentes no percolado são sólidos dissolvidos (Figura 2). Durante o estudo, a maior redução encontrada foi de 53%, referente ao dia 19/05.

Tabela 1 Período de funcionamento do filtro lento.

Carreiras de filtração	Início	Término	Duração (dias)
Primeira	28/02/2005	23/03/2005	24
Segunda	24/03/2005	25/04/2005	33
Terceira	12/05/2005	02/06/2005	22
Quarta	07/06/2005	27/06/2005	21

O percolado de aterros tem-se destacado pela sua elevada coloração. Esse fato pode interferir muito nos processos fotossintéticos naturais nos leitos dos rios, provocando alterações na biota aquática. A cor é um parâmetro de difícil remoção, exigindo geralmente outras etapas de tratamento. Lin & Chang (2000), empregando métodos biológicos combinados com coagulação química com seqüencial oxidação por elétron fenton, conseguiram reduções em torno de 50% na coloração do percolado, sendo considerado um excelente resultado. Isto comprova a importância das reduções encontradas empregando a técnica de filtração lenta.

Turbidez

Pode-se observar, a partir dos dados obtidos ao longo da pesquisa, a atenuação dos picos de turbidez no percolado após passar pela pré-filtração, apresentando redução pós filtro lento de em média 40%; maior redução observada foi de 78% no dia 20/04 (Figura 3).

A atenuação de picos de turbidez pós pré-filtro em pedregulho é um fato bastante conhecido e relatado em diversos trabalhos (Ferraz & Paterniani, 2002; Paterniani & Conceição, 2001; Paterniani & Conceição, 2004). No entanto, o pré-filtro em estudo é constituído apenas de manta sintética não tecida de gramatura 300 g/m² e também proporcionou elevada diminuição de valores da turbidez.

A elevada redução da turbidez apresentada aqui é extremamente importante, visto que esse parâmetro pode estar associado à presença de compostos tóxicos e

organismos patogênicos em suspensão e aderido no material inorgânico.

Temperatura

A temperatura é um parâmetro extremamente importante no que se refere à taxa de crescimento e atividade biológica. Isso se deve ao fato de as principais bactérias decompositoras (mesofílicas) terem uma faixa ótima de temperatura (entre 20 e 50°C) para se manterem vivas e em atividade (Sperling, 1996). A temperatura do efluente ao longo dos estudos apresentou valores médios de 29°C, valores mínimos de 20°C e valores máximos de 42°C.

Dureza

Durante todo o tratamento observou-se redução da dureza em torno de 35%, o que pode ser explicado pela complexação com alguns metais (Figura 4).

Os cátions de cálcio e magnésio quase sempre estão associados ao íon sulfato. O cálcio também pode estar associado ao carbonato, apresentando pouca solubilidade em função da elevação do pH. Quando isto ocorre a dureza é denominada de dureza temporária. A dureza e a concentração de ácidos húmicos e fúlvicos (substâncias presentes no percolado em alta concentração) também atuam reduzindo a toxicidade de alguns metais, tais como cádmio, cobre, chumbo, por meio da complexação com esses metais, permanecendo no ambiente por processo de bioacumulação (Markich *et al.*, 2005).

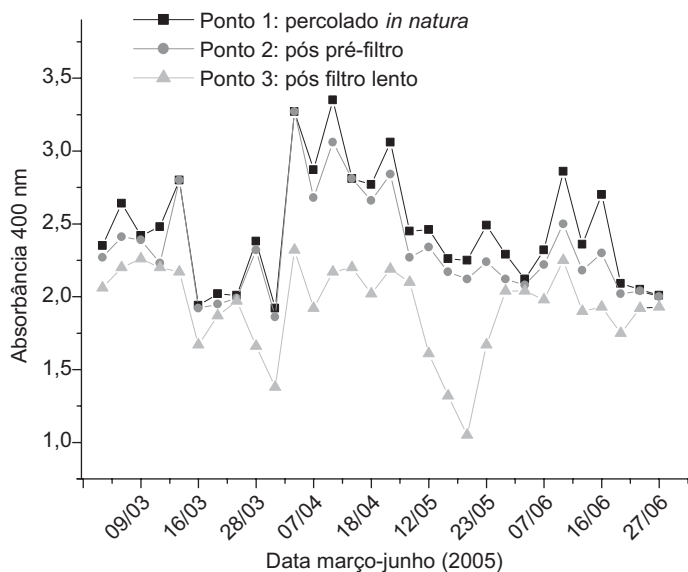


Figura 2 Estudo da coloração do percolado *in natura*, pós pré-filtração e pós filtração lenta (comprimento de onda de 400 nm).

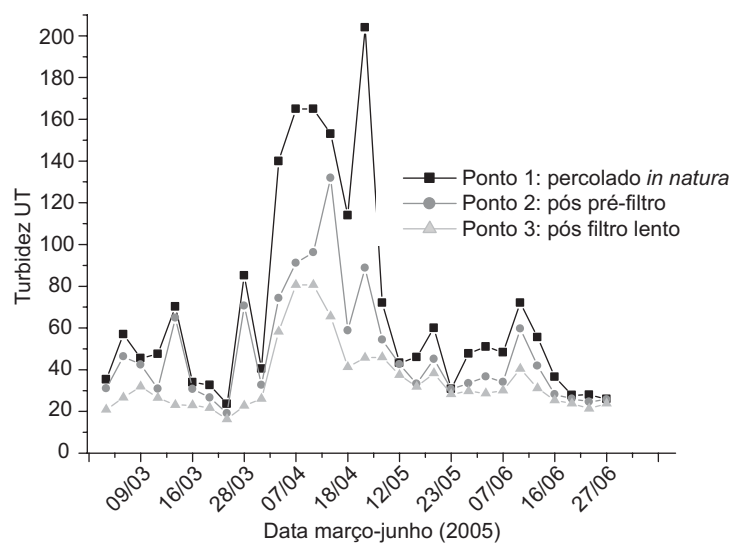


Figura 3 Estudo da turbidez do percolado *in natura*, pós pré-filtração e pós filtração lenta.

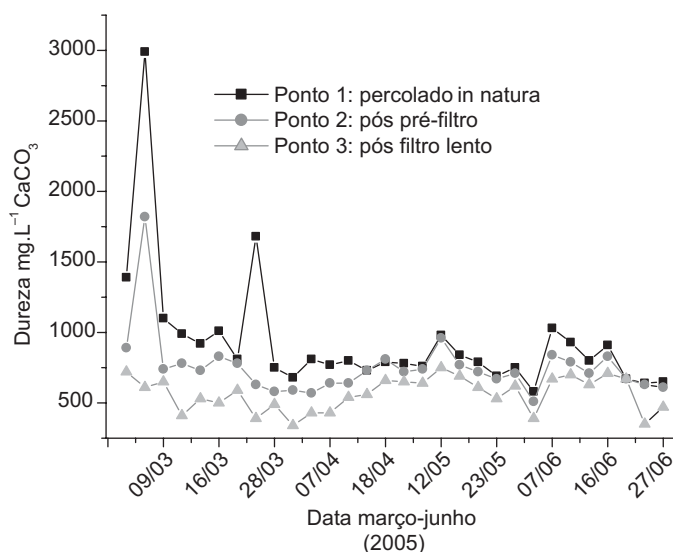


Figura 4 Estudo da dureza do percolado *in natura*, pós pré-filtração e pós filtração lenta.

Carbono Orgânico Total (COT ou TOC)

As maiores reduções da matéria orgânica, da ordem de 39,7%, comprovadas pela diminuição do teor de carbono orgânico total no efluente estudado, mostraram que o processo de filtração lenta é eficiente não apenas para degradar compostos orgânicos, mas também para conduzir a degradação até uma completa mineralização (Figura 5).

Reduções similares de matéria orgânica, em torno de 50%, foram encontradas com o emprego de métodos biológicos combinados com coagulação química seguida de oxidação por elétron fenton (Lin & Chang, 2000). Setiad & Fairus (2003) obtiveram 52% de redução da matéria

orgânica em 33 dias utilizando lodos ativados como tecnologia de tratamento. Chae e colaboradores (2004) conseguiram remoções da ordem de 88% durante um período entre 30 e 50 dias de tratamento utilizando reator anaeróbio. Zajc e colaboradores (2004) obtiveram em seus estudos 30% de remoção de matéria orgânica utilizando tratamento biológico através de lodos ativados, seguido de adsorção física e química em carvão ativado. Perez e colaboradores (2004), empregando um processo de floculação-coagulação de percolados, seguido de tratamento por filtro biológico, conseguiram resultados em torno de 9% e 17% de redução da matéria orgânica.

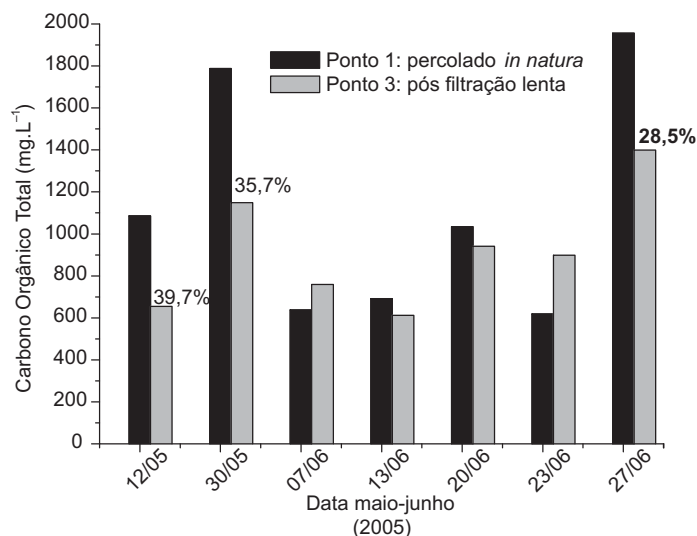


Figura 5 Estudo dos teores da matéria orgânica (TOC) do percolado *in natura* e pós sistema de filtração lenta.

Comparando com dados da literatura, o sistema de filtração lenta apresentou-se altamente eficiente em função da rapidez do tratamento (com um tempo de residência em média de 12 horas em tratamento contínuo), da simplicidade do sistema, da facilidade de operação e do baixo custo.

Nitrogênio

De acordo com os resultados obtidos foi possível observar que a concentração de nitrogênio amoniacal reduziu-se em média 12% pós-filtração lenta, mas em determinados dias ocorreram aumentos, a concentração de nitritos permaneceu praticamente constante durante o tratamento ($0,1 \text{ mg.L}^{-1}$) e a concentração de nitratos em determinados dias aumentou pós filtração lenta, mas na maioria dos dias houve tendências de reduções de nitrato (Figuras 6 e 7). Esses resultados indicam que possivelmente esteja ocorrendo o processo de nitrificação e desnitrificação em determinadas camadas do filtro lento.

Segundo Adin (2003), é possível a ocorrência de nitrificação e desnitrificação ao mesmo tempo na esteira microbial (Schmutzdecke) e no biofilme formado nas camadas de areia, visto que os filtros lentos atuam com reatores duplos ou triplos: no topo, características aeróbias; no fundo, características anaeróbias apresentando intensas atividades biológicas.

Estudo recente demonstrou que a concentração de amônia está intimamente relacionada à toxicidade aguda em percolados (Dave & Nilsson, 2005). Os processos

biológicos convencionais por sistemas anaeróbios e por lodos ativados são eficientes para remoção de nitrogênio amoniacal, degradando até 70% em um período de 30 a 50 dias de tratamento (Setiadi & Fairus, 2003; Chae *et al.*, 2004). Entretanto, são técnicas complicadas que demandam mão-de-obra especializada e exigem muito tempo de detenção hidráulica.

No caso deste estudo a redução da concentração de nitrogênio amoniacal permaneceu em média em 12%. Esses resultados foram alcançados em poucas horas de tratamento empregando uma técnica muito simples, além disso, pôde ser verificado que a filtração lenta tem potencial para degradar essa classe de poluente.

Fósforo total

De acordo com os resultados obtidos ocorreram tendências de reduções do fósforo total pós filtro lento possivelmente em função da assimilação microbiológica de alguns gêneros de bactérias (Figura 8).

Com relação aos aspectos ambientais, a liberação de fósforo para os corpos hídricos contribui significativamente para eutrofização do meio. Os processos biológicos de tratamento são eficientes para reduzir a concentração de fósforo em águas residuárias. Chae e colaboradores (2004) conseguiram reduções de fósforo no percolado em torno de 63% a 68% empregando o sistema de lodos ativados em um período de 30 a 50 dias. Com o processo de filtração lenta observou-se considerável redução, de 61%, do fósforo total em poucas horas de tratamento.

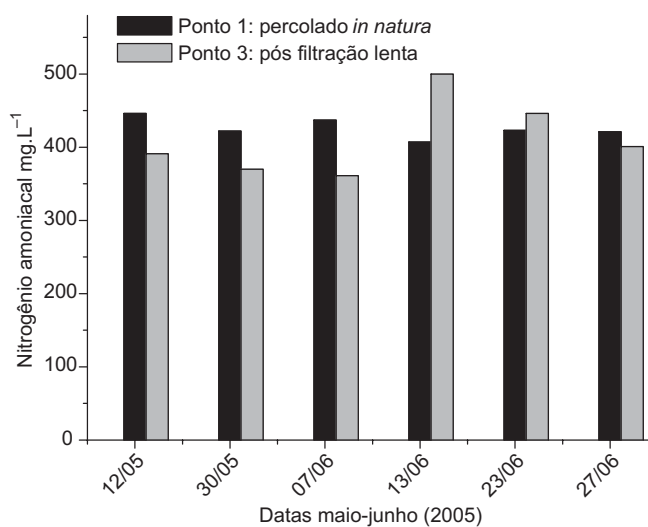


Figura 6 Estudo da concentração de nitrogênio amoniacal do percolado *in natura* e pós sistema por filtração lenta.

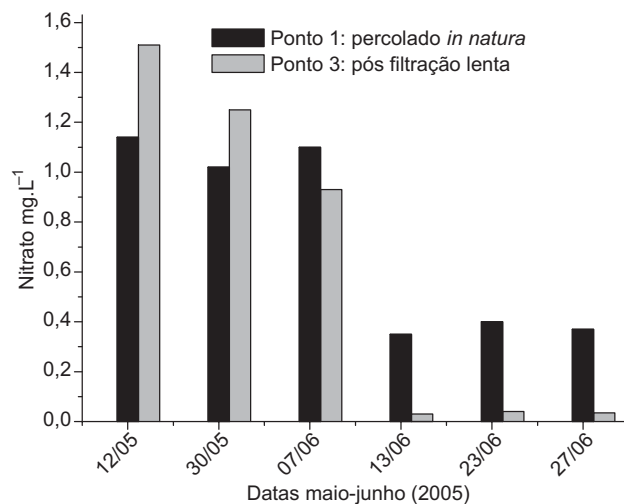


Figura 7 Estudo da concentração de nitrato do percolado *in natura* e pós sistema por filtração lenta.

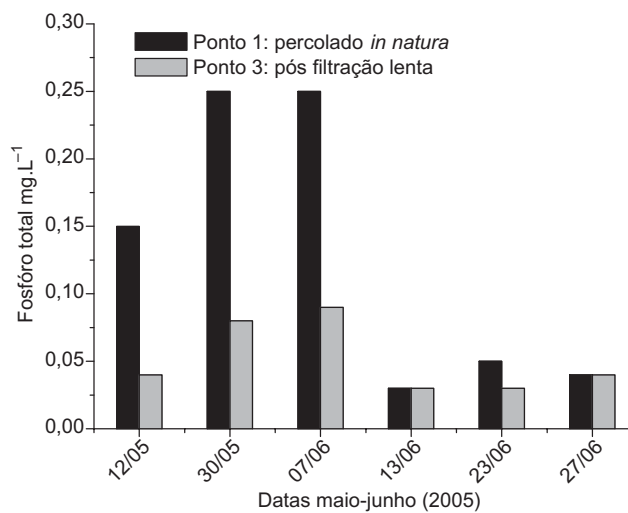


Figura 8 Estudo da concentração de fósforo no percolado *in natura* e pós sistema de filtração lenta.

Metais pesados

No percolado do aterro sanitário da cidade de Limeira foi possível detectar a presença de diversos metais considerados perigosos aos ecossistemas (Tabela 2).

Neste estudo observaram-se reduções da concentração de alguns metais que pode ser justificada pela adsorção dos metais na camada de *schmutzdecke* e nas camadas de areia, ou até mesmo pela alta concentração de alcalinidade com conseqüente formação de carbonatos onde possivelmente ocorreria precipitação de alguns metais.

Diversas técnicas são estudadas para melhorar a eficiência da remoção dessa classe de poluente. Yang & Zhou (2005) empregaram tratamento biológico para remoção de cromo, níquel, zinco, cobre e chumbo em amostras de percolado, conseguindo eliminar por volta de 70% quando as concentrações máximas desses poluentes eram de 100 µg/L. Ye e colaboradores (2001), empregando técnicas de *wetland* em escala piloto, conseguiram remoção de 99% de ferro, 91% de cádmio, 63% de zinco e 58% de manganês em amostra de percolado cujas concentrações encontravam-se também em µg/L.

Com o processo de filtração lenta foi possível observar reduções de 60% de cádmio, 30% de chumbo e cromo, 25% de cobre, 28% de níquel, 26% de zinco, 67% de ferro e 55% de manganês, todos em concentrações na

ordem de mg/L. Esses resultados mostram que a filtração lenta pode promover remoções consideráveis de diversos metais poluentes.

Conclusões

Concluiu-se que o processo de tratamento de percolado pelo sistema de filtração lenta reduziu os valores de vários parâmetros analíticos de importância ambiental:

- Reduções em média de 21% da coloração, com maiores reduções na ordem de 53%; 40% de turbidez, com maiores reduções na ordem de 78%; 35% de dureza; e maiores reduções do carbono orgânico total (TOC) na ordem de 39,7%.
- A concentração de metais pesados também apresentou decréscimo considerável.
- O pré-filtro aumentou a duração da carreira do filtro lento e reduziu picos de turbidez.
- Apesar da redução de valores de diversas análises ambientais, o percolado ainda possui características extremamente poluentes, sugerindo um tratamento utilizando filtros lentos em série, já que o sistema em estudo demonstrou eficiência na remediação desse efluente.

Tabela 2 Leitura de metais.

Metais – mg.L ⁻¹	Percolado <i>in natura</i>	Percolado pós filtro lento	% Redução
Al	25,20	15,10	40,0
Cd	2,15	0,86	60,0
Pb	1,62	1,13	30,0
Cu	39,00	29,25	25,0
Cr	5,01	3,51	30,0
Ni	11,40	8,21	28,0
Zn	33,5	24,79	26,0
K	6,23	3,86	38,0
Na	1825,00	1770,25	3,0
Fe	54,16	17,87	67,0
Mn	17,48	7,87	55,0

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pelo suporte técnico.

Referências Bibliográficas

- ADIN, A. Slow granular filtration for water reuse. *Water Science and Technology*, v. 3, n. 4, p. 123-130, 2003.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION-APHA. *Standard Methods for the Water and Wastewater*. 20 ed. New York: APHA, 1998.
- BERTAZZOLI, R.; PELEGRINI, R. Descoloração e degradação de poluentes orgânicos em soluções aquosas através do processo fotoeletroquímico. *Química Nova*, v. 25, n. 3, p. 477-482, 2002.
- CHAE, S. R.; JEONG, H. S.; LIM, J. L.; KANG, S. T.; SHIN, H. S.; PAIK, B. C.; YOUN, J. H. Behaviors of intercellular materials and nutrients in biological nutrient removal process supplied with domestic wastewater and food waste. *Water Environment Research*, v. 76, n. 3, p. 272-279, 2004.
- CHRISTENSEN, T.; KJELDSEN, P.; BJERG, P. L.; JENSEN, D. L.; CHRISTENSEN, J. B.; BAUN, A.; ALBRECHTSEN, H.; HERON, G. Biogeochemistry of landfill leachates plumes. *Applied Geochemistry*, v. 16, p. 659-718, 2001.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL-CETESB-NT M 4500. *Areia para filtros de ETA*. 1995.
- DAVE, G.; NILSSON, E. Increased reproductive toxicity of landfill leachate after degradation was caused by nitrite. *Aquatic Toxicology*, v. 73, n. 1, p. 11-30, 2005.
- FERRAZ, C. F.; PATERNIANI, J. E. S. Redução da espessura da camada suporte através da substituição por mantas sintéticas não tecidas na filtração lenta de águas de abastecimento. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 7, n. 1, p. 8-15, 2002.
- JEONG-HOON, I. M.; HAE-JIN, W.; MYUNG-WON, C.; KI-BACK, H.; CHANG-WON, K. Simultaneous organic and nitrogen removal from municipal landfill leachate using an anaerobic-aerobic system. *Water Research*, v. 35, n. 10, p. 2043-2410, 2001.
- INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION-ISO 8245. *Guidelines for the Determination of Total Organic Carbon (TOC) and Dissolved Organic Carbon (DOC)* 1999.
- LIN, S. H.; CHANG, C. C. Treatment of landfill leachate by combined electron-fenton oxidation and sequencing bath reactor method. *Water Research*, v. 34, n. 17, p. 4243-4249, 2000.
- MARKICH, S. J.; BATLEY, G. E.; STAUBER, J. L.; ROGERS, N. J. APTE, S. C.; HYNE, R. V.; BOWLES, K. C.; WILDE, K. L.; CREIGHTON, N. M. Hardness corrections for copper are inappropriate for protection sensitive freshwater biota. *Chemosphere*, v. 60, n. 1-8, 2005.
- MARNIE, L. W.; BITTON, G.; TOWNSEND, T. Heavy metal binding capacity (HMBC) of municipal solid waste landfill leachates. *Chemosphere*, v. 60, n. 2, p. 206-215, 2005.
- PATERNIANI, J. E. S.; CONCEIÇÃO, C. H. Z. Utilização da pré-filtração e filtração lenta no tratamento de água para piscicultura. *Ecossistema*, v. 26, n. 1, p. 8-12, 2001.
- PATERNIANI, J. E. S.; CONCEIÇÃO, C. H. Z. Eficiência da pré-filtração lenta no tratamento de água para pequenas comunidades rurais. *Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia*, v. 1, n. 1, p. 17-24, 2004.
- PEREZ, A.; RAMOS, A.; MORENO, B.; ZAMORANO, T. Coagulation-flocculation as a submerged biological filter pré-treatment with landfill leachate. *Waste Management and the Environmental II*, p. 213-222, 2004.
- SETIADI, T.; FAIRUS, S. Hazardous waste landfill leachate treatment using an activated sludge-membrane system. *Water Science and Technology*, v. 48, n. 8, p. 111-117, 2003.
- SANTOS, F. F.; REZENDE, M. O. O. Influência do meio reacional no comportamento fotoquímico do inseticida paration etílico. *Química Nova*, v. 25, n. 1, p. 1-15, 2002.
- SPERLING, M. V. *Princípios básicos do tratamento de esgotos*, v. 2. Minas Gerais: SEGRAC, 1996.
- YANG, Z. Q.; ZHOU, S. Q. Analysis of the removal of heavy metals in landfill leachate by biological treatment. *Natural Science*, v. 33, n. 6, p. 63-67, 2005.
- YE, Z. H.; WHITING, S. N.; QIAN, J. H.; LYTLE, C. M.; LIN, Z. Q.; TERRY, N. Trace element removal from coal ash leachate by a 10-year-old constructed wetland. *Journal of Environmental Quality*, v. 30, n. 5, p. 1710-1719, 2001.
- ZAJC, N. R.; GLANCER, M.; GROMPING, M.; SOLJAN, V. Laboratory scale and pilot study of the treatment of municipal landfill leachate. *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly*, v. 18, n. 1, p. 77-84, 2004.