

II-433 - ESTUDO DA EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO SEGREGADO DOS EFLUENTES DO VASO SANITÁRIO

Diani Fernanda da Silva Less⁽¹⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná. Mestre em Engenharia Química pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Doutoranda em Biotecnologia e Biodiversidade pela Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal. Docente do curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Amapá.

Camilo Freddy Mendoza Morejon⁽²⁾

Engenheiro Químico formado pela Universidade Técnica de Oruro. Mestre em Engenharia Química e Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Professor associado da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, atua nos cursos de Graduação, Mestrado e Doutorado em Engenharia Química e Mestrado em Ciências Ambientais.

Felipe Ramon Less⁽³⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná. Mestrando em Gestão de Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia pela Universidade Federal do Pará. Auditor de Concessão e Outorga Florestal no Instituto Estadual de Florestas do Amapá.

Endereço⁽¹⁾: Av. Presidente Vargas, nº 650 – Centro – Macapá - Amapá - CEP: 68.900-070 - Brasil e-mail: diani.engambiental@gmail.com

RESUMO

Os efluentes do vaso sanitário podem ser classificados como água negra composta por fezes, urina e papel higiênico, nos dispositivos sanitários que possuem compartimento de separação de fezes e urina, originam-se dois tipos de águas residuárias, sendo elas a água marrom constituída apenas das fezes e a água amarela composta pela urina. Nesse contexto, o trabalho teve como objetivo comprovar a maior eficiência do tratamento dos dejetos sanitários por meio da segregação dos efluentes líquidos e dos dejetos sólidos. Para isso, desenvolveu-se um módulo, em escala de laboratório, contendo quatro reatores anaeróbicos para digestão de: a) dejetos humanos in natura; b) dejetos com inóculo; c) dejetos com inóculo e fibras; e d) dejetos com inóculo e água. Os reatores foram dispostos num “banho-maria”, com controle de temperatura (37°C) os quais foram monitorados durante 30 dias. Na cinética da biodigestão, a presença de água teve uma influência inversamente proporcional e a adição do inóculo e as fibras, nos reatores, propiciou uma efetiva degradação biológica resultando numa digestão total da matéria orgânica e remoção eficiente de *E. coli* (<1 NMP g⁻¹), resultados que corroboraram a eficiência do tratamento segregado dos dejetos do vaso sanitário.

PALAVRAS-CHAVE: Segregação, fezes e urina.

INTRODUÇÃO

Os efluentes produzidos nas residências também denominados águas servidas podem ser classificados de acordo com a sua fonte de origem. Com relação aos efluentes do vaso sanitário, pode ser originada a água negra composta por fezes, urina e papel higiênico, sendo que em dispositivos sanitários que possuem compartimento de separação de fezes e urina, originam-se dois tipos de águas residuárias, sendo elas a água marrom constituída apenas das fezes e a água amarela composta pela urina (GONÇALVES *et al.*, 2006).

Vários autores defendem o tratamento separado da urina e dos dejetos sólidos devido a suas diferentes composições e propriedades. As fezes possuem elevada quantidade de patogênicos e de matéria orgânica e a impermeabilidade constatada na sua estrutura demandam e favorecem um tratamento diferenciado (biológico). Além disso, a urina possui elevada carga de fósforo e nitrogênio e baixa presença de patogênicos e se apresenta no estado líquido o que também lhe confere a necessidade de um tratamento individualizado (HENZE, 1997; GONÇALVES *et al.*, 2006; ZANCHETA, 2007).

Nesse sentido, o estudo teve como o objetivo comprovar a maior eficiência no tratamento dos dejetos sanitários segregando os efluentes líquidos dos dejetos sólidos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Visando atingir o objetivo proposto de comprovar a maior eficiência de tratamento dos efluentes do vaso sanitário por meio da segregação dos efluentes líquidos e dos dejetos sólidos foi realizado um experimento em escala de laboratório baseando-se no processo de degradação anaeróbica.

No experimento foram utilizados quatro recipientes de vidro com volume de 2 L vedados e pintados com tinta preta fosca compondo os reatores anaeróbicos, tubos flexíveis para coleta do gases formados durante o processo de biodegradação, recipientes de 250 mL contendo água para definir o tempo de retenção dos sólidos dentro do reator e balões coletores de gás, como pode ser observado no esquema apresentado na Figura 1.

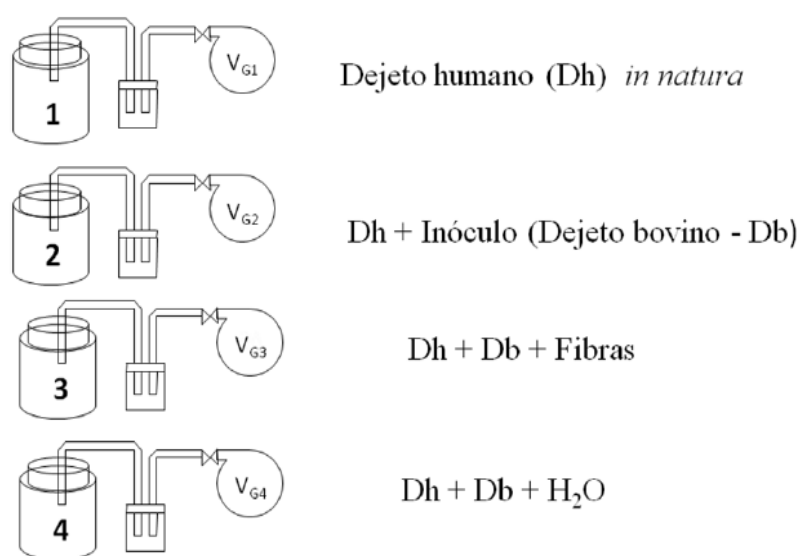


Figura 1: Esquema do experimento de tratamento dos efluentes do vaso sanitário utilizando biorreatores anaeróbicos.

Testou-se quatro métodos de degradação da matéria orgânica, visando obter a alternativa de maior eficiência, menor necessidade de tempo dos dejetos dentro do dispositivo para comprovar a hipótese que a segregação dos efluentes possibilita um tratamento mais efetivo e rápido.

Em cada reator, foi utilizado um tratamento, sendo eles: reator 1) 500 g de dejetos humanos (Dh) *in natura*; reator 2) 200 g de dejetos humanos e inóculo (20 g dejetos bovinos - Db); reator 3) 500 g de dejetos humanos, 50 g de dejetos bovinos e 20 g de fibras (serragem); e reator 4) 700 g de dejetos humanos, 70 g de dejetos bovinos e 0,5 L de água conforme apresentado na Figura 1.

Durante o experimento, os quatro reatores foram dispostos em uma bacia contendo água aquecida, por meio de uma resistência elétrica, a 37°C, com o objetivo de manter a temperatura constante e adequada ao processo de biodigestão. Realizou-se o monitoramento da temperatura dentro dos reatores utilizando um termômetro tipo espeto JPROLAB.

Após decorridos 30 dias do início do experimento, os biorreatores foram abertos para a verificação do estado de degradação biológica em que encontravam-se os dejetos. Inicialmente, pretendia-se obter o tempo necessário de detenção dos dejetos dentro dos reatores por meio da análise da geração de gás, ou seja, quanto estivesse ocorrendo atividade microbiana (degradação anaeróbica da matéria orgânica) dentro do reator seria produzido biogás e no momento que a mesma cessasse, a estabilização da matéria orgânica estaria completa. Porém devido à baixa quantidade de dejetos existente, não foi possível a observação da formação de biogás.

Após, ocorrido o processo de biodegradação dos dejetos, a matéria orgânica estabilizada, contida no reator que apresentou o tratamento mais efetivo em relação à degradação biológica do dejetos e o tempo de detenção, foi encaminhada ao Laboratório de Química Ambiental da UNIOESTE, campus de Marechal Cândido Rondon, para análises de nitrogênio, fósforo e potássio. Para a obtenção dos valores de nitrogênio utilizou-se a metodologia da digestão sulfúrica e destilação por método Kjeldhal. Na determinação de P empregou-se a digestão nitroperclórica pelo método do metavanadato de amônio. Quanto aos valores de K foi utilizada a digestão nitroperclórica e a determinação em Espectrômetro de Absorção Atômica.

As análises bacteriológicas de *Escherichia coli* (*E.coli*) e coliformes totais foram realizadas no Laboratório de Limnologia localizado no Bloco do GERPEL da UNIOESTE, campus de Toledo, de acordo com o método cromogênico utilizando kit Colilert (Idexx/Quanti-tray-2000).

Tais análises foram executadas visando comprovar a eficiência do tratamento segregado na degradação da matéria orgânica e na inativação de microrganismos patogênicos, e de forma complementar possibilitou a verificação da adequabilidade e potencialidade de utilização do resíduo digerido como adubo orgânico ou para disposição final no solo de acordo com a legislação vigente (CONAMA 375, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Visando comprovar a eficiência do tratamento segregado dos efluentes do vaso sanitário desenvolveu-se o módulo experimental ilustrado na Figura 2.



Figura 2: Módulo experimental dos biorreatores anaeróbicos desenvolvidos no estudo.

Os resultados do experimento evidenciaram que a presença de compostos líquidos (água e urina) juntamente com os dejetos sólidos, compromete sua degradação efetiva, exigindo maior tempo de detenção dentro do dispositivo, conforme ocorreu no reator apresentado na Figura 3. Após 30 dias do início do experimento constatou-se que parte do líquido do reator havia se deslocado para o recipiente do borbulhador (250 mL dos 500 mL adicionados) e os dejetos sólidos apresentavam as mesmas características físicas do início do experimento.

O reator 1, que possuía somente os dejetos in natura, também obteve resultados insatisfatórios em relação a degradação das fezes, os resíduos apresentaram odor desagradável característicos das fezes humanas. Observou-se também que a decomposição do dejetos contido nesse reator foi mais lenta em relação aos reatores 2 e 3, fato constatado pela análise da estrutura física das fezes, como mostra a Figura 3.



Figura 3: Reator 4 e 1 respectivamente, após decorridos 30 dias do início do experimento.

Os reatores 2 (dejetos humano e dejetos bovinos) e 3 (dejetos humanos, dejetos bovinos e fibras) apresentaram resultados mais eficientes em relação aos demais, os resíduos estavam visivelmente em estágio avançado de degradação, como pode ser visualizado na Figura 5. Ambos os resíduos não apresentaram odor característico o que confere vantagem ao sistema desenvolvido.



Figura 5: Reatores 2 e 3 após decorridos 30 dias do início do experimento.

A partir dos resultados do experimento constatou-se que a presença de compostos líquidos (água e urina) retarda o processo de decomposição dos dejetos humanos, exigindo um maior tempo de detenção dentro do reator o que implica em desvantagens na utilização de sistemas de que realizam o tratamento de forma conjunta (urina e fezes). Observou-se também, que para ocorrer à degradação mais acelerada, efetiva e sem a geração de odores desagradáveis deve-se adicionar um inóculo (dejetos bovinos) junto às fezes.

A presença das fibras não influenciou o processo de estabilização dos dejetos. Comprovou-se também que a inserção de uma etapa de separação dos dejetos sólidos e dos efluentes líquidos após a saída da fonte geradora possibilita um tratamento mais eficaz e rápido.

A partir dos resultados do experimento constatou-se que a presença de compostos líquidos (água e urina) retarda o processo de decomposição dos dejetos humanos, exigindo um maior tempo de detenção dentro do reator o que implica em desvantagens na utilização de sistemas de que realizam o tratamento de forma conjunta (urina e fezes). Observou-se também, que para ocorrer à degradação mais acelerada, efetiva e sem a geração de odores desagradáveis deve-se adicionar um inóculo (dejetos bovinos) junto às fezes.

A presença das fibras não influenciou o processo de estabilização dos dejetos. Comprovou-se também que a inserção de uma etapa de separação dos dejetos sólidos e dos efluentes líquidos após a saída da fonte geradora possibilita um tratamento mais eficaz e rápido.

Os resultados da caracterização química do material degradado apresentaram concentrações elevadas de N com valor de 28 g kg^{-1} , P com $27,4 \text{ g kg}^{-1}$ e K com $28,1 \text{ g kg}^{-1}$. Rebouças *et al.*, (2011) obteve concentrações de $12,9 \pm 7,8 \text{ g kg}^{-1}$ de N para dejetos tratados em sistemas de compostagem, Lara *et al.*, (1999) apresentou valores de concentração de 25 g kg^{-1} , 9 g kg^{-1} e 2 g kg^{-1} para N, P e K respectivamente, em lodos anaeróbios

com calagem. Observa-se que os valores de N apresentaram semelhanças, porém P e K demonstraram grandes disparidades nas concentrações constatadas, o que deve-se as diferenças nos hábitos alimentares e nos métodos de tratamento utilizados (KIRCHMANN E PETTERSON, 1995; REBOUÇAS *et al.*, 2011). Levando em consideração a possibilidade de utilização dos dejetos estabilizados no solo, a aplicação da quantidade adequada de nutrientes no mesmo varia de acordo com uma análise específica em que são determinadas as dosagens necessárias ao tipo de solo.

As análises bacteriológicas apresentaram resultados satisfatórios na inativação de *E. coli* ($<1 \text{ NMP g}^{-1}$) atendendo aos padrões prescritos na legislação ambiental norte-americana/EPA e na Resolução CONAMA 375/2006, ($< 10^3$ de coliformes termotolerantes). Para os coliformes totais obteve-se a concentração de 2.247 NMP g^{-1} , visando assegurar a disposição no solo pode-se utilizar cal virgem dolomítica para reduzir o número de CT (BARROS *et al.*, 2011). Nos dejetos estabilizados por meio do processo de compostagem descrito no estudo Rebouças *et al.*, (2011) foram detectadas 10^2 NMP g^{-1} de *E. coli*.

Os resultados microbiológicos obtidos foram altamente eficientes considerando que as concentrações iniciais de coliformes totais e *E. coli* no dejetos sem tratamento podem atingir valores de 10^{13} e 10^7 NMP g^{-1} respectivamente (SHONNING E STENTROM, 2004; REBOUÇAS *et al.*, 2011). Sendo que a *E. coli* é considerada pela legislação vigente, o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual existência de organismos patogênicos (CONAMA 2005; SÁ, 2012).

CONCLUSÕES

O estudo possibilitou a comprovação de que o tratamento segregado dos efluentes do vaso sanitário é mais eficiente e rápido. O tempo de retenção obtido no experimento necessário para ocorrer à completa estabilização da matéria orgânica foi de 30 dias. A caracterização dos resíduos tratados apresentou resultados satisfatórios com remoção efetiva de *E. coli* ($<1 \text{ NMP g}^{-1}$) baixa presença de coliformes totais (2.247 NMP g^{-1}) demonstrando que o método de separação das fezes e da urina após a saída dos dispositivos sanitários é mais vantajoso do que o emprego das tecnologias convencionais de tratamento unificado tanto dos efluentes gerados no vaso sanitário como os produzidos em toda a residência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARROS, I.; ANDREOLI, C.; SOUZA JUNIOR, I.; COSTA, A. Avaliação agrônômica de biossólidos tratados por diferentes métodos químicos para aplicação na cultura do milho. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.15, n. 6, p. 630-638, 2011.
2. CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005: Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Ministério do Meio Ambiente, Brasília-DF, 2005. 27p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em Abr. 2013.
3. CONAMA- Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 375, de 29 de agosto de 2006: Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Ministério do Meio Ambiente, Brasília-DF, 2006. 32 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>. Acesso em Abr. 2013.
4. GONÇALVES, R. F.; REBOUÇAS, T. C.; MIRAVAL, D. O.; BIANCHI, G.; BAZZARELLA, B. B. Caracterização e tratamento de diferentes tipos de águas residuárias de origem residencial após segregação. In: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, 30, Punta del Este, 2006. Anais... Disponível em: http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/uruguay30/BR04371_Goncalves.pdf. Acesso em Abr. 2013.
5. HENZE, M. Waste design for households with respect to water, organics and nutrients. Water Science and Technology, v. 35, n. 9, p. 113-120, 1997.
6. KIRCHMANN, H., PETTERSSON, S. Human urine - chemical composition and fertilizer use efficiency. Fertilizer Research, n. 40, p. 149-154, 1995.
7. LARA, Aderlene Ines de (org.). Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura. Sanepar/Prosab, 1999. 98 p.

8. REBOUÇAS, T. C.; LIMOEIRO, K. S.; FONTANA, G. H.; REBOUÇAS, C. C.; GONÇALVES, R. F. Estabilização de fezes humanas através de compostagem em regime de batelada. Revista AIDS de Ingeniería y Ciencias Ambientales, v. 4, n. 2, p. 57-67, 2011.
9. SÁ, M. F. Dinâmica da população de coliformes após a aplicação de dejetos de suínos no solo e durante a sua compostagem automatizada. Santa Maria. 2012. Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo. Centro de Ciências Rurais-Universidade Federal de Santa Maria, 82 p.
10. ZANCHETTA, P. G. Recuperação e tratamento da urina humana para uso agrícola. Vitória-ES. 2007. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Espírito Santo, 83 p.