

I-148 – UTILIZAÇÃO DE ESPOROS AERÓBIOS COMO PARÂMETROS BALIZADORES DE EFICIÊNCIA DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA NA REMOÇÃO DE OOCISTOS DE *Cryptosporidium* SPP. E CISTOS DE *Giardia* SP

Fabiana de Cerqueira Martins⁽¹⁾

Bióloga pelo Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais (ICB/UFMG). Mestranda em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Escola de Engenharia da UFMG (EE/UFMG).

Daniel Adolpho Cerqueira

Biólogo pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Mestre em Microbiologia pelo ICB/UFMG. Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela EE/UFMG. Analista em Saneamento da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA).

Valter Lúcio de Pádua

Engenheiro civil pela EE/UFMG. Mestre e doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professor adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Escola de Engenharia da UFMG (DESA/EE/UFMG).

Endereço⁽¹⁾: Rua Guajajaras, 629, ap. 701 – Centro – Belo Horizonte - MG – CEP: 30180-100 – Brasil – Tel: (31) 9148-7123 – E-mail: fab_i_ecologia@yahoo.com.br

RESUMO

A ocorrência de microrganismos patogênicos em água caracteriza um perigo à saúde humana, principalmente quando a água é destinada ao abastecimento público. Alguns desses microrganismos apresentam maior persistência ambiental, baixa dose infecciosa e elevados padrões de resistência aos processos convencionais de desinfecção como, por exemplo, os protozoários *Cryptosporidium* e *Giardia*. Além disso, as metodologias de identificação e quantificação desses microrganismos são onerosas e trabalhosas para implantação nas análises de rotina das concessionárias. Dessa forma, faz-se cada vez mais importante o estudo de indicadores de ocorrência e remoção desses protozoários. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é avaliar o desempenho das Estações de Tratamento de Água de dois mananciais de Minas Gerais quanto à remoção de (oo)cistos de *Cryptosporidium* spp. e *Giardia* sp. através do monitoramento de bactérias esporogênicas nas águas bruta e tratada. Para tanto, foram monitorados, durante os meses de janeiro a abril de 2011, as águas bruta e tratada de dois sistemas de abastecimento de água da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), para análise de (oo)cistos de *Cryptosporidium* spp. e *Giardia* sp. e esporos aeróbios de bactérias esporogênicas. Foram calculados as eficiências e os log de remoção para todos os parâmetros e por meio dos log de remoção obtidos para os esporos aeróbios estimou-se a concentração de (oo)cistos na água tratada, comparando-se com a concentração real encontrada. Os resultados obtidos até o momento indicam a potencialidade de emprego das bactérias esporogênicas como indicadores da remoção de (oo)cistos de *Cryptosporidium* spp. e *Giardia* sp., mas recomenda-se a obtenção de mais dados para validação estatística dos resultados.

PALAVRAS-CHAVE: *Cryptosporidium*, *Giardia*, esporos aeróbios, ETA, remoção.

INTRODUÇÃO

Em sistemas de abastecimento, a ocorrência de microrganismos patogênicos caracteriza um perigo e impõe desafios quanto à definição das técnicas de tratamento mais apropriadas de remoção, principalmente quando a água é destinada ao abastecimento público. Alguns desses microrganismos apresentam maior persistência ambiental, baixa dose infecciosa e elevados padrões de resistência aos processos convencionais de desinfecção (WHO, 2006) como, por exemplo, os protozoários *Cryptosporidium* e *Giardia*, o que oferece riscos à saúde humana. Para minimizar esse risco, as concessionárias responsáveis pela qualidade da água a ser distribuída para a população preocupam-se em adequar seus sistemas de tratamento à remoção eficiente desses microrganismos, com o intuito de fornecer uma água microbiologicamente segura.

O *Cryptosporidium* é um protozoário patogênico, pertencente ao Filo Apicomplexa, à Classe Sporozoasida, à Ordem Eucoccidiida e à Família Cryptosporidiidae. Os Apicomplexa são caracterizados pela presença de organelas complexas e especiais nos ápices – extremidades de suas células – por isso o nome do filo (CAREY; LEE; TREVORS, 2004; NEVES, 2005; TORTORA; FUNKE; CASE, 2007). *Cryptosporidium* não é somente um patógeno humano, mas também um patógeno zoonótico, que causa infecções em animais domésticos e selvagens, favorecendo a contaminação de vários ambientes aquáticos, inclusive mananciais utilizados para abastecimento de água (SIMMONS; SOBSEY, 2000).

O parasita apresenta diferentes formas estruturais. Nas fezes e no meio ambiente encontra-se o oocisto, que é uma estrutura reprodutiva, infecciosa e de resistência. Nos tecidos encontram-se as formas endógenas, os esporozoítos, em número de quatro dentro dos oocistos que são liberados do encistamento logo após a interação com ácidos estomacais e sais biliares do hospedeiro. O ciclo de vida deste protozoário é complexo e possui uma fase assexuada e outra de multiplicação sexuada (CAREY; LEE; TREVORS, 2004; NEVES, 2005; TORTORA; FUNKE; CASE, 2007).

Assim como muitos dos patógenos entéricos, o *Cryptosporidium* é um parasita transmitido pela rota oral-fecal, causando a criptosporidiose, através do contato direto com as fezes de humanos ou animais infectados; ou pela ingestão de alimentos e água contaminados com os oocistos; e ainda via inalação (CACCIÒ *et al.*, 2005).

A grande preocupação sanitária com relação ao *Cryptosporidium* se deve à resistência de seus oocistos à desinfecção com cloro, ao pequeno tamanho dos oocistos – o que permite sua passagem através dos filtros –, à baixa dose infecciosa e à capacidade de permanência no meio ambiente. Considerando a existência de grupos vulneráveis, como crianças e idosos, e pacientes imunocomprometidos, que podem ser levados à morte pela ingestão do microrganismo, a presença de *Cryptosporidium* nas águas destinadas ao consumo humano tornou-se uma das principais preocupações quanto ao risco microbiológico.

A *Giardia*, descrita em 1681 por A. van Leeuwenhoek (THOMPSON, 2000; TORTORA; FUNKE; CASE, 2007), é um protozoário flagelado, que habita o trato intestinal de várias espécies de vertebrados, pertencente ao Reino Archezoa, ao Filo Metamonade, à Classe Zoomastigophorea e à Ordem Diplomonadida. A *Giardia duodenalis*, sinônimas *G. lamblia* e *G. intestinalis*, é a única espécie reconhecidamente encontrada em humanos e outros mamíferos. É um protozoário cosmopolita e o mais comum parasita intestinal de humanos em países desenvolvidos, causador da giardiose, sendo que a maior parte desses eventos está associada ao consumo de água superficial contaminada por cistos desse microrganismo e que não é submetida à filtração ou à desinfecção de forma adequada (THOMPSON, 2000; TORTORA; FUNKE; CASE, 2007; LIM; AHMAD; SMITH, 2008).

Assim como o ocorre com o *Cryptosporidium*, existem diversos fatores que favorecem a permanência da *Giardia* no ambiente, como por exemplo, o grande número de cistos eliminados por hospedeiro infectado – acima de $1,44 \times 10^9$ cistos podem ser liberados por dia durante o período de infecção. A natureza resistente dos cistos aumenta sua sobrevivência por longos períodos de tempo em ambientes favoráveis, frios e úmidos, podendo resistir entre um a dois meses suspensos na água. Os surtos de transmissão hídrica indicam que os cistos podem sobreviver a alguns processos de tratamento de água, contudo são sensíveis a certos desinfetantes que podem ser utilizados no tratamento (KARANIS; KOURENTI; SMITH, 2007).

A Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde do Brasil recomenda a pesquisa de alguns microrganismos patogênicos como, *Cryptosporidium*, *Giardia* e enterovírus, e associa a eficiência de remoção desses patógenos à obtenção de efluentes com turbidez inferior a 0,5 uT (BRASIL, 2004). Contudo, é necessário realizar mais estudos que demonstrem a efetividade do uso da turbidez como padrão microbiológico. Dessa forma, tem sido avaliado o emprego de outros parâmetros que permitem estimar a remoção de protozoários. A incorporação de parâmetros biológicos auxiliares, como a contagem de bactérias esporogênicas aeróbias, admite a hipótese de poder haver padrões de remoção similares ou superiores àqueles registrados para oocistos de *Cryptosporidium* e cistos de *Giardia*, o que auxiliaria no monitoramento da eficiência das Estações de Tratamento de Água (ETAs) quanto à remoção desses protozoários, pois sua metodologia de identificação e quantificação é mais simples para a implementação nas análises de rotina de ETAs.

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho é avaliar o desempenho das Estações de Tratamento de Água de dois mananciais de Minas Gerais quanto à remoção de (oo)cistos de *Cryptosporidium* spp. e *Giardia* sp. através do monitoramento de bactérias esporogênicas nas águas bruta e filtrada/tratada.

MATERIAL E MÉTODOS

Mananciais de estudo – Foram selecionados dois mananciais considerados de baixo a alto risco microbiológico (com níveis de *Escherichia coli* de $< 1,0$ a 10^4 NMP/100 mL) – aqui denominados Manancial A e Manancial B (Figura 1) – utilizados pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), para abastecimento público da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), cujas Estações de Tratamento de Água – ETA A e ETA B (Figura 1) – operam com a tecnologia de tratamento de ciclo completo, sendo que uma delas possui decantadores e a outra flotores, respectivamente.

O Sistema A é o maior e o mais estratégico sistema produtor de água da RMBH, sendo responsável pelo fornecimento de água tratada para cerca de 43% da população, com uma produção média de 518 milhões de litros/dia. O Sistema B é responsável pelo abastecimento de cerca de 400 mil pessoas da RMBH, tratando uma vazão média de $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ (COPASA, s. d.).

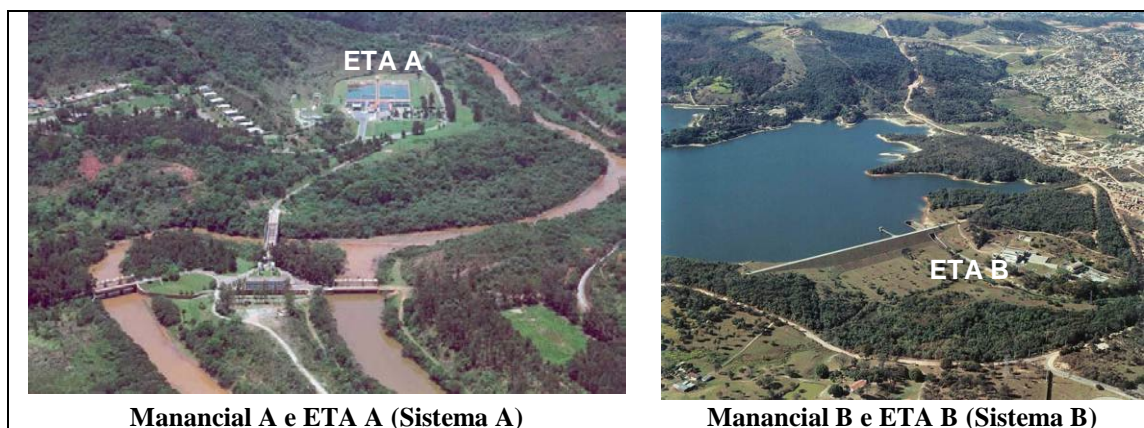


Figura 1: Detalhes dos mananciais e respectivas ETAs utilizados no estudo.

Parâmetros avaliados e locais e frequência de coletas – Foram avaliadas as águas bruta e filtrada ou tratada dos sistemas de abastecimento selecionados, para identificação e quantificação de oocistos de *Cryptosporidium* spp., cistos de *Giardia* sp. e esporos aeróbios. As coletas foram realizadas semanalmente, durante os meses de janeiro e fevereiro de 2011. Porém, a partir de março passaram a ser quinzenais para análise de (oo)cistos de *Cryptosporidium* spp. e *Giardia* sp., enquanto para análise de bactérias esporogênicas continuaram sendo semanais.

Métodos analíticos – Para a análise de protozoários foi utilizado o Método 1623 (USEPA, 2005) e a determinação de bactérias esporogênicas foi realizada segundo os *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005 – 9218-B). Tais métodos de análise estão resumidos a seguir:

- a) **Análise de (oo)cistos de protozoários (Figura 2a):** Coleta da amostra – 10,0 L de água bruta e em torno de 300 L de água filtrada ou tratada. Filtração em módulo de filtro em espuma (Filta-Max®) por bomba peristáltica para água bruta, e diretamente em campo, para água filtrada ou tratada. Eluição das amostras e processamento em Stomacher. Concentração das amostras por centrifugação. Separação imunomagnética. Imunofluorescência. Leitura em microscópio óptico com epifluorescência para quantificação, expressando os resultados em (oo)cistos/L.
- b) **Análise de bactérias esporogênicas aeróbias (Figura 2b):** Coleta da amostra – 250 mL de água bruta e 500 mL de água filtrada ou tratada. Submissão das amostras ao banho-maria e, em seguida, ao choque térmico em banho de gelo. Filtração (de 1,0 mL de água bruta e de 100 mL de água filtrada ou tratada, em triplicata) em membrana de $0,45 \mu\text{m}$ de porosidade em sistema Manifold. Incubação em placas de petri contendo ágar com azul de Tripán. Contagem de colônias em aparelho estereoscópico, expressando os resultados em UFC (unidades formadoras de colônias)/L.

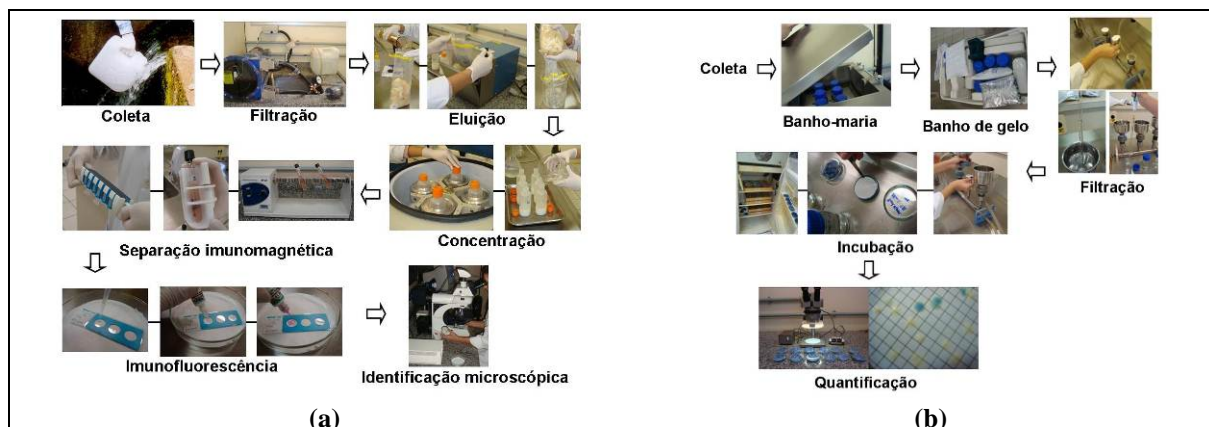


Figura 2: Resumo dos métodos analíticos para identificação e quantificação dos protozoários *Cryptosporidium* e *Giardia* (a) e das bactérias esporogênicas (b).

Análise dos resultados – As concentrações e as taxas de remoção (obtidas pelo cálculo das eficiências de remoção e log de remoção – Equações 1 e 2) dos oocistos de *Cryptosporidium* spp., cistos de *Giardia* sp. e esporos aeróbios foram avaliadas por meio da estatística descritiva. Esses valores, para cada sistema de abastecimento de água e entre os sistemas, foram comparados entre si através da aplicação de testes de hipóteses para se procurar diferenças estatisticamente significativas.

$$\text{Eficiência remoção (E)} = [1 - (\text{valor final} / \text{valor inicial})] * 100 \quad \text{Equação 1}$$

$$\text{Log de remoção} = -\log_{10}(1 - E) = -\log_{10}(\text{valor final} / \text{valor inicial}) \quad \text{Equação 2}$$

Os log de remoção obtidos para os oocistos de *Cryptosporidium* spp. foram comparados com aquele admitido para o tratamento convencional conforme consta na legislação norte-americana LT2ESWTR (USEPA, 2006). Além disso, os log remoção de esporos aeróbios foram utilizados para prever a concentração de oocistos de *Cryptosporidium* e cistos de *Giardia* na água filtrada e comparou-se, em seguida, com a concentração verdadeiramente encontrada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A) Identificação e quantificação dos protozoários *Cryptosporidium* e *Giardia* e de esporos aeróbios nas águas brutas dos mananciais A e B e filtradas/tratadas das ETAs A e B – Os resultados de identificação e quantificação dos parâmetros avaliados nos Sistemas A e B estão compilados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1: Estatística descritiva das concentrações de oocistos de *Cryptosporidium* spp., cistos de *Giardia* sp. e esporos de bactérias esporogênicas aeróbias no Sistema A.

Parâmetro	Local coleta	N	Mín	Méd	Medn	Máx	DP
BE (UFC/L)	AB	15	6,7x10 ³	5,2 x10 ⁴	2,2 x10 ⁴	3,4 x10 ⁵	8,6 x10 ⁴
	AF/AT	15	0,0	2,7 x10 ¹	1,3 x10 ¹	1,8 x10 ²	4,4 x10 ¹
<i>Cryptosporidium</i> (oocistos/L)	AB	11	0,0	0,3	0,1	2,5	0,7
	AF/AT	11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Giardia</i> (cistos/L)	AB	11	0,1	5,5	4,7	15,5	4,4
	AF/AT	11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Legenda: N = Número de dados válidos; Mín = Mínimo; Méd = Média; Medn = Mediana; Máx = Máximo; DP = Desvio-padrão; BE = Bactérias esporogênicas; AB = Água bruta; AF/AT = Água filtrada/Água tratada.

Nota: Durante o mês de janeiro, nesse sistema, foi coletada água filtrada para análise dos parâmetros, porém, a partir de fevereiro, passou a ser coletada água tratada devido à maior facilidade e rapidez para a filtração em campo.

Tabela 2: Estatística descritiva das concentrações de oocistos de *Cryptosporidium* spp., cistos de *Giardia* sp. e esporos de bactérias esporogênicas aeróbias no Sistema B.

Parâmetro	Local coleta	N	Mín	Méd	Medn	Máx	DP
BE (UFC/L)	AB	15	$1,7 \times 10^3$	$7,3 \times 10^3$	$4,7 \times 10^3$	$1,8 \times 10^4$	$5,7 \times 10^3$
	AT	15	0,0	$1,9 \times 10^2$	$1,0 \times 10^1$	$1,8 \times 10^3$	$4,7 \times 10^2$
<i>Cryptosporidium</i> (oocistos/L)	AB	11	0,0	0,2	0,0	1,4	0,4
	AT	11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Giardia</i> (cistos/L)	AB	11	0,0	0,1	0,0	0,3	0,1
	AT	11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Pela análise das Tabelas 1 e 2, percebe-se que no Manancial A houve maiores concentrações de todos os parâmetros e que a ETA A produziu água tratada com concentrações menores de esporos aeróbios, porém com concentrações de oocistos e cistos iguais à ETA B. Assim, o Sistema A foi mais eficiente na remoção dos parâmetros.

Com o intuito de analisar a existência de diferenças significativas entre os parâmetros para cada sistema, realizou-se o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis e elaboraram-se gráficos box-plot (Figuras 3 e 4) para facilitar a visualização.

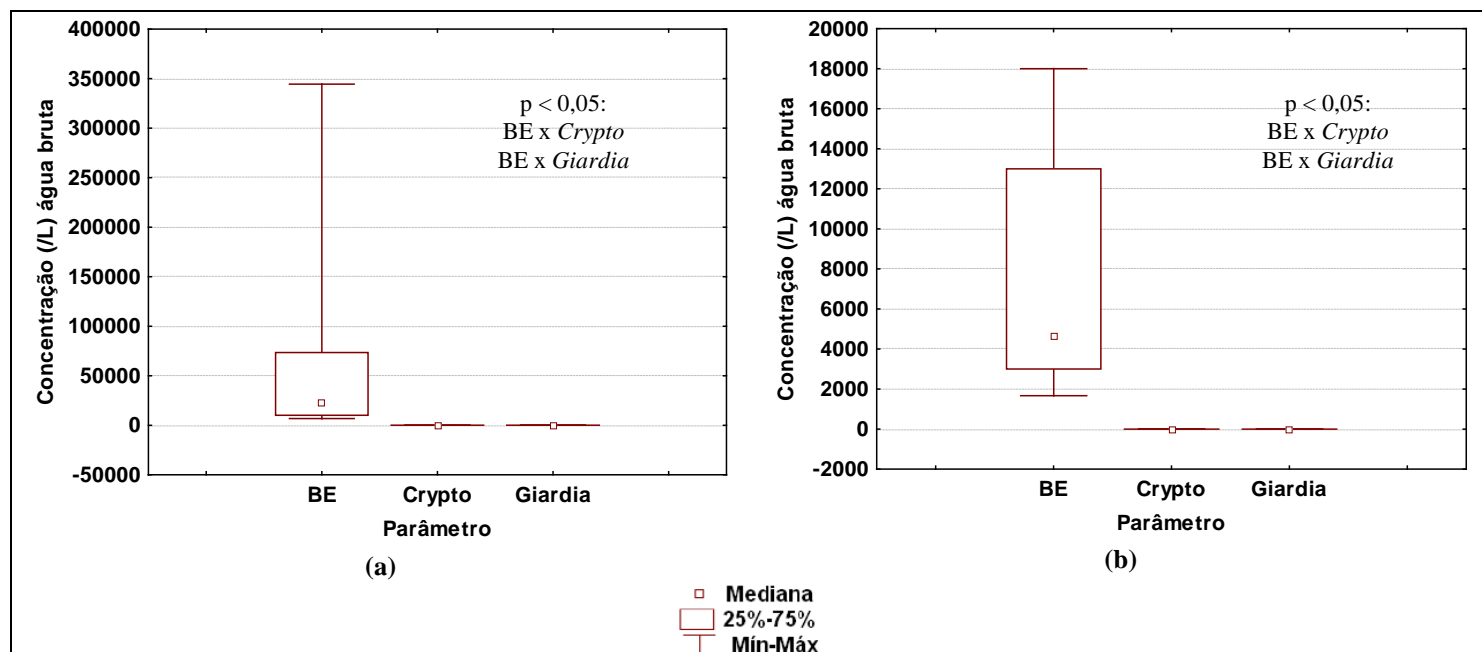


Figura 3: Gráficos box-plot de comparação da relação das concentrações na água bruta de bactérias esporogênicas (BE), *Cryptosporidium* (Crypto) e *Giardia*, nos sistemas (a) A e (b) B.

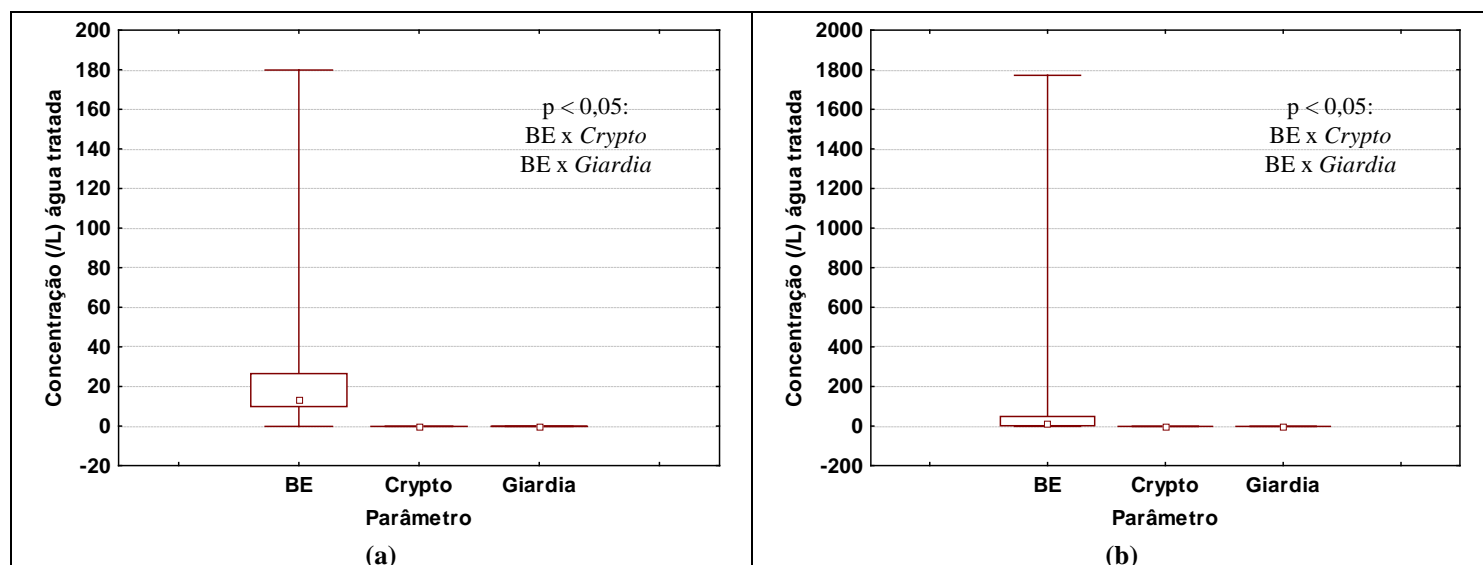


Figura 4: Gráficos box-plot de comparação da relação das concentrações na água tratada de bactérias esporogênicas (BE), *Cryptosporidium* (Crypto) e *Giardia*, nos sistemas (a) A e (b) B.

Tanto para a água bruta quanto para a água tratada, para ambos os sistemas analisados, só não houve diferença significativa entre as concentrações de *Cryptosporidium* spp. e *Giardia* sp. (pois o valor de p foi maior que 0,05 para este par). Isso provavelmente é devido ao fato de as bactérias esporogênicas estarem sempre em maiores concentrações e com maior variabilidade.

B) Diagnóstico da eficiência das ETAs A e B na remoção de *Cryptosporidium*, *Giardia* e bactérias esporogênicas – Os resultados de remoções dos parâmetros avaliados nos sistemas A e B estão compilados nas Tabelas 3 e 4.

Atenta-se para o fato de que foram realizadas algumas substituições de valores para permitir o cálculo da estatística, dessa forma, para os valores de log de remoção de oocistos, cistos e esporos aeróbios > 3,00, > 4,00 e > 5,00 houve substituição pelos respectivos valores sem sinal. Outra questão também é que, para oocistos de *Cryptosporidium* spp. e cistos de *Giardia* sp., quando não foram detectados tais organismos tanto na água bruta quanto na filtrada/tratada, não foi possível obter os valores de eficiência e log de remoção, portanto, tais dados não contabilizaram para o cálculo da estatística, por isso haverá número de dados válidos (N) inferiores ao número total de amostras analisadas (que foram 15 para bactérias esporogênicas e 11 para *Cryptosporidium* e *Giardia*).

Tabela 3: Estatística descritiva das remoções de oocistos de *Cryptosporidium* spp., cistos de *Giardia* sp. e esporos de bactérias esporogênicas aeróbias no Sistema A.

		N	Mín	Méd	Medn	Máx	DP
BE	E (%)	15	98,6	99,8	99,9	100,0	0,4
	Log	15	1,8	3,3	3,2	5,0	0,8
<i>Cryptosporidium</i>	E (%)	6	99,7	100,0	100,0	100,0	0,1
	Log	6	2,6	2,9	3,0	3,0	0,2
<i>Giardia</i>	E (%)	11	60,0	96,3	100,0	100,0	12,0
	Log	11	0,4	2,7	3,0	3,0	0,8

Legenda: E = Eficiência de remoção; Log = Log de remoção.

Tabela 4: Estatística descritiva das remoções de oocistos de *Cryptosporidium* spp., cistos de *Giardia* sp. e esporos de bactérias esporogênicas aeróbias no Sistema B.

		N	Mín	Méd	Medn	Máx	DP
BE	E (%)	15	84,6	97,5	99,7	100,0	4,9
	Log	15	0,8	2,6	2,5	4,0	1,1
<i>Cryptosporidium</i>	E (%)	3	97,7	98,9	98,9	100,0	1,1
	Log	3	1,6	2,2	2,0	3,0	0,7
<i>Giardia</i>	E (%)	4	100,0	100,0	100,0	100,0	0,0
	Log	4	3,0	3,0	3,0	3,0	0,0

Observa-se que o Sistema A obteve maiores percentuais de remoção para esporos aeróbios e oocistos (o que deve ter sido favorecido pelas maiores concentrações iniciais destes dois parâmetros avaliados), enquanto para *Giardia* o Sistema B foi mais eficiente. Mas esta eficiência superior não pode ser generalizada, uma vez que houve poucos dados válidos para o cálculo da eficiência e do log de remoção para *Giardia* no Sistema B.

Os Sistemas obtiveram, na maioria das análises, log de remoção de oocistos de *Cryptosporidium* spp. próximos ou superiores ao estabelecido pela legislação norte-americana *LT2ESWTR* (USEPA, 2006), que é de 3,0 log para o ciclo completo.

Também foi realizado o teste de Kruskal-Wallis para verificar a existência de diferenças estatisticamente significativas entre os log de remoção de todos os parâmetros para cada Sistema. Além disso, foi aplicado o teste Mann-Whitney para verificar diferenças entre os Sistemas com relação à remoção de cada parâmetro. Como em ambos os casos não foram encontradas diferenças significativas, não serão mostrados os gráficos box-plot.

Vale ressaltar que o número de dados é ainda pequeno, o que limita a aplicação dos testes estatísticos e a obtenção de resultados mais conclusivos.

C) Validação da contagem de bactérias esporogênicas (CBE) como parâmetro auxiliar na avaliação da eficiência de processos de tratamento da água de abastecimento quanto à remoção de Cryptosporidium e Giardia

Considerando que os esporos aeróbios mostram, geralmente, em torno de 1,0 log de remoção a menos que os oocistos de *Cryptosporidium*, calcularam-se as concentrações de oocistos e cistos na água tratada a partir dos log de remoção para esporos (acrescidos de 1,0). Somente foram utilizados os dados das amostras de água bruta em que foram detectados oocistos e cistos; e estes foram comparados com os log de remoção de esporos obtidos no dia correspondente de análise. Assim, os resultados encontrados e a comparação com os dados obtidos estão apresentados nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 5: Cálculo da concentração esperada de oocistos de *Cryptosporidium* na água tratada a partir dos log de remoção para esporos aeróbios, para os Sistemas A e B.

Sistema	Log BE	Log BE + 1	<i>Cryptosporidium</i> AB	<i>Cryptosporidium</i> AF/AT calculado	<i>Cryptosporidium</i> AF/AT encontrado
A	3,4	4,4	0,3	0,0	0,0
	1,8	2,8	0,2	0,0	0,0
	3,9	4,9	0,3	0,0	0,0
	4,5	5,5	2,5	0,0	0,0
	5,0	6,0	0,3	0,0	0,0
	4,0	5,0	0,1	0,0	0,0
B	0,8	1,8	1,4	0,0	0,0
	3,7	4,7	0,2	0,0	0,0
	2,7	3,7	0,3	0,0	0,0

Tabela 6: Cálculo da concentração esperada de cistos de *Giardia* na água tratada a partir dos log de remoção para esporos aeróbios, para os Sistemas A e B.

Sistema	Log BE	Log BE + 1	<i>Giardia</i> AB	<i>Giardia</i> AT/AF calculado	<i>Giardia</i> AF/AT encontrado
A	3,4	4,4	0,7	0,0	0,0
	1,8	2,8	4,7	0,0	0,0
	2,7	3,7	5,0	0,0	0,0
	2,8	3,8	0,1	0,0	0,0
	3,9	4,9	10,3	0,0	0,0
	4,5	5,5	15,5	0,0	0,0
	2,9	3,9	3,5	0,0	0,0
	5,0	6,0	7,0	0,0	0,0
	2,6	3,6	3,2	0,0	0,0
	4,0	5,0	7,1	0,0	0,0
B	2,6	3,6	3,1	0,0	0,0
	2,5	3,5	0,1	0,0	0,0
	0,8	1,8	0,3	0,0	0,0
	2,1	3,1	0,1	0,0	0,0
	4,0	5,0	0,3	0,0	0,0

As concentrações de oocistos de *Cryptosporidium* spp. e cistos de *Giardia* sp. encontradas nas análises de água tratada foram iguais àquelas calculadas a partir dos log de remoção de esporos aeróbios, portanto, os resultados obtidos até o momento indicam a potencialidade do emprego das bactérias esporogênicas como balizadoras da eficiência de ETAs na remoção de (oo)cistos de *Cryptosporidium* spp. e *Giardia* sp., porém, esses dados são preliminares e, por isso, há necessidade de realizar mais experimentos para validação estatística dos resultados

Ressalta-se que uma análise para detecção de oocistos de *Cryptosporidium* e cistos de *Giardia* (com todos os equipamentos já instalados) custa, em média, R\$800,00 a R\$1.000,00 e necessita de cerca de dez a doze horas de trabalho ininterrupto ou dividido em mais de um dia para alcançar o resultado final. Já para quantificação de bactérias esporogênicas, o custo de uma análise é de cerca de R\$25,00 e necessita apenas de três a quatro horas de trabalho laboratorial, apesar de precisar de 24 horas de incubação para leitura. Mesmo assim, sua metodologia de identificação e quantificação é mais fácil e simples de se realizar. Assim, torna-se vantajosa a utilização dos esporos aeróbios como parâmetros auxiliares no estudo de remoção de protozoários.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

- Os resultados parciais obtidos até o momento indicam que esporos aeróbios apresentam potencial para serem utilizados como balizadores de Estações de Tratamento de Água no que se refere à remoção de oocistos de *Cryptosporidium* spp. e cistos de *Giardia* sp., uma vez que, por serem mais difíceis de remover, podem, com maior segurança, permitir a estimativa de remoção desses protozoários.
- O menor custo e maior facilidade de análise do indicador tornam-se vantajosos para estudo de remoção dos protozoários *Cryptosporidium* e *Giardia* e implantação nas análises de rotina nos laboratórios de monitoramento da qualidade da água destinada ao consumo humano.

Recomendam-se mais estudos que realmente comprovem a eficiência de outros parâmetros na indicação de remoção de oocistos de *Cryptosporidium* spp. e cistos de *Giardia* sp.

AGRADECIMENTOS

À Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) pela sustentação logística e financeira para realização da pesquisa; à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo auxílio financeiro para participação no Congresso; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de mestrado à primeira autora e à Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) pela oportunidade de divulgação do trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21st ed. Washington: APHA: AWWA: WEF, 2005.
2. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 518 de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 2004.
3. CACCIO, S. M.; THOMPSON, A. C. R.; MCLAUCHLIN, J.; SMITH, V. H. Unravelling *Cryptosporidium* and *Giardia* epidemiology. *Trends in Parasitology*, v. 21, n. 9, p. 430-437, 2005.
4. CAREY, C. M.; LEE, H.; TREVORS, J. T. Biology, persistence and detection of *Cryptosporidium parvum* and *Cryptosporidium hominis* oocyst. *Water Research*, v. 38, n. 4, p. 818 – 862, 2004.
5. COPASA (Companhia de Saneamento de Minas Gerais). Produção de Água para a Região Metropolitana de Belo Horizonte. Disponível em: <http://www.copasa.com.br/Producao_de_agua/PAGINA/Principal_prodagua.htm>. Acesso em: 13 de fevereiro de 2011.
6. KARANIS, P.; KOURENTI, C.; SMITH, H. Waterborne transmission of protozoan parasites: A worldwide review of outbreaks and lessons learnt. *Journal of Water and Health*, v. 5, n. 1, p. 1-38, 2007.
7. LIM, Y. A. L.; AHMAD, R. A.; SMITH, H. V. Current status and future trends in *Cryptosporidium* and *Giardia* epidemiology in Malasy. *Journal of Water and Health*, v. 6, n. 2, p. 239-254, 2008.
8. NEVES, D. P. *Parasitologia humana*. 11ª ed. São Paulo: Atheneu, 2005. 494 p.
9. SIMMONS, O. D.; SOBSEY, M. D. Survival of *Cryptosporidium* oocysts in environmental water samples. *Journal American Water Works Association*, WQTC Proceedings, 2000.
10. THOMPSON, R. C. A. Giardiasis as a re-emerging infectious disease and its zoonotic potential. *International Journal for Parasitology*, v. 30, n. 12-13, p. 1259-1267, November 2000.
11. TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. *Microbiologia*. 8ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2007. 894p.
12. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). Office of Water (4607). Method 1623: *Cryptosporidium* and *Giardia* in water by filtration/IMS/FA. (EPA 815-R-05-002). December 2005. 76 p. Disponível em: <<http://www.epa.gov/microbes/>>
13. _____. National Primary Drinking Water. *Regulations: Long Term 2 Enhanced Surface Water Treatment Rule*; Final Rule. Federal Register – Part II – 40CFR, Parts 9, 141 and 142, v. 71, n. 3. Thursday, January 5, 2006. 134 p.
14. WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Guidelines for Drinking Water Quality. *Cryptosporidium*. EHC *Cryptosporidium* draft 2. January 2, 2006. 138 p.