

II-307 – AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE *ESCHERICHIA COLI* E OVOS DE HELMINTOS POR REATOR UASB SEGUIDO DE FILTRO BIOLÓGICO PERCOLADOR

Maria Natália Costa e Silva⁽¹⁾

Bióloga pela Universidade Federal de São João del-Rei, especialista em Saneamento e Meio Ambiente pela Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA/UFGM). Mestranda em Ciência e Tecnologia Ambiental na Universidade Estadual da Paraíba.

Fátima Carolina Santana Marques⁽²⁾

Bióloga pelo Instituto Metodista Izabela Hendrix

Gloria Suzana Meléndez Bastos⁽³⁾

Bióloga pela Universidade Federal de Ouro Preto, mestre em Saneamento e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Minas Gerais, doutora em Parasitologia

Carlos Augusto de Lemos Chernicharo⁽⁴⁾

Professor Associado do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais

Endereço⁽¹⁾: Av. Antonio Carlos 6.627 - Escola de Engenharia - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - Bloco 2 – (31)9821-7919 - e-mail: marianataliacs@yahoo.com.br

RESUMO

O lançamento de esgoto sanitário no ambiente está diretamente relacionado com a saúde pública por conter microrganismos potencialmente patogênicos. Portanto, para reutilizar o esgoto tratado em cultivos, a Organização Mundial da Saúde sugere como parâmetros indicadores da qualidade do efluente a concentração de *Escherichia coli* e ovos de helmintos presentes no efluente. Com o objetivo de reduzir os riscos de contaminação da população por patógenos e amenizar o impacto de carga orgânica e outros poluentes nos cursos d'água, o tratamento de efluentes domésticos deve ser efetivo. Uma tecnologia de tratamento de esgoto que se destaca pela simplicidade operacional e custo reduzido é o reator UASB. Entretanto, existe a necessidade de inserir uma etapa de um pós-tratamento para a melhorar a qualidade do efluente final.

Esse trabalho avaliou a eficiência de remoção de *E. coli* e ovos de helmintos em um sistema reator UASB seguido de filtro biológico percolador (FBP) como pós-tratamento, em escala de demonstração, localizadas no CePTS (UFMG/COPASA). No esgoto bruto encontraram-se concentrações médias de coliformes totais e *E. coli* na ordem de 10^8 e 10^7 NMP/100mL, respectivamente. Para efluente UASB as concentrações foram de 10^7 e 10^6 NMP/100mL e para o efluente do sistema UASB/FBP encontraram-se 10^4 e 10^3 NMP/100mL, respectivamente. O sistema apresentou eficiência de remoção de 4 unidades log para *E. coli*. As concentrações de ovos de helmintos encontradas foram em média de 15,2 em EB; 10,3 em efluente UASB e 4,7 ovos/L no efluente UASB/FBP. A eficiência de remoção de ovos de helmintos do sistema apresentou média de 59% e mediana de 90,6%. O efluente final do sistema UASB/FBP atingiu o padrão de concentração de *E. coli* para reuso, exceto para culturas de folhas. Porém, não apresentou concentrações suficientes de ovos de helmintos para reuso na agricultura. O FBP foi responsável pela remoção dos organismos analisados.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de Esgoto, UASB, Filtro Biológico Percolador, *Escherichia coli*, Helmintos.

INTRODUÇÃO

A água é de extrema importância para toda forma de vida. Quando a água possui alguma finalidade de uso para a sociedade, pode, também, ser denominada como recurso hídrico (FERREIRA *et al.*, 2008). Dentre os vários usos desse recurso, destacam-se a irrigação, recreação e captação para usos doméstico e industrial. Preservar uma água de qualidade para usos diversificados sem prejuízo a outrem é um dever a ser cumprido. A água possui a propriedade de carrear substâncias que se encontram dissolvidas ou em partículas. Beneficiando-se de tal propriedade alguns organismos patogênicos utilizam a veiculação hídrica como forma de atingir um ambiente favorável para perpetuar seu ciclo vital (SAREDI, 2002).

A *World Health Organization-WHO* (2009) estima que ocorram por ano cerca de 2,5 bilhões de casos de diarreia entre menores de cinco anos de idade no mundo causadas por patógenos de veiculação hídrica. Em 2004, a mortalidade de crianças nessas condições foi de 1,4 milhões, sendo que os menores de dois anos foram os mais vulneráveis. Apesar da metade dessa estatística estar na África e sul da Ásia, todos os países em desenvolvimento enfrentam essa realidade. Portanto, constata-se que, de alguma forma, as águas contaminadas com os agentes patológicos entram em contato com rejeitos fecais de humanos infectados.

Helmintos como *Ascaris lumbricoides* e bactérias heterotróficas são exemplos de organismos de veiculação hídrica transmitidos por via oro-fecal. Alguns grupos de bactérias podem ser muito ofensivos, causando graves doenças como o cólera, outros vivem de forma comensal nos organismos humanos (BASTOS, 2006). *Escherichia coli* é uma espécie do grupo das bactérias encontrada em grande quantidade em intestinos de animais homeotérmicos sem causar-lhes danos, apesar de alguns sorotipos causarem síndromes diarreicas aos hospedeiros (TORTORA *et al.*, 2005).

O tratamento de esgoto sanitário é responsável por amenizar alguns impactos no ambiente aquático e na saúde humana provocados por tais patógenos. Considerando que alguns sistemas de tratamento de esgoto não atendem a todos os requisitos para os padrões de lançamento estabelecidos pela legislação brasileira e o recomendado para reuso do efluente para fins mais nobres, como rega de verduras e hortaliças (Tab. 1), justifica-se a investigação de outros métodos de tratamento que se adequem a realidade local e cumpram os padrões exigidos (MASCARENHAS *et al.*, 2004).

Tabela 1: Recomendações de WHO para utilização de efluente de esgoto tratado

Atribuições da utilização		<i>Escherichia coli</i> /100 mL	Ovos de helmintos /L
Irrigação irrestrita	Cultura de raízes.	Menos de 10^4	Menos de 1 ovo de helminto/L
	Cultura de folhas	Menos de 10^3	
Irrigação restrita	Trabalho intensivo, a agricultura de alto contato	Menos de 10^4	Menos de 1 ovo de helminto/L
	Agricultura altamente mecanizada	Menos de 10^5	

Fonte: Adaptado de WHO, 2006 *apud* Bastos 2011

O presente trabalho objetiva-se a avaliar a eficiência dos sistemas de tratamento formado por reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo (UASB) e UASB seguido de filtro biológico percolador com o meio de enchimento Rotosponge, para remoção de coliformes termotolerantes, *E. coli* e ovos de helmintos no esgoto da região metropolitana de Belo Horizonte, além de verificar a função do meio filtrante na remoção.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi utilizado o esgoto sanitário da região metropolitana de Belo Horizonte após tratamento preliminar proveniente da estação de tratamento de esgoto do ribeirão Arrudas, ETE Arrudas. As unidades de tratamento de esgoto se apresentam em escala de demonstração e estão instalados dentro da ETE no Centro de Pesquisa e Treinamento em Saneamento (CePTS UFMG/COPASA). O reator UASB foi desenvolvido em aço carbono e projetado para um equivalente populacional de 300 habitantes. Possui área superficial total de $3,5\text{m}^2$ e volume útil de $16,8\text{m}^3$. O reator opera com vazão média $48\text{m}^3/\text{d}$ e tempo de detenção hidráulico de 8,5h. O FBP consiste em um tanque circular preenchido com material sintético formado por placas corrugadas de polietileno entre camadas de espuma de poliuretano, por isso denominado FBP Rostosponge (Fig. 1). Ele possui altura de 4,2 metros, considerada elevada se comparada com o usual para essa unidade de tratamento de esgoto. O sistema opera com vazão média de 4,54 a $6,80\text{m}^3/\text{d}$ e taxa de aplicação superficial de 10 a $15\text{m}^3/\text{m}^2.\text{d}$. O volume útil da unidade é de $1,85\text{m}^3$ e possui diâmetro de 0,76m. O sistema está representado na Figura 1.

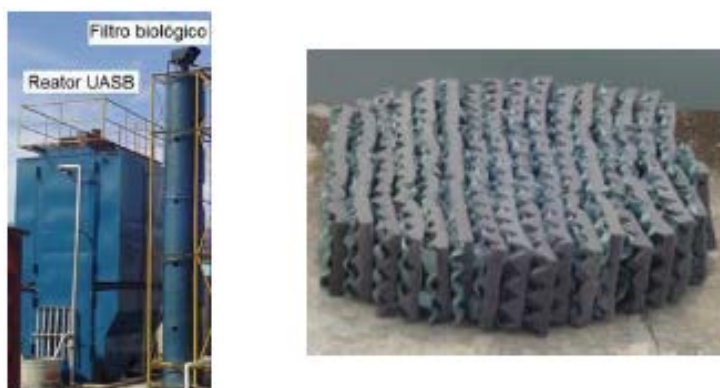


Figura 1: i) Sistema formado por reator UASB e FBP Rotosponge; ii) Meio filtrante do FBP Rotosponge.

Os três pontos amostrais foram dispostos da seguinte forma: i) esgoto bruto após tratamento preliminar, ii) efluente do reator UASB e iii) efluente do FBP Rotosponge. As amostras foram devidamente acondicionadas e encaminhadas para análises desenvolvidas em laboratório. A metodologia utilizada para análise de coliformes totais e *E. coli* foi a técnica do substrato cromogênico *Quanti-Tray Colilert*, descrita no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Para quantificação de ovos de helmintos foram feitas análises segundo método de Bailenger (1979) modificado por Ayres & Mara (1996). Essa mesma metodologia é adotada pela Organização Mundial da Saúde.

Foram calculadas as eficiências de remoção nas duas unidades e os dados passaram por tratamento e análise estatística utilizando os programas STATISTICA 6.0 e MICROSOFT/EXCEL.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Coliformes totais e *E. coli*

As concentrações médias encontradas nos pontos amostrais estudados se mostraram de acordo com o que rege na literatura nacional. No esgoto bruto foi encontrado a média geométrica de $2,0 \times 10^8$ NMP/100mL para coliformes totais (CT) e $8,2 \times 10^7$ para *E. coli* (EC). Zerbini (2000) encontrou média no valor de $9,8 \times 10^9$ NMP/100mL para coliformes totais. Mascarenhas *et al.* (2004), analisando a concentração de *E. coli* no esgoto bruto encontraram média de 10^8 NMP/100mL. Em efluente de reator UASB foram encontradas médias de $2,0 \times 10^7$ NMP/100mL para coliformes totais e $9,7 \times 10^6$ NMP/100mL para *E. coli*. Em efluentes de reator UASB, Calijuri (2009), encontrou resultados de concentração de coliformes totais variando da ordem de 10^7 a 10^8 . Para o efluente final do sistema UASB seguido de FBP RS foram obtidos valores médios de $2,5 \times 10^4$ NMP CT/100mL e $8,0 \times 10^3$ NMP EC/100mL. Em outras unidades de pós-tratamento foram encontrados resultados variáveis. Nas *wetlands* como pós-tratamento, em que Calijuri *et al.* (2009) encontraram concentrações médias de, aproximadamente, 10^5 CT/100mL. Sousa *et al.* (2005) encontraram concentrações de *E. coli* na ordem de 3 unidades logarítmicas em sistemas de *wetlands*. A Figura 2 representa em box plot as concentrações encontradas nos pontos amostrais.

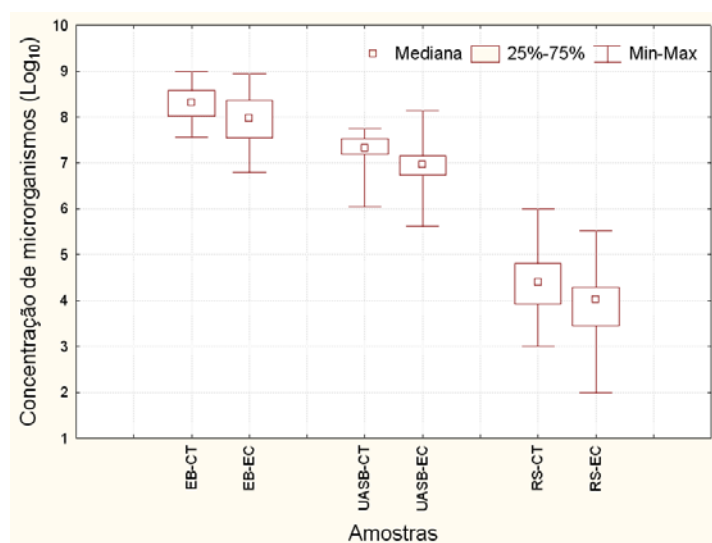


Figura 2: Box plot das concentrações de coliformes totais (CT) e *E. coli* (EC) ao longo dos sistemas de tratamento: UASB e UASB/FPB RS. EB - esgoto bruto; UASB – efluente do reator UASB; RS – efluente do sistema UASB seguido de filtro biológico percolador Rotosponge

As eficiências de remoção, expressas em unidades logarítmicas, dos sistemas foram semelhantes para coliformes totais e *E. coli*, apresentando eficiências de 1,0 e 0,9, respectivamente, para o sistema formado pelo reator UASB e 3,9 e 4,0, respectivamente, para o sistema UASB seguido de FPB Rotosponge (Fig. 3). Os valores encontrados de eficiência de remoção de coliformes totais assemelham-se aos de Zerbini (2000) e Sousa *et al.* (2005). Analisando unidades *wetlands* como unidades de pós-tratamento, Calijuri *et al.* (2009) encontraram médias de remoção de coliformes totais de pouco mais de 2 unidades log e 3 logs para *E. coli*. O sistema UASB/FPB RS apresentou melhores resultados na remoção de microrganismos, com média aproximada de 4 logs.

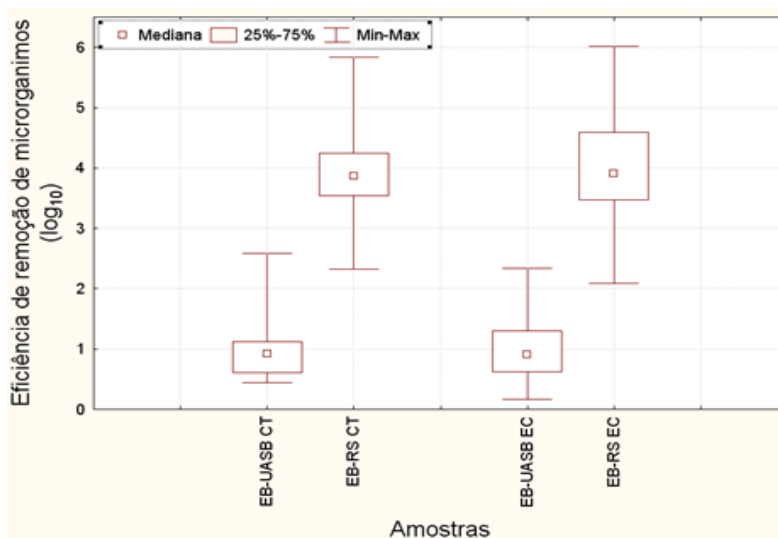


Figura 3: Eficiência de remoção de microrganismos nos sistemas de tratamento de esgoto analisados. i) Coliformes totais no sistema reator UASB; ii) *E. coli* no sistema reator UASB; iii) Coliformes totais no sistema UASB seguido de filtro biológico percolador Rotosponge; iv) *E.coli* no sistema UASB seguido de filtro biológico percolador Rotosponge.

De acordo com o recomendado por WHO (2006) para reuso de esgoto sanitário tratado, valor médio de *E. coli* no efluente UASB não foi suficiente para atingir o padrão recomendado. Já o efluente final do sistema UASB/FBP RS obedece aos padrões de uso em irrigação restrita tanto para o trabalho intensivo na agricultura de alto contato quanto para a agricultura altamente mecanizada (menos de 10^4 e 10^5 NMP/100mL, respectivamente). Para irrigação irrestrita, somente para o cultivo de raízes atendeu-se a premissa, excluindo o uso do efluente para cultura de folhas (menos de 10^4 e 10^3 NMP/100mL, respectivamente).

Ovos de helmintos

As concentrações médias encontradas para ovos de helmintos foram, em ovos/L, de 15,2 em EB; 10,3 em efluente UASB; e 4,7 para efluente RS. A média aritmética apresentada por Zerbini (2000) foi de 47,3 ovos/L para esgoto bruto e 13,9 ovos/L para UASB. Tal divergência pode ser tanto pela melhoria na saúde pública e no sistema de esgoto sanitário dos últimos anos quanto pela característica dos afluentes por advirem de municípios diferentes. Em sistemas que utilizaram lagoas de polimento e *wetlands* como pós-tratamento a média encontrada foi menor que um e bem próximas de zero em alguns casos (SOARES *et al.*, 1999, MASCARENHAS *et al.*, 2004).

O sistema formado por reator UASB apresentou média de remoção de ovos de helmintos de 7,7% e para reator UASB seguido de FBP RS encontrou-se média de remoção próxima a 60%, evidenciando maior eficiência do sistema. Ocorreram alguns resultados negativos na eficiência de remoção quando a concentração de ovos de helmintos no esgoto bruto era menor que a encontrada nos sistemas de tratamento, significando maior concentração na saída que na entrada do sistema. Esse fato pode ser explicado pela retenção de partículas sólidas no lodo do reator UASB e aderidas ao meio filtrante do filtro biológico percolador (FBP) que, por vezes, são liberadas no efluente do sistema. Os valores da estatística descritiva mais representativos para eficiência de remoção foram as medianas, as quais representaram, aproximadamente, 44 e 91% para os sistemas UASB e UASB seguido de FBP Rotosponge, respectivamente.

A média de remoção do reator UASB encontrada por Zerbini *et al.* (1999) foi de 60%, portanto mais elevada que a encontrada no presente estudo. Sistemas formados por reator UASB seguido de pós-tratamento com unidades de escoamento superficial e *wetlands* demonstram 100% de eficiência de remoção de ovos de helmintos, portanto mais eficientes que FBP RS (ZERBINI, 2000; Sousa *et al.*, 2005).

Comparando as concentrações dos parâmetros avaliados observa-se que o filtro biológico percolador é o principal responsável pela menor concentração de coliformes totais, *E. coli* e ovos de helmintos encontrada no efluente final do sistema UASB/FBP RS. Fatores determinantes na remoção de bactérias por filtro biológico percolador incluem retenção no biofilme, adsorção ao meio suporte, predação e competição. O leito filtrante do Rotosponge formado por espuma de poliuretano apresentou-se favorável à retenção de microrganismos do grupo coliformes. O tempo de detenção hidráulica (TDH) é um importante fator para o decaimento bacteriano nos sistemas de pós-tratamento. Almeida *et al.* (2011) analisaram diferentes tipos de preenchimento de filtro biológico percolador e observaram que o maior TDH do Rotosponge foi um dos prováveis fatores que influenciou na melhor remoção de DBO, DQO e SST por esse material. Porém, o tempo de detenção hidráulica do FBP RS no sistema analisado foi de, aproximadamente, duas horas o que o torna pouco significativo para o decaimento bacteriano. No entanto, os interstícios da espuma do Rotosponge fornecem um elevado tempo de retenção de sólidos a esse sistema, aumentando o tempo de retenção bacteriana nesses sítios que, possivelmente, se tornam um ambiente propício à predação.

Quanto aos ovos de helmintos a remoção se dá, principalmente, por sedimentação discreta. No FBP, devido à tensão de cisalhamento, o biofilme presente no meio filtrante se desprende e os ovos de helmintos aderidos à massa biológica do leito filtrante formam o lodo do pós-tratamento. Sem a etapa de decantação, ausente no FBP RS, esse lodo é lançado junto ao efluente final. Tal fato pode explicar a presença de ovos de helmintos no efluente final em concentração superior à encontrada por outros sistemas de pós-tratamento descritos na literatura. Para ovos de helmintos, o efluente final não atendeu a nenhum quesito de uso do efluente para agricultura de acordo com o estabelecido pela OMS.

CONCLUSÕES

O reator UASB como única unidade de tratamento de esgoto sanitário não é capaz de atender aos requisitos sugeridos pela WHO (2006) para reuso de efluente em sistemas agrícolas. As concentrações de coliformes e *E. coli* no efluente final do sistema formado por UASB/FPB RS atenderam aos padrões de reuso de água residuária indicado por WHO para irrigação na agricultura, exceto para o culturas alimentícias ingeridas cruas.

O sistema UASB/FPB RS não foi eficiente para enquadrar a concentração de ovos de helmintos (menos de 1 ovo/L) do efluente final nos padrões exigidos por WHO para fins de irrigação de quaisquer culturas, indicando, possivelmente, necessidade de um decantador secundário. Em todos os parâmetros analisados o sistema formado por pós-tratamento de efluente do reator UASB foi mais eficiente na redução das concentrações, indicando que o FPB foi o maior responsável pela remoção dos organismos analisados.

Recomenda-se, portanto, maiores estudos apresentando modificações operacionais e estruturais para avaliar a influência do material do meio filtrante formado por espuma de poliuretano na remoção de microrganismos e patógenos. Além de pesquisas com diferentes sistemas de tratamento de esgoto doméstico que possam, além de reduzir a carga poluidora e contaminante do mesmo, atender às limitações da economia local e ainda servir como fonte de renda através de seu reuso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, P. G.S.; OLIVEIRA, S. C.; CHERNICHARO, C. A. L. Operação de filtros biológicos percoladores pós-reatores UASB sem a etapa de decantação secundária. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. Vol. 16, N 3, p 271-280, 2011.
2. BAILINGER J 1979. Mechanisms of parasitological concentration in coprology and their practical consequences. *Journal of American Medical Technology* 41: 65-71. Citado por Ayres RM & Mara DD 1996. *Analysis of Wastewater for Use in Agriculture - A Laboratory Manual of Parasitological and Bacteriological Techniques* (WHO) 35pp.
3. BASTOS, G. S. M. Avaliação da eficiência da irradiação gama na desinfecção de esgoto doméstico bruto e esgoto tratado em reator UASB.. Dissertação de Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos – Escola de Engenharia, UFMG, Belo Horizonte,. 2006,. 116f.
4. CALIJURI, M. L, BASTOS, R. K. X, MAGALHÃES, T. B.; CAPELETE, B. C.; DIAS, E. H. O. Tratamento de esgotos sanitários em sistemas reator UASB/*wetlands*, construídas de fluxo horizontal: eficiência e estabilidade de remoção de matéria orgânica, sólidos, nutrientes e coliformes. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. Vol 14, N 3, p 421-430, 2009.
5. FERREIRA, M. I. P., SILVA, J. A. F., PINHEIRO, M. R. C. Recursos hídricos: água no mundo, no Brasil e no estado do Rio de Janeiro. *Boletim do observatório ambiental Alberto Ribeiro Lamego*. Campos dos Goytacases, RJ, v. 2, n. 2, jul./dez., 2008.
6. MASCARENHAS, L. C. A.; VON SPERLING, M.; CHERNICHARO, C. A. L. Avaliação do desempenho de lagoas de polimento rasas, em série, para o pós-tratamento de efluentes de reator UASB. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. Vol. 9, N. 1, p.45-54, 2004.
7. SAREDI, N. *Manual práctico de parasitología médica*. 1. ed. Buenos Aires: Laboratorios Andrómaco, 2002, 112p.
8. SOARES, A. M. E.; ZERBINI, A. M.; MELO, M. C.; VON SPERLING, M.; CHERNICHARO, C. A. L. Perfil longitudinal de *Escherichia coli* e ovos de helmintos em um sistema reator UASB/lagoas de polimento com chicanas. *Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES)*, Rio Grande do Sul, 2000.
9. SOUSA, J. T. de; VAN HAANDEL, A. C.; CAVALCANTI, P. F. F.; FIGUEIREDO, A. M. F. Tratamento do esgoto para uso na agricultura do semi-árido nordestino. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. Vol 10, N 3, p 260-265, 2005.
10. TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. *Microbiologia*. 8 ed. São Paulo: Artmed, 2005. 827p.
11. WHO Library Cataloging-in-Publication Data. *Diarrhoea: Why children are still dying and what can be done*. 2009.
12. WHO World Health Organization 2006a. *WHO Guidelines for Safe Use of Wastewater Excreta and Grey water. Policy and Regulatory Aspects*. 1. france. 114pp.
13. ZERBINI, A. M. Identificação e análise de viabilidade de ovos de helmintos em um sistema de tratamento de esgotos domésticos constituídos de reatores anaeróbios e rampas de escoamento

- superficial*. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2000. 157f.
14. ZERBINI, A. M., CHERNICHARO, C. A. L., VIANA, E. M. Estudo da remoção de ovos de helmintos e indicadores bacterianos em um sistema de tratamento de esgoto doméstico por reator UASB e aplicação superficial no solo. In: 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1999.