

II-045 – TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO DE COMPLEXO HOSPITALAR POR FILTRO ANAERÓBIO SEGUIDO DE BIOFILTRO AERÓBIO SUBMERSO: REMOÇÃO DE CISTOS DE *Giardia* spp. e oocistos de *Cryptosporidium* spp

Mário Luiz Rodrigues Foco⁽¹⁾

Tecnólogo em Saneamento Básico pela Faculdade de Tecnologia da Unicamp, Mestre em Eng. Civil pela Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo FEC/Unicamp, Doutorando em Eng. Civil FEC/Unicamp.

Juliane Araújo Greinert-Goulart⁽²⁾

Farmacêutica e Bioquímica pela UFSC. Mestre em Biotecnologia (UFSC). Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Parasitologia (UNICAMP). Professora do Depto. de Ciências Naturais – FURB.

Diego Averaldo Guiguet Leal⁽³⁾

Biólogo pela PUC/Campinas. Mestre em Parasitologia (UNICAMP). Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Parasitologia (UNICAMP). Biólogo do Depto. de Biologia Animal – UNICAMP.

Regina Maura Bueno Franco⁽⁴⁾

Bióloga pela UNICAMP. Mestre em Parasitologia (UFMG). Doutora em Parasitologia (UNICAMP). Professora do Depto. de Biologia Animal – UNICAMP

Edson Aparecido Abdul Nour⁽⁵⁾

Engenheiro de Alimentos (UNICAMP), Tecnólogo em Saneamento (UNICAMP), Mestre em Engenharia Civil (UNICAMP), Doutor em Hidráulica e Saneamento (EESC/USP). Atualmente é professor Associado do Depto. de Saneamento e Ambiente da FEC/UNICAMP.

Endereço⁽¹⁾: DAS/FEC/UNICAMP, Av. Albert Einstein, 951 - CEP: 13083-852 – Barão Geraldo – Campinas-SP, Tel: (19) 3521-7730 - e-mail: foco_mario@yahoo.com.br

RESUMO

Os protozoários *Giardia* spp. e *Cryptosporidium* spp. são importantes patógenos de veiculação hídrica e responsáveis por diversos surtos epidêmicos relacionados ao consumo de água contaminada. Devido à grande resistência durante o tratamento do esgoto, alterações na performance do sistema podem resultar na diminuição da remoção destes protozoários. O objetivo deste trabalho foi avaliar a remoção de cistos e oocistos em um sistema combinado anaeróbio/aeróbio tratando esgoto sanitário em escala de bancada em dois regimes hidráulicos (TDH total de 18,6 e 13,9 horas). Atingido o equilíbrio dinâmico do sistema, monitorou-se a remoção de cistos de *Giardia* spp. e oocistos de *Cryptosporidium* spp. Os resultados mostram elevadas concentrações de cistos de *Giardia* spp. no lodo retido no filtro anaeróbio, concentrações menores no lodo do biofiltro aerado submerso e nenhuma observação no decantador. O sistema avaliado mostrou-se eficiente na remoção de cistos de *Giardia* spp., demonstrando ser uma configuração capaz de servir como barreira, minimizando o aporte de cistos e oocistos no manancial, protegendo sua qualidade para abastecimento.

PALAVRAS-CHAVE: Patógenos emergentes, sistema combinado anaeróbio/aeróbio, lodo.

INTRODUÇÃO

O esgoto hospitalar apresenta uma grande variedade de compostos químicos utilizados em tratamento, limpeza e desinfecção. Além disso, contém uma imensa variedade de patógenos. O tratamento adequado deste tipo de esgoto é de fundamental importância para a proteção dos mananciais e para proteção da saúde pública.

A adoção de um sistema combinado anaeróbio/aeróbio com biomassa aderida para o tratamento de esgoto sanitário que recebe efluente hospitalar visa, entre outros objetivos, a menor produção de lodo, no qual ficam concentrados a maior parte dos ovos de helmintos, cistos e oocistos de protozoários, refletindo em economia na destinação segura deste resíduo; e, a operação mais equilibrada e robusta do sistema de tratamento diante de variadas cargas de químicos com características saneantes.

Em nível mundial, os protozoários foram a causa de 325 surtos epidêmicos de veiculação hídrica nos últimos anos, ocorridos nos EUA e Europa. Entre as várias espécies, como *Entamoeba histolytica*, *Cyclospora cayetanensis*, destacaram-se *Cryptosporidium* spp. e *Giardia* spp. que foram os agentes etiológicos de 50,8 % e 40,6 % destes surtos, respectivamente (KARANIS et al., 2007). Os cistos de *Giardia* e os oocistos de *Cryptosporidium* podem persistir por longos períodos no ambiente e ambos já foram responsáveis por diversos surtos de gastroenterites devidos ao consumo de água contaminada. Devido às pequenas dimensões dos cistos e oocistos, essas formas se comportam de maneira semelhante às partículas inorgânicas em suspensão e são passíveis de remoção junto com sólidos em suspensão.

Robertson et al (2000) objetivaram relacionar remoção de parasitos com sólidos em suspensão (SS) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO), revelam que Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) com menor eficiência de remoção de cistos, também tiveram menor diminuição de SS e DBO, no entanto a que obteve uma maior remoção de parasitos não tem uma redução significativamente maior na SS e DBO que os demais. Estes achados sugerem que os fatores que são importantes na redução de SS e DBO também são importantes na eliminação de parasitos, entretanto, outros fatores não identificados também podem ser de importância.

Dentre estes fatores “não identificados” o projeto de pesquisa busca verificar: - o efeito da remoção de sólidos suspensos fixos e cistos e oocistos; - a predação de cistos e oocistos pela microfauna presente no sistema, e - efeitos da operação por aeração prolongada devido ao aumento da razão de recirculação de efluente para nitrificação-desnitrificação no sistema induzindo ao decaimento endógeno da biomassa, e efeitos sobre a remoção de protozoários. Este trabalho traz informações preliminares sobre o desempenho de um sistema combinado anaeróbio/aeróbio, tratando esgoto sanitário que recebe efluente hospitalar, na retenção de cistos de *Giardia* spp. e oocistos de *Cryptosporidium* spp., constituído de filtro anaeróbio (FA) seguido de biofiltro aerado submerso (BAS) e operado após atingir o equilíbrio dinâmico do sistema, em dois regimes hidráulicos (Tempo de Detenção Hidráulica -TDH total de 18,6 e 13,9 horas).

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a montagem do aparato experimental, foram utilizados 02 reservatórios em PVC (marca: Ideoxima) com volumes reacionais de 32,6 e 17,6 L, os quais constituíram respectivamente o FA e BAS, bomba peristáltica (marca: Provitec – modelo: DM 5000) para alimentar o sistema, compressor de ar comprimido (Schultz – modelo: 10 pés), rotâmetro (marca: Dwyer – modelo RMA-21-SSV).

A Figura 1 apresenta um esquema da instalação experimental com os respectivos pontos de amostragem.

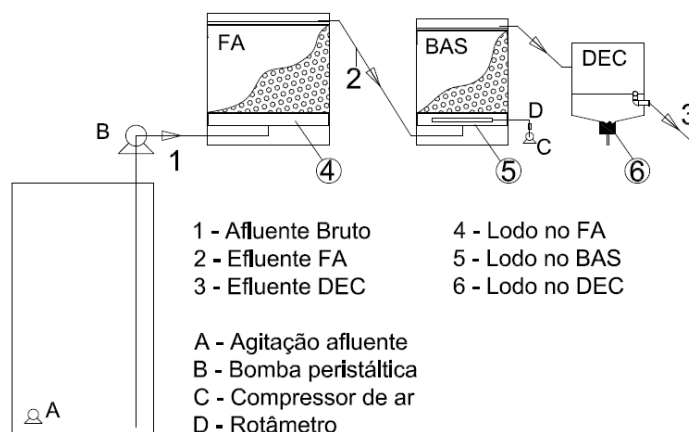


Figura 1 – Esquema da instalação com os pontos de amostragem

As amostras de lodo, foram coletadas nos pontos enumerados como 4, 5 e 6, as quais referem-se ao lodo contido no FA, BAS e Decantador (DEC), respectivamente.

O meio suporte empregado para adesão do biofilme nos reatores foi constituído por eletrodutos corrugados de PVC com 25,4 mm de diâmetro, 15,0 mm de comprimento e índice de vazios de $93,2 \pm 0,28$ %.

O esgoto sanitário empregado é proveniente de uma região, onde estão situados hospital, bancos, restaurantes, uma creche e uma escola, na qual circulam aproximadamente 10 mil pessoas diariamente.

A rotina de monitoramento do sistema incluiu as seguintes variáveis: pH, alcalinidade, ácidos orgânicos voláteis (AOV), oxigênio dissolvido (OD), temperatura, e demanda química de oxigênio (DQO) e avaliou-se a série de sólidos. As metodologias são as contidas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th* (APHA, *et. al.*, 1998), e a frequência das análises foi de duas vezes por semana.

Atingiu-se o equilíbrio dinâmico do sistema após 38 dias de operação. A partir deste momento operou-se o sistema em dois regimes hidráulicos com TDH decrescente. Na Tabela 1 resume-se as condições operacionais das fases.

Tabela 1 Tempo de detenção hidráulico (TDH) em cada Fase do estudo

Fase	Operação (d)	Período (d)	Q (L h ⁻¹)	TDH (h)		
				FA	BAS	SC
F1	127	80 a 207	2,70	12,1	6,5	18,6
F2	83	208 a 291	3,62	9,0	4,9	13,9

1.1. Investigação da presença de *Giardia* spp. e *Cryptosporidium* spp.

A avaliação da presença de *Giardia* spp. e *Cryptosporidium* spp., em amostras de lodo foi realizada de acordo com protocolo para concentração modificado de Robertson *et al.* (2000) e adaptado por Cantusio Neto *et al.* (2006). Em tubos de centrifuga de 15,0 mL foram colocados 5,0 mL de amostra de lodo previamente filtrado em peneira de 1,0 mm² e completado com 10,0 mL de solução de eluição contendo Tween 80 a 0,1% (1:2). A seguir, foram centrifugados a 1.500 x g durante 15 minutos. O sobrenadante foi descartado e o sedimento final transferido para microtubos e mantido a 4,0 °C.

A pesquisa dos cistos e oocistos nas amostras concentradas foi realizada mediante a reação de imunofluorescência direta (RID) conforme as instruções do fabricante do Kit diagnóstico (Merifluor® - Meridian Bioscience, Cincinnati, Ohio). Para a confirmação morfológica dos cistos e oocistos foi utilizado o corante vital DAPI na diluição 1:2500 nas mesmas amostras submetidas a RID. A visualização da RID foi feita através de microscópio de epifluorescência com filtro de excitação de 450 a 490 nm e filtro de barreira de 520nm (verde) e a visualização dos protozoários marcados com DAPI com filtro de excitação 365 a 400 nm e um filtro de barreira de 395nm (azul).

Após a enumeração dos cistos e oocistos presentes nas amostras, o cálculo da estimativa do número de cistos e oocistos/L para cada amostra foi realizado com base na fórmula: $X=(n/K).(S/A)$, sendo: X= concentração de oocistos ou cistos/L; n=número de oocistos ou cistos visualizados na lâmina; K= volume de sedimento analisado (μL); S= volume do sedimento obtido (μL) e A = volume filtrado da amostra (L).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da remoção de patógenos através de sistemas de tratamento de esgoto que tratam esgoto hospitalar é de fundamental importância, pois o esgoto hospitalar apresenta uma grande variedade de patógenos principalmente aqueles que são eliminados pela urina e fezes. Os protozoários *Giardia* spp. e *Cryptosporidium* spp. estão muito presentes em esgoto domésticos e, por serem muito resistentes, oferecem um grande risco para a saúde pública se estes efluentes forem lançados diretamente no manancial sem o tratamento adequado. Existem muitos trabalhos que investigaram a presença destes patógenos em esgoto doméstico, porém, estudos sobre a quantificação de *Giardia* e *Cryptosporidium* e sua remoção, através de um sistema que trata este esgoto hospitalar, ainda são pouco realizados.

A escolha de um sistema combinado anaeróbio/aeróbio com biomassa na forma aderida para o tratamento de esgoto sanitário que recebe efluente hospitalar visa, entre outros objetivos, a redução relativa na produção de lodo, uma vez que a maior fração orgânica é removida na unidade anaeróbia; e a possibilidade de uma operação mais robusta e equilibrada do sistema de tratamento, pelo favorecimento da retenção de biomassa mesmo com ocorrências de flutuações na carga orgânica e ou de sólidos no afluente bruto. O menor volume de lodo produzido facilita a destinação adequada do lodo, no qual ficam concentrados a maior parte dos ovos de helmintos, cistos e oocistos de protozoários.

A caracterização do esgoto bruto afluente ao sistema foi realizada durante todas as etapas do estudo, sempre em paralelo com as análises de avaliação do sistema, a Tabela 2 contém os resultados obtidos até o momento.

Tabela 2 Características do afluente ao sistema de tratamento

Parâmetro	Unidade	N	média	DP	Mín.	Máx.
DBO	mg O ₂ L ⁻¹	20	413	194	179	938
DQO	mg O ₂ L ⁻¹	50	758	224	373	1.675
SST	mg L ⁻¹	20	125	76	27	400
NH ₄	mg L ⁻¹	41	59	9	43	83
Alc Parcial	mg CaCO ₃ L ⁻¹	50	83	55	0	274
Alc Total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	50	245	52	166	418
AOV	mg Hac L ⁻¹	50	242	62	110	382
pH	(-)	50	6,6	0,5	5,5	7,2
Temperatura	°C	50	23	2	19	28

(N) número de análises; (DP) desvio padrão; (Min) valor mínimo obtido; (Max) valor máximo obtido

Na Tabela 3 estão apresentados os valores das variáveis de interesse na avaliação deste trabalho, com relação ao esgoto bruto (EB), e efluente do FA e BAS.

Tabela 3 Valores das concentrações de sólidos em suspensão

VARIÁVEL	FASE 1						FASE 2					
	EB		FA		BAS		EB		FA		BAS	
	MÉD	DP	MÉD	DP	MÉD	DP	MÉD	DP	MÉD	DP	MÉD	DP
SST (mg/L)	140	110	23	7	2	1	121	57	38	15	4	3
SSV (mg/L)	121	98	20	6	2	1	112	57	35	16	4	3
SSF (mg/L)	19	14	3	2	0,4	0,3	9	6	3	2	0,7	0,8
SSV/SST	0,84	0,07	0,88	0,06	0,85	0,08	0,92	0,06	0,91	0,06	0,86	0,05
SST/ST	0,20	0,12	0,05	0,02	0,01	0,00	0,22	0,08	0,10	0,05	0,01	0,01

A taxa de carregamento de sólidos aplicada e removida durante F1 foram de $0,21 \pm 0,13$ e $0,16 \pm 0,12$ kg SST m⁻³ d⁻¹ no FA enquanto no BAS foram $0,11 \pm 0,06$ e $0,08 \pm 0,05$ kg SST m⁻³ d⁻¹; durante F2 foram de $0,33 \pm 0,14$ e $0,22 \pm 0,11$ kg SST m⁻³ d⁻¹ no FA e $0,19 \pm 0,06$ e $0,17 \pm 0,06$ kg SST m⁻³ d⁻¹ no BAS. As eficiências de remoção de SST no FA e BAS durante as Fase 1, estão apresentados na Figura 2.

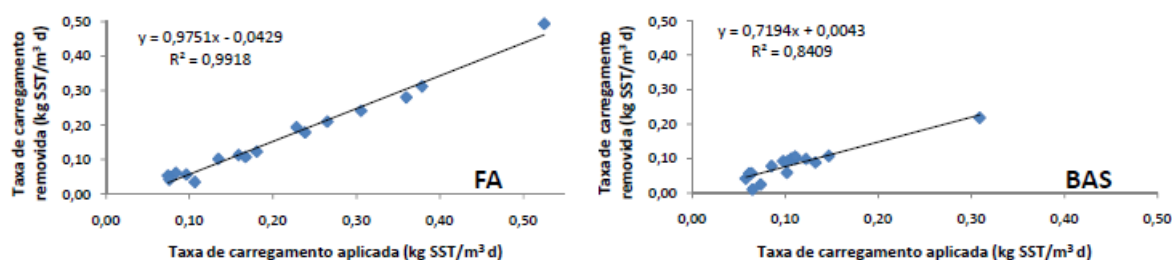


Figura 2 – Eficiência de remoção de sólidos em suspensão totais durante F1.

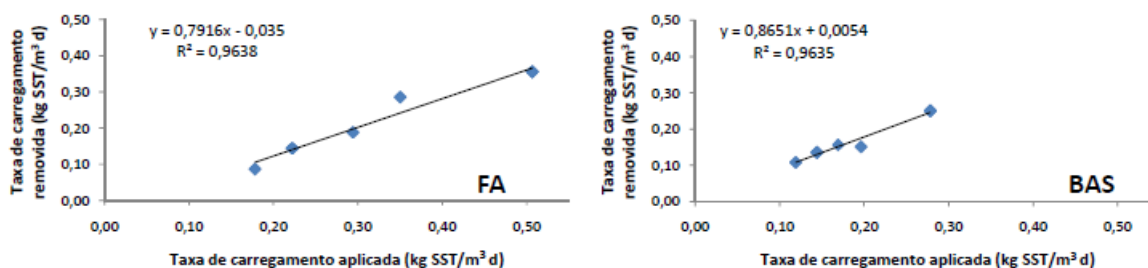


Figura 3 – Eficiência de remoção de sólidos em suspensão totais durante F2.

A Figura 3 mostra uma menor eficiência de remoção de SST em F2 devido à aplicação de maior taxa de carregamento, porém sem comprometer a retenção de cistos e oocistos (Tabela 4).

Searcy et al (2006) sugere que a estrutura heterogênea do biofilme, a qual pode conter poros e vazios, facilita a captura e retenção de partículas coloidais, e que a fração destes protozoários capturados pelo biofilme não muda, mesmo com o aumento da vazão, após a deposição inicial.

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados encontrados de remoção de protozoários no lodo das unidades do sistema.

Tabela 4 Protozoários removidos no lodo das unidades do sistema

Fases do estudo	Mês/ponto de coleta	<i>Giardia spp.</i> (cistos/L)	<i>Cryptosporidium spp.</i> (oocistos/L)
Fase 1	Outubro/2009		
	FA	120.000	ND
	BAS	20.000	ND
	Decantador	ND	ND
	Novembro/2009		
	FA	20.000	ND
	BAS	ND	20.000
	Decantador	ND	ND
	Janeiro/2010		
	FA	40.000	40.000
	BAS	20.000	ND
	Decantador	ND	ND
Fase 2	Fevereiro/2010		
	FA	60.000	ND
	BAS	20.000	ND
	Decantador	ND	ND
	Março/2010		
	FA	40.000	ND
	BAS	20.000	ND
	Decantador	ND	ND
	Abril/2010		
	FA	60.000	ND
	BAS	20.000	ND
	Decantador	ND	ND

ND – Não detectado

O valor máximo de 120.000 cistos/L de *Giardia spp.* provavelmente é consequência do acúmulo de lodo durante os primeiros 100 dias de operação. A remoção média no FA foi de 84 ± 17 e 72 ± 5 %, durante F1 e F2 respectivamente. A remoção no BAS foi de praticamente 100 %, nas duas fases.

Cryptosporidium spp. foi detectado apenas em novembro no BAS e em janeiro no FA. Cistos de *Giardia spp.* foram detectados em maior quantidade e frequência em relação aos oocistos de *Cryptosporidium spp.* Isso pode ser devido a maior ocorrência de giardiose na população que circula na área do estudo e uma menor frequência de criptosporidiose devido a sazonalidade desta parasitose.

As remoções médias de sólidos em suspensão totais (SST) no FA e BAS foram 78 ± 10 e 88 ± 8 % durante F1, 66 ± 12 e 89 ± 7 % durante F2. Com relação aos sólidos em suspensão fixos (SSF) nos respectivos reatores durante F1 foram iguais a 82 ± 43 e 82 ± 17 % e durante F2 foram 46 ± 50 e 73 ± 23 .

A análise dos dados (Figura 4) indica existir uma relação com tendência positiva entre remoção de *Giardia spp.* e remoção de sólidos do efluente.

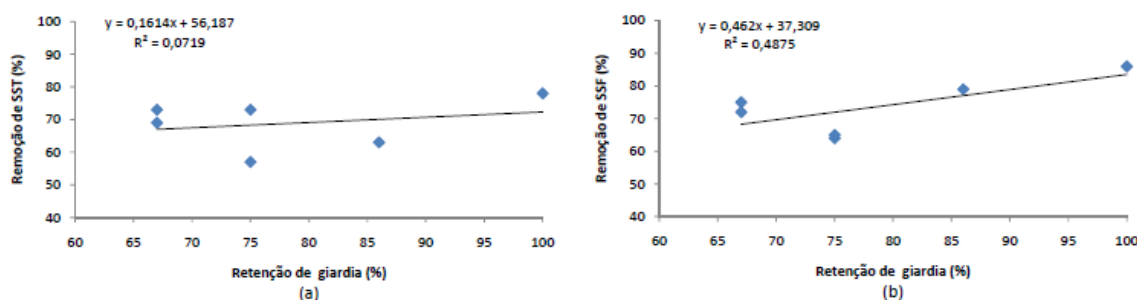


Figura 4 – Relação entre remoção de cistos de *Giardia* spp. e remoção de sólidos: (a) sólidos suspensos totais e (b) sólidos suspensos fixos.

Oocistos de *Cryptosporidium* spp. e cistos de *Giardia* spp. são freqüentemente detectados, em amostras de esgoto doméstico bruto ou tratado com concentrações variáveis de 10^2 a 10^4 oocistos / L e 10^3 a 10^5 cistos / L (Carraro et al., 2000). A presença destes protozoários já foi detectada até mesmo em efluentes de esgoto que passaram por um tratamento em nível terciário (Clancy, 2003; Montemayor et al., 2005; Cantusio Neto, 2006). No caso do sistema em estudo, a maior parte dos cistos foi removida através do filtro anaeróbio e não foi detectado no decantador indicando que o sistema é eficiente na retenção de cistos de *Giardia* spp. demonstrando ser uma configuração capaz de servir como barreira, minimizando o aporte de cistos e oocistos no manancial, protegendo sua qualidade para abastecimento.

Na Figura 5, apresenta-se fotomicrografias de cisto e oocisto detectados no BAS, análise realizada em novembro/09, por meio da reação de imunofluorescência direta.

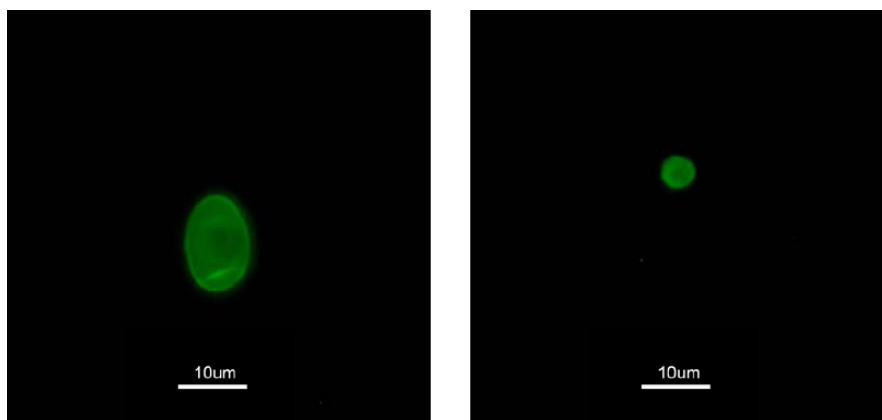


Figura 5 Cisto de *Giardia* spp. e oocisto de *Cryptosporidium* spp. detectados no Biofiltro Aerado Submerso

CONCLUSÕES

Cistos de *Giardia* spp. foram detectados em maior quantidade e frequência em relação aos oocistos de *Cryptosporidium* spp. Isso pode ser devido a maior ocorrência de giardiose na população que circula na área do estudo.

Com relação às eficiências de remoção de SST, no sistema anaeróbio/aeróbio, não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os dois TDH. O que mostra sua robustez, pois mesmo diminuindo as eficiências de cada unidade durante F2 (aumento na taxa de aplicação de sólidos), ainda garantiu a retenção de cistos e oocistos.

O sistema avaliado mostrou-se eficiente na retenção de cistos de *Giardia* spp. nos reatores demonstrando ser uma configuração capaz de servir como barreira, minimizando o aporte de cistos e oocistos no manancial, protegendo sua qualidade para abastecimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA/AWWA/WEF. **Standard Methods of the Examination of water and wastewater**. 20th Edition. New York: American Public Health Association, 1998.
2. CANTUSIO NETO, R.; SANTOS, L.U.; FRANCO, R.M.B. Evaluation of activated sludge treatment and the efficiency of the disinfection of *Giardia* species cysts and *Cryptosporidium* oocysts by UV at a sludge treatment plant in Campinas, south-east Brazil. **Wat. Sci. & Tech.** v.54, n.3, p.89-94, 2006.
3. CARRARO, E.; FEA, E.; SALVA, S.; GILLI, G. Impacto f wastewater treatment planto n *Cryptosporidium* oocysts and *Giardia* cysts occuring in surface water. **Wat. Sci. Tech.** V.47, n.7, p. 31-37, 2000.
4. Clancy, J.L.; Mcuin, R.M.; Ocurrence of *Cryptosporidium parvum* in wastewaters in the US. J. **AWWA WQTC Conference**, 2003.
5. MONTEMAYOR, M.; VALERO, F.; JOFRE, J. LUCENA, F. Occurrence of *Cryptosporidium* s.. oocysts in raw and treated sewage and river water in north-eastern Spain. **J. Appl. Microbiol.** v.99, p. 1455-1462, 2005.
6. ROBERTSON, L.J.; PATON, C.A.; CAMPBELL, A.T.; SMITH, P.G.; JACKSON, M.H.; GILMOUR, R.A.; BLACK, S.E.; STEVENSON, D.A.; SMITH, H.V. *Giardia* cysts and *Cryptosporidium* oocysts at sewage treatment works in Scotland, UK. **Wat. Res.** v.34, n.8, p.2310-2322, 2000.
7. SEARCY, K.E.; PACKMAN, A.I.; ATWILL, E.R.; HARTER, T. Association of *Cryptosporidium parvum* with suspended particles: impact on oocyst sedimentation, **App. and Env. Microbiology**, v. 71, n. 2, p. 1072-1078, 2006.