

# VERIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE CONTAMINANTES MICROBIOLÓGICOS NAS PRINCIPAIS OPERAÇÕES UNITÁRIAS DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA DESTINADA AO CONSUMO HUMANO

Verification of Removal Efficiency of Microbiological Contaminants in the Main System Unit Operations of Water Treatment for human consumption

BIANCHIN, E.  
BALSAN, G. A.  
OLIVEIRA, P. G.  
NUNES, E. O

Recebimento: 31/01/2012 – Aceite: 14/05/2012

**RESUMO:** A bacia hidrográfica do Rio do Peixe encontra-se localizada em uma região caracterizada por atividades agroindustriais, sendo que sua água é utilizada tanto para o abastecimento urbano quanto pelas indústrias que se situam as suas margens. O abastecimento público de água do município de Videira é realizado pela Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN), o sistema de captação de água é do tipo superficial e o manancial é o Rio do Peixe. O esgoto doméstico e parte dos efluentes industriais dos municípios de Caçador e Videira são lançados no Rio do Peixe. Esse fator colabora para a redução da qualidade e aumento da contaminação microbiológica nessas águas. Para avaliar a eficiência da remoção de contaminantes microbiológicos, realizou-se uma investigação quanto aos índices colimétricos e parasitológicos nas principais operações unitárias da Estação de Tratamento de Água (ETA) que é do tipo convencional. Os resultados obtidos no período de monitoramento, de modo geral, mostraram uma redução dos indicadores microbiológicos em 100% das amostras de água tratada. Em baixas concentrações de coliformes totais e coliformes fecais não foi observada a presença de parasitas. A água apresentou-se com uma frequência maior de parasitas nas etapas de captação, floculação e decantação. Durante o período de avaliação, *Ancilostomídeo*, *Taenia solium* e *Trichuris trichiuria* foram encontrados com menor frequência, com opredomínio dos seguintes: *Ascaris lumbricoides* e

*Entamoeba histolytica* e *Entamoeba coli*. Conclui-se que, através dos parâmetros de qualidade microbiológica e físico-químico analisados, foi possível averiguar que após a filtração eles estiveram 100% ausentes, onde a turbidez das amostras foram inferiores a 0,1 N.T.U. Portanto, a ETA apesar de estar operando no limite da capacidade de projeto apresentou uma eficiência de remoção de 100% dos indicadores microbiológicos.

**Palavras-chave:** Potabilidade. Contaminação microbiológica. Tratamento de Água.

**ABSTRACT:** The watershed of the Rio do Peixe is located in a region characterized by agricultural practices, and its water is used for both urban water supply as the industries that lie on its banks. The public water supply the city of Grapevine is made by the Company Catarina Water and Sanitation (CASAN), the system of water collection is superficial and is the source of the Fish River. The share of domestic sewage and industrial wastewater from the municipalities of Hunter, River and Vine are thrown into the Fish River, this factor contributes to reduced quality and increased microbial contamination in these waters. To evaluate the efficiency of removal of microbiological contaminants, there was an investigation as to colimetric assays and parasitological indices in the main unit operations of the Water Treatment Plant (WTP) which is the conventional type. The results obtained in the monitoring period, in general, showed a reduction of microbiological indicators in 100% of treated water samples. At low concentrations of total coliform and fecal coliform was not observed the presence of parasites. Water presented with a higher frequency of parasites in the stages of uptake, flocculation and sedimentation. During the evaluation period, hookworms, *Taenia solium* and *Trichuris trichiura* were found less frequently, with the following opredomínio *Ascaris lumbricoides* and *Entamoeba histolytica* and *Entamoeba coli*. We conclude that using the parameters of microbiological and physical-chemical analysis was possible to verify that after filtration they were 100% absent, where the turbidity of samples were below 0.1 NTU Therefore, ETA despite operating at full capacity the project showed a removal efficiency of 100% of microbiological indicators.

**Keywords:** Potability. Microbiological contamination. Water Treatment.

## 1 Introdução

Nos dias atuais, o avanço tecnológico e o crescente desenvolvimento nas áreas urbanas, agrícolas e industriais, vem, de certa forma, contribuindo para uma aceleração no processo de degradação ambiental. Muitos

são os resíduos produzidos pelo homem e suas atividades, cujos destinos ainda não recebem a devida atenção, uma vez que são lançados livremente no solo, ar e água (LIBÂNIO, 2005).

Observa-se que é grande a poluição e a contaminação dos mananciais superficiais e subterrâneos. Além do esgoto e lixo doméstico, resíduos industriais e os poluentes deriva-

dos da aplicação de agrotóxicos nas lavouras, são grandes ameaças (MARQUES, 1995).

Juntamente com a atividade humana, a qualidade da água vem sendo afetada por combinação de processos naturais. A maior parte desses problemas está relacionada com a composição química do subsolo. Embora outros fatores como condições biológicas e físicas, possam também conduzir a este processo (RICHTER e NETTO, 2003).

No interior da pesquisa em saúde, sobretudo no campo da biologia molecular e no desenvolvimento das técnicas de engenharia genética e perspectivas científicas e tecnológicas, algumas mudanças estão se processando para intervir sobre as doenças infecciosas e parasitárias causadas à saúde humana (WALLIS et al., 1996).

Nessa perspectiva, observa-se que a água se encontra ameaçada, não só pela poluição direta, mas também por fatores relacionados à contaminação do solo, principalmente os parasitas, o que torna fundamental analisar a ameaça que os recursos hídricos sofrem decorrente da contaminação destes contaminantes, que são extremamente prejudiciais à saúde humana (TEIXEIRA; HELLER e BARRETO, 2007).

É nesse sentido que o tema água, muito discutido atualmente, tem estreita ligação com a manutenção da vida e sobrevivência dos seres vivos no planeta. Por isso a importância da continuidade do debate em torno da água, buscando sensibilizar as pessoas e os governos para problemas que se arrastam há muito tempo e que, hoje, não podem mais ser ignorados: contaminação, poluição, desperdício e má qualidade (NOLLA e CANTOS, 2005).

Neste estudo, objetivou-se a verificação da eficiência da remoção de contaminantes microbiológicos nas principais operações unitárias de um sistema de tratamento de água.

## 2 Metodologia

### 2.1 Amostras

Foram analisadas um total de 40 amostras de águas, coletadas durante o período de 02/03/2007 a 10/05/2007 em 4 amostragens das principais operações unitárias, em uma Estação de Tratamento de Água do tipo convencional com capacidade de tratamento de 100 L/s e 24 horas de operação diária, abastecendo uma população de 50.000 habitantes (BRASIL, 2005).

As mesmas foram acondicionadas em frascos de vidro estéril com tampa de rosca com capacidade de 1000 mL. O procedimento de coleta obedeceu aos critérios de assepsia recomendados pela Vigilância Sanitária (2010). Após a coleta, as amostras foram colocadas em caixas de poliestileno expandido (EPS) e imediatamente encaminhadas para o Laboratório de Águas da Unoesc – *Campus Videira* para a realização das análises.

A amostragem baseou-se na determinação das principais operações unitárias de interesse na remoção: (Floculação, Decantação e filtração). Amostras da água *in natura* e saída da câmara de contato (tratada) foram coletadas a fim de estabelecimento da eficiência. Portanto, o plano de amostragem, conforme mostra a, considerou os seguintes pontos:

Para a Investigação de Coliformes Totais e Fecais, utilizou-se o método enzimático colorimétrico Colilert (2002). Este método faz uso de ONPG (orto-nitro-fenol-galactopiranosídeo) e MUG (umbeliferol-glucuronidase), dois nutrientes-indicadores utilizados como fonte de carbono, sendo metabolizados pelos coliformes totais (através da enzima  $\beta$ -galactosidase) e por *Escherichia coli* (pela enzima  $\beta$ -glucuronidase). Em 24 horas pode-se verificar a presença de contaminação pelo desenvolvimento de coloração amarela e observação de fluorescência.

A metodologia utilizada para a investigação de parasitas foi adaptada de Hoffman e Faust (1983) e está descrita a seguir:

Coletou-se 1 litro de água, filtrou-se em filtro Nitrato de Celulose 0.8 µm do tipo milipore®. O filtrado foi ressuspenso em 10 mL de água destilada estéril. Posteriormente, adicionou-se o conteúdo da água ressuspenso a um tubo cônico de polipropileno (figura 15) e centrifugou-se por 2 minutos na rotação de 1500 rpm.

Logo após, o sobrenadante foi removido até o volume de 1 mL e o sedimento ressuspenso. Adicionou-se 1 gota do material ressuspenso sobre a lâmina e adicionou-se 1 gota de indicador Lugol. Com o auxílio da lamínula, homogenizou-se o conteúdo presente na lâmina e cobriu-se com a lamínula. Observou-se ao microscópio óptico com aumento de 10, 40 e 100 x.

A turbidez foi determinada através do método Nefelométrico, em turbidímetro de bancada, da marca Micronal, Modelo B250. Os resultados foram expressos em NTU.

### 3 Resultados

A avaliação física foi efetuada pelo parâmetro expresso na tabela 01 através dos diferentes pontos de coleta de água, além da presença de coliformes totais e fecais nestas águas que apresenta os parâmetros analisados associado à presença ou ausência de parasitas:

**Tabela 1** - Parâmetros físico-químicos e parasitológicos observados nas principais operações da Estação de tratamento de água (ETA).

Amostra	Parasitológico (+)	Turbidez (NTU)
Água <i>in natura</i>	Positivo	23,3
Floculação	Positivo	15,3
Decantação	Positivo	5,68
Filtração	Negativo	<0,1
Câmara de Contato	Negativo	<0,1

Dos cinco pontos de coleta da ETA analisados, 3 foram positivos (água *in natura*, floculação, decantação) e 2 negativos (filtração e câmara de contato) para a contaminação parasitológica.

A turbidez apresentou valores acima de 5,0 UT em 3 pontos, sendo eles: água *in natura*, floculação e decantação. Nos outros 2 pontos, filtração e câmara de contato, os valores para turbidez foram <0,1.

Para avaliar a presença de contaminação parasitológica foram analisadas um total de 40 lâminas, onde 24 (60%) foram positivas e 16 (40%) negativas para formas transmissíveis de enteroparasitas.

A Tabela abaixo apresenta a contaminação das etapas de tratamento da água para o consumo humano.

**Tabela 2** – Resultados da análise nos processos de tratamento de água

Origem	Lâminas examinadas	Lâminas negativas	Lâminas positivas
Água <i>in natura</i>	8	0	8
Floculação	8	0	8
Decantação	8	0	8
Filtração	8	8	0
Câmara de Contato	8	8	0
<b>Total</b>	<b>40</b>	<b>16</b>	<b>24</b>

Lâminas negativas = não contaminadas

Lâminas positivas = contaminadas

Das lâminas analisadas nas operações unitárias de tratamento de água, 8 (20%) apresentavam ovos de ascaris, 6 (15%) tinham cistos de *Entamoeba histolytica*, 2 lâminas (5%) com cisto de *entamoeba coli* e 4 (10%) com cisto de giárdia, 2 lâminas (10%) com ovos de *Tricuris trichiura* e ainda 2 lâmina (5%) com ovo de ancilostomídeo.

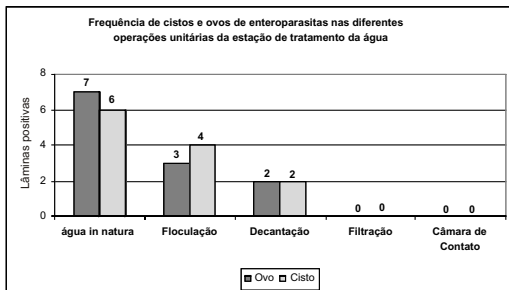
A Tabela 3 apresenta a incidência de parasitas nas principais etapas do tratamento da água.

**Tabela 3** – Avaliação micromorfológica e semi-quantitativa de parasitas nas principais operações unitárias de tratamento da água

Parasitas	Água <i>in natura</i>	Floculação	Decantação	Filtração	Água tratada
<i>Ascaris lumbricóides</i>	++++	++	++	-	-
<i>E. histolytica</i>	+++	++	+	-	-
<i>E. coli</i>	+	+	-	-	-
<i>Giardia</i>	++	+	+	-	-
<i>Trichuris Trichiura</i>	+	+	-	-	-
<i>Ancilostomídeo</i>	++	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

A Figura 1 apresenta a frequência de cistos e ovos de enteroparasitas nas principais operações unitárias de tratamento da água.

Nela observa-se uma maior contaminação no processo de captação (água *in natura*), floculação e decantação e o predomínio da forma de ovo.



**Figura 1** - Quantificação das formas de enteroparasitas.

### 3.2 Quantificação de Coliformes Totais e Fecais

Durante a investigação quanto à presença de coliformes totais e fecais, foram avaliadas as amostras de água provenientes das seguintes operações unitárias: captação, floculação, decantação, filtração e desinfecção. Os valores observados encontram-se nas Tabelas 4 e 8.

A Tabela 4 apresenta os dados referentes às amostragens efetuadas em 02/03/09 e 23/03/09.

**Tabela 4** – Índices colimétricos referentes às amostragens de número 1 e 2

Origem	Coliformes Totais		Coliformes Fecais	
	1	2	1	2
	Água <i>in natura</i>	24196,0	26437,0	408,0
Floculada	2419,0	2229,0	93,4	91,0
Decantada	248,1	169,0	9,6	7,5
Filtrada	137,6	124,0	1,0	0,0
Água Tratada	0,0	0,0	0,0	0,0

A Tabela 5 apresenta os dados referentes às amostragens efetuadas em 06/04/07 e 27/04/07

**Tabela 5** – Índices colimétricos referentes à 3ª e 4ª amostragem

Origem	Coliformes Totais		Coliformes Fecais	
	3	4	3	4
Água <i>in natura</i>	30358,0	32559,0	376,0	336,0
Floculada	1913,0	1723,0	88,4	86,0
Decantada	188,1	109,0	8,1	6,3
Filtrada	152,4	140,0	1,0	0,0
Água Tratada	0,0	0,0	0,0	0,0

Dos cinco pontos de coleta avaliados, observou-se a presença de coliformes totais

em quatro deles . A presença de coliformes fecais foi observada nas seguintes etapas do tratamento: água *in natura*, floculação e decantação conforme mostram as tabelas 04 e 05. Na 1º e na 3º amostragem, observou-se também baixa presença de coliformes fecais na filtração.

Os índices colimétricos total e fecal diminuíram significativamente nas operações unitárias da estação de tratamento de água. É possível observar a redução da concentração de coliformes em etapa da ETA, como mostra a figura abaixo.

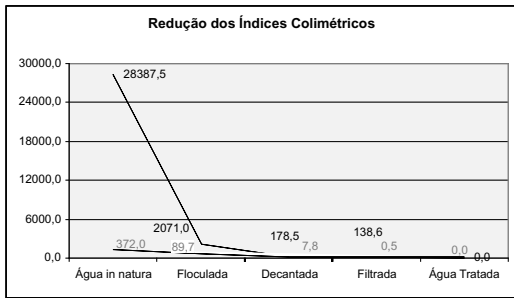


Figura 2 – Remoção da colimetria total e fecal nas principais operações unitárias

As Figuras 3 e 4 apresentam a eficiência de remoção de coliformes totais e fecais nas Principais Operações Unitárias da Estação de Tratamento de Água.

Na figura 3 observa-se um significativo aumento da porcentagem de remoção de coliformes totais em relação à água *in natura*.

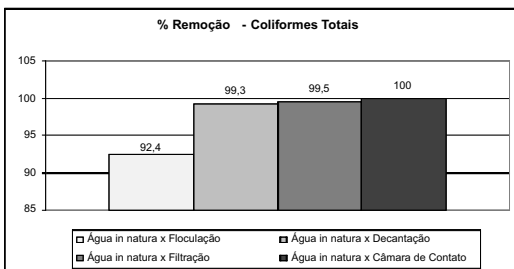


Figura 3 - Índice de remoção de coliformes totais

A remoção de coliforme fecais em *E.coli* é apresentada na figura 4, onde é possível observar a eficiência do tratamento à medida que a água passa pelas etapas do tratamento.

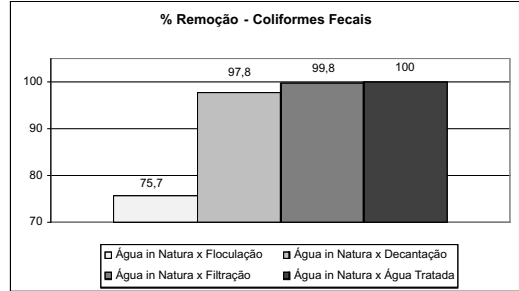


Figura 4 - Índice de Remoção de Coliformes Fecais

## 4 Discussão

As análises de turbidez, no que tange às etapas de filtração e câmara de contato, estão dentro do parâmetro definido pela Portaria 518/MS, a qual cita que para garantir a qualidade microbiológica da água, deve-se ter a turbidez máxima de 1,0 uT, em 95% das amostras analisadas após o processo de filtração rápida.

Alguns estudos demonstram que quanto maior o grau de turbidez da amostra de água, maior a possibilidade de encontrar parasitas, pela facilidade de aderência destes em compostos orgânicos e inorgânicos (MEDEMA *et al.*, 1998). Tais constatações podem ser observadas na tabela 1, na qual é possível verificar a presença de contaminação parasitológica nas três primeiras etapas de tratamento de água, as quais não atendem as recomendações presentes na portaria 518/MS.

Na Tabela 02 é possível verificar que nas etapas de tratamento analisadas, as únicas que não apresentavam contaminação por parasitas, foram a filtração e a câmara de contato. A água apresenta-se contaminada no momento em que chega a estação de tratamento (*in natura*) e em dois processos, floculação e

decantação, pois há ainda matéria orgânica em contato direto com a água.

A existência de bactérias do grupo coliforme indica que existe contaminação fecal e, assim, a possível presença de microrganismos patogênicos. No presente estudo, as concentrações de coliformes, encontradas nas amostras de água in natura, coincidem com os valores observados por alguns autores para amostras em que foram detectadas correlações estatísticas significativas entre a presença destes protozoários e os parâmetros microbiológicos. Os coliformes destacam-se como indicadores da qualidade da água, por serem microrganismos quantificáveis por métodos laboratoriais rápidos e simples (HACHICH, 2002; LE CHEVALLIER, NORTHON e LEE, 1991).

Depois de submetida ao tratamento, a água não apresentou contaminação por coliformes, mostrando a eficiência do sistema na remoção de bactérias. Apesar disso, considera-se que a ausência de contaminação por coliformes totais e fecais na água final, não é suficiente para garantir que esta não apresente parasito, pois a cloração na dosagem e o tempo de contato usado habitualmente no tratamento da água destroem as bactérias, mas não são suficientes para eliminar os parasitas.

A desinfecção da água se dá por meio da cloração, por ser de baixo custo para as empresas responsáveis pelo abastecimento das populações. Contudo, o cloro pode ser tóxico ao ser humano, se for utilizado de modo inadequado ou em concentrações muito altas. Além disso, suspeita-se que ele não seja capaz de destruir totalmente os micror-

ganismos existentes na água, principalmente quando se trata de enterobactérias, ou seja, bactérias Gram negativas pertencentes ao grupo de coliformes, oriundos em sua grande maioria, do intestino de animais de sangue quente, inclusive do homem (PELCZAR, CHAN e KRIEG, 1996).

A água para o consumo humano apresentou-se isenta de colimetria total e fecal. Na etapa da floculação a remoção de coliformes totais em relação a água tratada foi de 92,4% e 75,7% de coliformes fecais. A etapa de decantação mostrou-se também eficiente com valores de 99,3% na remoção de coliformes totais e 97,8% de coliformes fecais. A filtração foi a etapa que apresentou uma alta eficiência em ambas as remoções, ou seja, 99,5% de coliformes totais e 99,8% de coliformes fecais.

Portanto, foi possível observar a eficiência de remoção de impurezas nas etapas de tratamento da ETA, comprovando a veracidade da importância da filtração e sua alta eficiência no tratamento.

## 5 Considerações finais

A partir da análise dos resultados obtidos no presente trabalho, foi possível avaliar a contaminação microbiológica das operações unitárias de uma estação de tratamento de água, além da água utilizada para o consumo humano. A detecção de um número significativo de parasitas nas amostras reforça a importância do monitoramento e controle rigoroso das águas destinadas a população.

## AUTORES

Emanuel Bianchin - Farmacêutico, formado pela UNOESC - Campus de Videira, especialista em farmacologia, pela Unoesc – Campus de Videira, Mestre em Engenharia de Alimentos, pela Universidade Regional Integrada – Campus de Erechim – RS. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim - RS

Guilherme Ardenghi Balsan - Biomédico, formado pela UNICRUZ, mestre em Engenharia de Alimentos pela Universidade Regional Integrada Campus de Erechim – RS. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim - RS

Pablo Gustavo de Oliveira - Nutricionista, formado pela Universidade Regional Integral do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim - RS, mestrando em Ciências Médicas na UFRGS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

Estela de Oliveira Nunes - Farmacêutica, formada pela Universidade Federal de Santa Catarina, mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina, doutora em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina. Universidade do Oeste de Santa Catarina - Campus de Videira - SC

## REFERÊNCIAS

ALVES, CN; ODORIZZI, AC; GOULART, FC. **Análise microbiológica de águas minerais e de água potável de abastecimento**, Marília, SP. Rev Saúde Pública; vol.36, p.749-51, 2002.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. **Portaria MS n.º 518/2004** / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Coordenação- Geral de Vigilância em Saúde Ambiental – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2005.

HACHICH, E.M. **Avaliação da presença dos protozoários Giardia sp e Cryptosporidium sp em águas superficiais destinadas à captação e tratamento para consumo humano no Estado de São Paulo**. Tese de doutorado (Doutorado em Parasitologia) - Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 2002.

LE CHEVALLIER, M.W.; NORTHON, W.D.; LEE, R.G. **Occurrence of Giardia and Cryptosporidium spp. in surface water supplies**. Applied and Environmental Microbiol, v. 57, n. 9, p. 2610-2016, 1991.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Átomo, Campinas, SP, 2005.

MARQUES, M. B. **Emerging Infectious Diseases in the Realm of Complexity: Implications for Scientific and Technological Policies**. Caderno da Saúde Pública, Rio de Janeiro, v.II n. 3, p. 361-388, 1995.

MEDEMA, G.J.; SCHETS, F.M.; TEUNIS, P.F.M.; HAVELAAR, H. **Sedimentation of free and attached Cryptosporidium oocysts and Giardia cysts in water**. Applied and Environmental Microbiol, v. 64, p. ):4460-4466, 1998.



NOLLA, A. C.; CANTOS, G. N. **Relação entre ocorrência de enteroparasitoses em manipuladores de alimentos e aspectos epidemiológicos em Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.** Cadernos de Saúde Pública, v. 21, n. 2, p. 641-645, 2005.

PELCZAR J.R.; CHAN, E. C. S.; KRIEG, N. R. **Microbiologia Conceitos e Aplicações.** 2ª edição, São Paulo, Makron Books, 1996.

RICHTER, C. A.; NETTO, J. M. A. **Tratamento de água: tecnologia atualizada.** Edgard Blucher Ltda, São Paulo, SP, 2003.

TEIXEIRA, J. C.; HELLER, L.; BARRETO, M. L. **Giardia duodenalis infection: risk factors for children living in sub-standard settlements in Brazil.** Cadernos de Saúde Pública, v. 23, n. 6, p. 1489-1493, 2007.

Vigilância Sanitária, **Coleta de amostra de produtos sujeitos à vigilância sanitária.** Conteúdo disponível em: [http://www.vigilanciasanitaria.sc.gov.br/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_download&gid=623](http://www.vigilanciasanitaria.sc.gov.br/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=623). acesso em 08 de junho de 2012.

WALLIS, P.M.; ERLANDSEN, S.L.; ISSAC-RENTON, J.L.; OLSON, M.E.; ROBERTSON, W.J.; VAN KEULEN, H. **Prevalence of Giardia cysts and Cryptosporidium oocysts and characterization of Giardia spp Isolated from drinking water in Canada.** Applied and Environmental Microbiol, v. 62, p. 2789-2797, 1996.

